



Título del Trabajo Fin de Máster:

***PROPUESTA DE RESTAURACIÓN
HIDROLÓGICO-FORESTAL-
AMBIENTAL DE LA CUENCA DE LA
VALL DE GALLINERA***

Intensificación:

ORDENACIÓN, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS

Autor:

MARTÍNEZ VIDAL BERNARDO JOSÉ

Director/es:

JOSE ANDRÉS TORRENT BRAVO

LETICIA LÓPEZ CERDÁ

Fecha: **SEPTIEMBRE 2013**



Título del Trabajo Fin de Máster:

PROPUESTA DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL-AMBIENTAL DE LA CUENCA DE LA VALL DE GALLINERA

Autor: **Martínez Vidal Bernardo José**

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	Lugar de Realización	Chile
Director	Jose Andrés Torrent Bravo	Fecha de Lectura	Sept.2013
Codirector1	Leticia López Cerdá		
Codirector2	-		
Tutor	-		

Resumen:

La cuenca de la Vall de Gallinera, situada al Norte de la provincia de Alicante, constituye un espacio natural, cuyos elementos geológicos, biológicos y paisajísticos le confieren un gran valor como recurso medioambiental. Presenta una orografía accidentada, con fuertes pendientes y afloramientos rocosos, dando lugar a barrancos encajonados que desembocan en un valle central, por donde discurre la Rambla Gallinera. El régimen de precipitaciones, típico mediterráneo levantino, junto con los problemas de erosión acentuados por la falta de vegetación, hacen que se le da la categoría de "cuenca torrencial". Por tanto, en episodios extremos de precipitación, se produce altos volúmenes de escorrentía, los cuales generan problemas de inundación y sedimentación de materiales en la parte baja de la cuenca, dando lugar a diversos daños materiales en función de la magnitud del evento.

Con el objetivo de dar una solución a esta problemática, mejorando tanto a nivel ecológico y ambiental como en el plano socioeconómico, se proponen una serie de medidas de restauración que surgen en respuesta a la aplicación metodológica de ordenación de cuencas propuesta por Mintegui, en la cual se tiene en cuenta la fisiografía, erosión y usos del suelo.

Para ello se ha llevado a cabo una descripción y análisis de la cuenca, a partir de Sistemas Información Geográfica, que abarca los parámetros físicos, hidrológicos y de vegetación, incidiendo en la importancia que tiene el complejo suelo-vegetación en la dinámica de los procesos de escorrentía, los cuales son los responsables de la erosión hídrica y la consecuente pérdida de suelo. A partir de dicha descripción, por un lado, se llevó a cabo el cálculo de la erosión mediante la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo (USLE) necesaria para la ordenación de cuenca y la propuesta de biotécnicas, y por otro, el cálculo de los caudales punta por métodos hidrometeorológicos, con el que se obtiene la distribución del caudal en la cuenca, permitiendo establecer emplazamientos estratégicos para las hidrotécnicas y su dimensionado.

ABSTRACT

Gallinera basin, located north of the province of Alicante, is a natural space, whose elements geological, biological and landscape give it a great value as an environmental resource. Its topography is rugged, with steep slopes and rocky outcrops, resulting in boxed canyons that flow into a central valley, where Gallinera Ravine runs downstream. The rainfall, typical east Mediterranean, along with erosion problems exacerbated by lack of vegetation make given the category of "torrencial basin". Therefore, extreme precipitation events, generate high volumes of runoff, which creates problems of flooding and sedimentation of material at the bottom of the basin,

leading to different damage depending on the magnitude of the event.

In order to provide a solution to this problem, improving both ecologically and environmentally and socio-economic level, it is propose a series of restoration measures that arise in response to the methodological application of watershed by Mintegui who takes account of the physiography, erosion and land covers types.

For this it has done a description and analysis of the basin, trough Geographical Information Systems, that cover physical parameters, hydrological and vegetation, stressing the importance of soil-vegetation dynamics runoff processes, which are responsible for the water erosion and the consequent loss of soil. From this description, one hand held the erosion estimation by Universal Soil Loss Equation (USLE) required for watershed management and biotécnicas proposal, and secondly, the calculation of peak flows by hydrometeorological methods, with which we obtain the flow distribution in the catchment to establish strategic locations for hidrotécnicas and their sizing.

RESUM

La conca de la Vall de Gallinera, situada al nord de la província d'Alacant, constitueix un espai natural, on els elements geològics, biològics i paisatgístics li confereixen un gran valor com a recurs ambiental. Es compona d'un relleu accidentat, amb forts pendents i afloraments rocosos, fent lloc a barrancs encaixonats que desaigüen cap a una vall central, per on discorre la Rambla Gallinera. El règim de precipitacions, típic mediterrani llevantí, juntament amb els problemes d'erosió accentuats per la manca de vegetació, fan que es tracte d'una "conca torrencial". Per tant, en episodis extrems de precipitació, es generen alts volums d'escorrentia, els quals generen problemes d'inundació i sedimentació de materials a la part baixa de la conca, provocant danys materials en funció de la magnitud de l'esdeveniment.

Amb l'objectiu de donar una solució a aquesta problemàtica, millorant tant a nivell ecològic i ambiental com al pla socioeconòmic, es proposen un seguit de mesures de restauració que sorgeixen en resposta a l'aplicació metodològica d'ordenació de conques proposada per Mintegui, a la que es considera la fisiografia, erosió i usos del sòl.

Per això s'ha dut a terme la descripció i anàlisi de la conca, emprant Sistemes d'Informació Geogràfica, que comprèn els paràmetres físics, hidrològics i de vegetació, incidint en la importància que té el complex sòl-vegetació en la dinàmica dels processos d'escorrentia, els quals són els responsables de l'erosió hídrica i la consegüent pèrdua de sòl. A partir d'aquesta descripció, per una banda, es va fer el càlcul de l'erosió mitjançant l'Equació Universal de la Pèrdua de Sòl (USLE) necessària per a l'ordenació de conca i la proposta de biotécnicas, i per altra, el càlcul de els cabals punta per mètodes hidrometeorològics, amb el qual s'obté la distribució del cabal a la conca, permetent establir emplaçaments estratègics per a les hidrotécnicas i el seu dimensionament.

Palabras clave:

Cuenca torrencial, Restauración Hidrológico-Forestal, Erosión, Caudales Máximos Instantáneos, Hidroténias, Biotécnicas

Torrential watershed, Forest-Hidrologic Restoration, Erosion, Momentary Maximum Flow, River Hydrotechnical-Biotechnical actions

Conca torrencial, Restauració Hidrològica-Forestal, Erosió, Cabal Màxim Instantani, Hidrotécnicas, Biotécnicas

DOCUMENTO I
MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA

1. ANTECEDENTES.....	1
2. OBJETIVOS.....	7
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.....	9
3.1. Situación.....	9
3.2. Descripción Física Geomorfología.....	9
3.3. Litoestratigrafía.....	10
3.4 Edafología.....	13
3.5. Climatología.....	14
3.6. Vegetación.....	20
3.6.1. Vegetación Potencial.....	20
3.6.2. Vegetación actual.....	27
3.7. Figuras de gestión y protección.....	28
3.7.1. Espacios Protegidos.....	28
3.7.2. Montes a cargo de la administración.....	29
3.8. Características socioeconómicas.....	29
3.8.1. Datos geográficos.....	30
3.8.2. Demografía y análisis de la población.....	30
4. HIDROLOGÍA.....	33
4.1. Descripción general.....	33
4.2. Unidades hidrológicas.....	34
4.3. Caracterización física de la cuenca.....	36
4.3.1. Parámetros de Forma.....	36
4.3.2. Parámetros de Relieve.....	37
4.3.3. Parámetros relativos a la red de drenaje.....	40
5.1. Cálculo de la Precipitación Diaria Máxima Anual (PDMA).....	44
5.2. Complejo Suelo-Vegetación.....	47
5.2.1. Tipo Hidrológico de suelo.....	48
5.2.2. Pendiente.....	50
5.2.3. Umbral de escorrentía.....	51

5.4. Cálculo de caudales punta	52
5.4.2. Cálculo de caudal punta mediante simulación con HEC-HMS.	56
5.5. Comparación de resultados de los caudales obtenidos por el Método Racional Modificado de Témez y la simulación mediante HMS.....	74
6.1. Introducción	75
6.2. Aplicación del Modelo USLE.....	76
6.2.1. Factor R: Erosividad de lluvias	77
6.2.2. Factor K: Erodabilidad	78
6.2.3. Factor LS: Longitud y Pendiente de Ladera	78
6.2.5. Factor P	81
6.2.6. Cálculo de pérdida de suelo	82
7. ORDENACIÓN AGRO-HIDROLÓGICA	85
7.1. Antecedentes.....	85
7.2. Objetivos	87
7.3. Criterios de ordenación.....	87
7.3.1. Pendiente	88
7.3.2. Pérdida de suelo	89
8. RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL-AMBIENTAL.....	93
8.1. Introducción	93
8.2. Objetivos	94
8.3. Descripción de actuaciones	94
8.4. Estado legal.....	97
8.5. Caracterización de las áreas de actuación.....	99
8.5.1. Factores Fisiográficos.....	99
8.5.2. Factores climáticos	101
8.6. Biotécnicas de restauración: Desarrollo técnico de la actuación	104
8.6.1. Repoblación	104
8.6.2. Actuaciones de Continuidad y Mejora de la Masa Forestal	124
8.7. Hidrotécnicas de corrección en cauces	130
8.7.1. Objetivos.....	130
8.7.2. Tipos de diques	131

8.7.3. Actuaciones propuestas en la cuenca	133
9. BIBLIOGRAFÍA.....	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. Observatorios Meteorológicos.....	22
Tabla 3. Balance hídrico en la estación Pego-Convento.....	22
Tabla 4. Clasificación Thornwaite para la estación Pego Convento.....	24
Tabla 5. Valores del Índice de Martone.....	25
Tabla 6. Clasificación fitoclimática de Allué.....	26
Tabla 7. Etapas de regresión y bioindicadores de la serie 22b de Rivas Martínez.....	31
Tabla 8. Serie de regresión de Ceballos.....	32
Tabla 9. Especies características de la Vall de Gallinera.....	32
Tabla 10. Montes a cargo de la Administración Pública.....	35
Tabla 11. Municipios integrados en la cuenca La de la Rambla Gallinera.....	36
Tabla 12. Área de las Unidades Hidrológicas.....	40
Tabla 13. Rango de altitudes en la cuenca.....	41
Tabla 14. Curva Hipsométrica de la cuenca.....	42
Tabla 15. Pendiente media del cauce principal.....	46
Tabla 16. Tiempo de concentración para el punto de drenaje de la cuenca.....	46
Tabla 17. Características físicas de las Unidades Hidrológicas.....	47
Tabla 18. Precipitación Diaria Máxima Anual (mm).....	51
Tabla 19. Umbral de Escorrentía (Po) en condiciones de humedad normal (II).....	53
Tabla 20. Ejemplo de cálculo de Po para la Unidad Hidrológica II.....	56
Tabla 21. Umbral de escorrentía para las Unidades Hidrológicas de la cuenca.....	57
Tabla 22. Valores de Precipitación Diaria Máxima Anual Promedio Areal corregida. ..	59
Tabla 23. Intensidad de lluvia en las Unidades Hidrológicas para los periodos considerados.....	60
Tabla 24. Coeficiente de escorrentía para las Unidades Hidrológicas.....	61
Tabla 25. Coeficiente de uniformidad temporal.....	62
Tabla 26. Caudales Punta para los diferentes periodos de retorno.....	62
Tabla 28. Características de las subcuencas.....	65
Tabla 29. Método de cálculo del número de Manning.....	68
Tabla 30. Números de Manning para cada tramo.....	68
Tabla 31. Caracterización de los tramos.....	69

Tabla 32. Precipitación Diaria Máxima Promedio Areal Corregida.....	71
Tabla 33. Hietograma de diseño en bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 10 años.....	72
Tabla 33. Hietograma de diseño en bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 25 años.....	73
Tabla 34. Hietograma de diseño en bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 50 años.....	74
Tabla 35. Hietograma de diseño en bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 100 años.....	75
Tabla 36. Resultados de la simulación del caudal punta con HEC-HMS y porcentaje de aportación de cada una de las subcuencas al sistema.....	78
Tabla 37. Aportaciones de las subcuencas al punto de drenaje de la UH III.....	79
Tabla 38. Características de las subcuencas que constituyen la UH III.	79
Tabla 39. Caudal circulante en los tramos de la UH III.....	79
Tabla 40. Resultados de los caudales punta obtenidos para los periodos de retronos considerados, en los dos métodos.....	80
Tabla 41. Factor R de las Unidades Hidrológicas.....	83
Tabla 42. Factor K para las Unidades Hidrológicas.....	84
Tabla 43. Factor LS para las Unidades Hidrológicas.....	86
Tabla 44. Factor C para los diferentes usos del suelo de la cuenca.....	87
Tabla 44. Pérdida de suelo en la Rambla La Vall de Gallinera.....	88
Tabla 45. Pérdida de suelo media para los diferentes usos del suelo.....	89
Tabla 46. Ordenación agro-hidroógica por el método de Mintegui.....	94
Tabla 47. Vocación general de la cuenca en base a la pendiente.....	94
Tabla 48. Criterio de actuación según las pérdidas de suelo tolerables. (x:prácticas de conservación).....	95
Tabla 49. Superficie de los usos proyectados para la ordenación agro-hidrológica.....	96
Tabla 50. Clasificación de las medidas adoptadas para la superficie forestal.....	97
Tabla 51. Resumen de la ordenación agro-hidrológica. Medidas propuestas y superficie de actuación para cada uso de la cuenca.....	98
Tabla 52. Área y porcentaje representativo de cada intervalo de altitud, en los montes de Utilidad Pública considerados. Hm (Altura media).	106
Tabla 53. Pendiente de los montes considerados distribuida en intervalos y pendiente media.....	106
Tabla 54. Orientación en los MUP de la cuenca.....	107

Tabla 55. Distribución taxonómica de suelos en los MUP de la cuenca.	108
Tabla 56. Distribución de estrato geológico en las Unidades Hidrológicas.	108
Tabla 57. Distribución de la permeabilidad en los MUP considerados	109
Tabla 58. Clasificación fitoclimática de Allué.....	110
Tabla 59. Distribución de las series de vegetación de Rivas Martínez en los MUP de la cuenca.....	111
Tabla 60. Series de vegetación actual para las series de Rivas Martínez.	112
Tabla 61. Tablas de juicio biológicas de Rivas Martínez.....	112
Tabla 62. Tablas de juicio ecológicas de Rivas Martínez.....	113
Tabla 63. Serie de regresión de Ceballos.....	114
Tabla 64. Especies seleccionadas a partir de los criterios fitosociológicos.....	114
Tabla 65. Especies existentes en MUP AL054.	115
Tabla 66. Especies existentes en MUP AL082	116
Tabla 68. Rango ecológico de las especies preseleccionadas, en base a criterios fisiográficos, edafológicos y de vegetación actual	117
Tabla 69. Especies seleccionadas para la repoblación de los MUP considerados	118
Tabla 70. Distribución de la especies de repoblación para el MUP AL052.....	120
Tabla 71. Distribución de la especies de repoblación para el MUP AL086.....	120
Tabla 72. Distribución de la especies de repoblación para el MUP V127.	120
Tabla 73. Proporciones de especies de repoblación en las unidades de actuación...	122
Tabla 74. Superficie correspondiente a las medidas propuestas para cada MUP.....	135

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Encauzamiento al mar de la Rambla Gallinera en un episodio de crecida...	12
Figura 2. Proyecto constructivo de las obras de laminación y mejora del drenaje de la cuenca de la rambla Gallinera. Fuente: ACUAMED. 2008.....	13
Figura 3. Digrama ombroclimático estación PegoConvento.....	20
Figura 4. Balance hídrico en la estación PegoOliva.....	23
Figura 5. Series de vegetación según Rivas Martínez para la cuenca de La Vall de Gallinera.....	31
Figura 6. Evolución de la población por Municipio. (Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. Fichas Municipales (Actualización 2011).....	37
Figura 7. Unidades Hidrológicas.	41
Figura 8. Curva Hipsométrica de la cuenca.....	43
Figura 9. Histograma de distribución de la Pendiente	45
Figura 10. Clasificación de cauces de Horton.	46
Figura 11. Malla de puntos equidistantes.	51
Figura 12. Isoyetas de Precipitación Diria Máxima (T=100años) para la cuenca.....	52
Figura 13. Mapa de permeabilidad de la cuenca.	55
Figura 14. Usos del suelo en la cuenca.....	56
Figura 15. Mapa de pendientes reclasificado.	56
Figura 18. Esquema del modelo de cuenca en HEC-HMS.....	65
Figura 19. Geometría de la sección en el tramo 1.....	67
Figura 20. Esquema de transporte de agua en un canal por el método Muskingum... 70	
Figura 21. Representación gráfica del hietograma de bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 10 años.	73
Figura 22. Representación gráfica del hietograma de bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 10 años	74
Figura 23. Representación gráfica del hietograma de bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 10 años.	75
Figura 24. Representación gráfica del hietograma de bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 100 años.....	76
Figura 25. Punto de drenaje común de las Unidades Hidrológicas II y III.....	77
Figura 26. Aportaciones en el Punto de drenaje común de las UH II y III.....	78
Figura 27. Puntos de control o drenaje para cada subcuenca.....	79
Figura 28. Caudal acumulado hasta el punto de drenaje de la subcuenca 5.....	80

Figura 29. Mapa raster del Factor LS.....	87
Figura 3. Balance hídrico en la estación Pego-Convento	24
Figura 30. Esquema de cálculo de la USLE en el programa ARGIS.	89
Figura 31. Distribución general de los usos proyectados.	97
Figura 32. Localización de la presa de Oliva-Adsubia.	

1. ANTECEDENTES

Las cuencas hidrográficas constituyen unidades de estudio y gestión, ya que, en ellas se pueden analizar los ciclos del agua y de los sedimentos enmarcados directamente en su territorio, los cuales adquieren la máxima relevancia cuando sucede el fenómeno del geo-dinamismo torrencial, causado por las precipitaciones torrenciales extremas. Por otro lado, la cuenca se encuentra normalmente poblada y sus habitantes necesitan de sus recursos para desarrollarse.

El agua y el suelo constituyen los principales recursos que dispone la cuenca, que a su vez son los más necesarios para su población. Por tanto, para asegurar el aprovechamiento eficiente de ambos recursos, se debe atender al comportamiento físico de los mismos dentro de la cuenca.

Adoptando un esquema general, el agua se incorpora a la cuenca a través de las precipitaciones y éstas pueden ser moderadas o torrenciales. Las últimas suponen una abundancia de precipitación en un intervalo de tiempo reducido y, a su vez, pueden ser ordinarias o extraordinarias. El comportamiento de la cuenca ante las precipitaciones torrenciales extraordinarias tiene implicaciones más allá del funcionamiento del ciclo del agua en la misma, pues al tratarse de importantes volúmenes de agua que se ponen en movimiento en un corto intervalo de tiempo, activan el fenómeno del geo-dinamismo torrencial; que se manifiesta, además de por un incremento del caudal líquido en el ciclo del agua, por la aparición de procesos de erosión del suelo en la cuenca vertiente por el efecto de las precipitaciones, de las escorrentías de ladera y por la abrasión de sus cauces de drenaje por los caudales de avenida, provocando un incremento de la descarga sólida en el ciclo de los sedimentos. Éstos son transportados por las escorrentías en las laderas hasta concentrarlos en los cauces, desde donde se incorporan a los flujos de avenida continuando su tránsito con ellos; para concluir depositándose, cuando la corriente pierde energía y con ello la capacidad suficiente para seguir transportarlos; generando normalmente conos de sedimentación cuando se trata de cursos torrenciales, o distintas formas de depósitos aluviales cuando se refiere a ríos de llanura. A los

efectos anteriores se les puede añadir la aparición de deslizamientos en las áreas más vulnerables de la cuenca, afectando a la estabilidad de los terrenos y a la seguridad de sus habitantes y sus bienes. Pero también los eventos torrenciales ordinarios, aunque sus efectos sean más moderados, causan pérdidas de suelo y de cosechas, por tanto, reducen los recursos naturales de la cuenca y empobrece a sus moradores, especialmente cuando no se adoptan medidas para controlar dichos efectos y la cuenca entra en un proceso de paulatino deterioro.

Las cuencas hidrográficas pertenecientes a las Comunidad Valenciana presentan un régimen de precipitaciones escasas e irregulares, con una marcada estacionalidad, presentando en general caudales bajos. Esta irregularidad está marcada por la alternancia de periodos de secos y episodios extremos de lluvia donde los aguaceros presentan intensidades elevadas. Además, es un territorio en el que la vegetación ha sido intervenida a lo largo de la historia por diferentes culturas y asentamientos humanos, siendo en su mayoría etapas de sustitución o formaciones más arbustivas, mostrando una degradación y deforestación muy significativas. Por otro lado, la orografía de la Comunidad Valenciana muestra un relieve abrupto, de pendientes pronunciadas tanto en ladera como en cauce, con tiempos de concentración reducidos, favoreciendo una rápida descarga. Todas estas características descritas anteriormente definen a una cuenca hidrográfica como “torrencial”.

Esta torrencialidad ha provocado violentas crecidas e inundaciones durante toda la historia, ocasionando daños personales y materiales en las poblaciones aledañas y en sus actividades económicas. De hecho, esta característica es conocida desde muy antiguo, pues el significado árabe del término Júcar es “grandes avenidas”.

En el litoral levantino existe el fenómeno de “Gota Fría” que consistente en un embolsamiento de aire frío en capas altas de la atmósfera, produciendo episodios extremos de precipitación. En Octubre de 1957 afectó en gran medida a la zona litoral del Norte de la comarca alicantina de la Marina Alta, donde se sitúa la cuenca de la Vall de la Gallinera, objeto del presente estudio.

En esta fecha se dieron datos de precipitación diaria superiores a los 400 mm, produciendo cuantiosos daños en la localidad de Jávea.

Para el mismo mes, en el año 2007 se volvió a dar el mismo fenómeno de “gota fría” que, en esa ocasión, adquirió una trayectoria de norte a sur (diferente a las habituales que se sitúan al suroeste peninsular), viajando paralela a la costa mediterránea, inestabilizando la atmósfera de una forma explosiva. Al mismo tiempo, un extenso anticiclón se situaba al oeste de Europa, enviando vientos de levante con un gran recorrido marítimo y, por tanto, muy húmedos a su llegada a la costa. La temperatura de las aguas mediterráneas era bastante elevada, por lo que la energía térmica potencial que aportaba a los vientos de levante era muy significativa. Así, las tormentas comenzaron a desarrollarse de manera explosiva, creando un potente núcleo, en lo que se denomina sistema convectivo de mesoescala: un sistema tormentoso de gran extensión y duración. Debido a la focalización de los vientos de levante y a la orografía del terreno, compuesto por montañas que fijan a las nubes, el sistema quedó anclado entre la Marina e Ibiza, produciendo una persistente y torrencial lluvia que se prolongó durante horas. Las precipitaciones acumuladas superaron en esta ocasión los 400 mm, en algunas zonas montañosas de la cuenca. La “gota fría”, climáticamente se puede calificar como uno de los históricos temporales de levante que, sin una periodicidad determinada, afectan a la Comunidad Valenciana.

Concretamente, en la cuenca de la Rambla Gallinera, se han producido fuertes crecidas, provocando inundaciones en su parte baja, afectado al pueblo de Oliva, donde en 1982 se llegaron a registrar alturas de agua de hasta 1,5 m y deposición de sedimentos arrastrados por el cauce causando tanto daños materiales a la población como la inhabilitación de la carretera N-332.

Estos fueron los antecedentes para el “Plan de defensa contra las avenidas” de 1994 de la Confederación Hidrográfica del Júcar, el cual contempló el diseño del proyecto de “Laminación y Mejora del Drenaje de la Cuenca de la Rambla Gallinera”, pretendiendo reducir la afección de las inundaciones mediante tres actuaciones: presas de laminación, encauzamientos y desvíos.

Actualmente, se ha materializado parte del proyecto, que consta de las siguientes actuaciones:

- 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, finalizada en Agosto de 2012, con una sección que permite salvar la carretera nacional N-332 y continúa 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.
- Por otro lado, está en construcción la Presa de Oliva, 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).



Figura 1. Encauzamiento al mar de la Rambla Gallinera en un episodio de crecida.

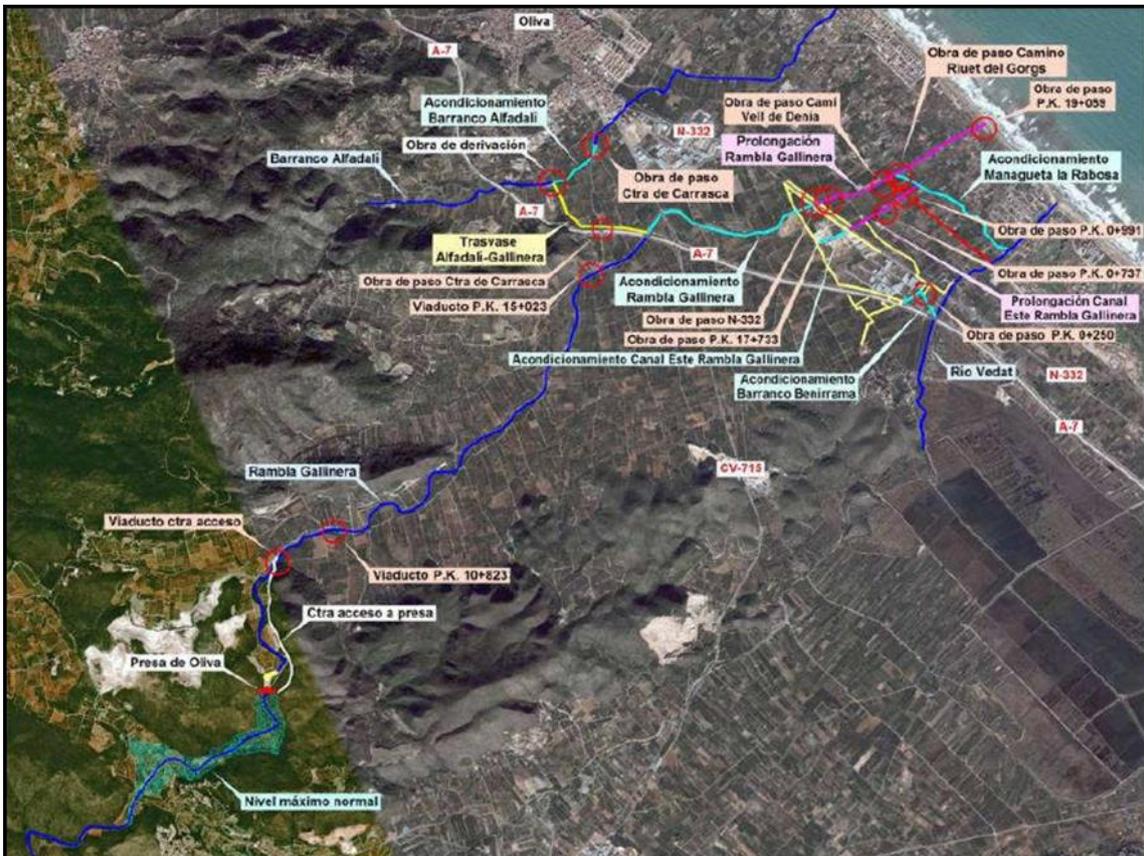


Figura 2. Proyecto constructivo de las obras de laminación y mejora del drenaje de la cuenca de la rambla Gallinera. Fuente: ACUAMED. 2008.

Por otro lado, el Ministerio ha recibido hasta 22 alegaciones de diversos grupos ecologistas y ayuntamientos, ya que afecta a una zona de alto valor ecológico, que está rodeada de lugares protegidos como el Marjal Pegó-Oliva, el Lugar de Interés Comunitario (LIC) de Les Valls de la Marina y dunas de La Safor. Una

de las preocupaciones de los municipios de esta comarca se encara a los efectos de la obra en el caudal del río Vedat, la cual alimenta el Parque Natural. Adusbia también mostró su rechazo porque el proyecto acaba con 50 hectáreas de cultivo de cítricos y, por tanto y exigía un plan de reforestación en el Vall de L'Ainer.

En el curso medio y alto de la cuenca, la problemática torrencial se limita a algunos barrancos, que en eventos de precipitación intensa, arrancan materiales de las laderas, con una dinámica erosiva muy significativa. Por ello es de vital importancia mantener una cubierta vegetal de calidad en ladera, que además de aportar rugosidad al suelo disminuyendo la esorrentía, evite en la medida de lo posible procesos erosivos en el suelo que, suponen una degradación tanto en calidad visual y ecológica del paisaje como de los recursos hídricos.

La combinación de la ingeniería civil en la parte baja de la cuenca con las actuaciones sobre los usos y cauces en la parte media y alta, es una espada de doble filo, ya que a través de esta sinergia se aumenta la calidad ambiental a la vez que la vida útil de las infraestructuras hidráulicas.

2. OBJETIVOS

El objetivo fundamental que persigue este Estudio es la restauración hidrológico-forestal-ambiental de la Rambla Gallinera, a partir de un exhaustivo estudio integral de la misma, que ha permite establecer un conjunto de medidas o actuaciones de tipo biológico e hidrotécnico, cuyo desarrollo es de máximo interés desde los puntos de vista social, económico, técnico y ecológico.

Mediante el estudio integral de la cuenca y las actuaciones propuestas se pretende lo siguiente:

- Protección del escaso suelo en las cabeceras, cuyas pérdidas conducen a litosuelos sobre los que se asienta una vegetación relíctica, como sucede en muchas zonas montañosas de la cuenca.
- Protección y defensa de cultivos e infraestructuras frente a los distintos tipos de erosión (en masa, en regueros, de barrancos,...etc), y contra las avenidas, inundaciones y depósitos de materiales.
- Aumento en la recarga de acuíferos, que permitirá un mejor aprovechamiento de las aguas subterráneas.
- Incremento de las masas forestales, con el consecuente beneficio, no sólo hidrológico, sino también de producción, ecológico y paisajístico.
- Distribución racional de los usos del suelo, con el consiguiente aumento de la productividad en la cuenca.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

3.1. 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). Se sitúa 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 Km² 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. Concretamente queda enmarcada entre los 38° 54' 45,58" y 38° 47' 53,42" de latitud norte y entre los 0° 17' 55,20" y 0° 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 (destacando Azafor, 1013 m) 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).

3.2. Descripción Física Geomorfología

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. Mapa II del documento de planos.

También se utilizó información de la clasificación geológica del Mapa Geocientífico de la provincia de Alicante, (Investigaciones Geológicas y mineras SA INGEMISA) del 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. En la zona de la cuenca se encuentran unidades con predominio de facies 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 significativamente 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 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 Benisili, 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.

3.3. 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-Turonense-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, en los que se observa una brecha de abundante matriz arcillosa, en la que se intercalan varios niveles de costras. Los mayores afloramientos se encuentran en el Bco. de las Balsas, Bco. Portelles, Umbría del Moro y el Carrichan.
- *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. Están constituidas por conglomerados heterométricos y arenas.

3.4 Edafología

En el mapa de suelos de España escala 1: 1.000.000 del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC, 1966), 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, coluviarios, limos eólicos y de albufera, depósitos de albufera y glaciares de deposición.
- *Suelos pardo-calizos sobre material consolidado.* Ocupa 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 pardo calizos son los más abundantes en esta unidad cartográfica, le sigue los coluviales, mientras que los Xerorendzinas son los menos abundantes.

Atendiendo a la taxonomía de suelos, en la cuenca de estudio se pueden encontrar tres tipos:

- *Entisol Fluvent*: Se presentan en la parte baja de la cuenca. Son Entisoles desarrollados sobre materiales aluviales estratificados. Se encuentran formando parte de las vegas y deltas de los ríos, y son suelos muy fértiles cuyo principal uso es la horticultura. La mayoría de los sedimentos aluviales estratificados en el perfil de los Fluvents derivan de los suelos erosionados de los que proceden. Presentan un apreciable contenido de carbono orgánico, distribuido de manera irregular con la profundidad pero que debe mantenerse por encima del 0,2% a una profundidad de 125 cm. Los Fluvents pueden sustentar cualquier tipo de vegetación y presentar cualquier régimen de temperatura del suelo.

- *Entisol Orthent*: Distribuidos en la parte media y alta de la cuenca. Son Entisoles que se han formado sobre superficies erosionadas recientemente y que no han evolucionados más debido a que su posición fisiográfica conlleva una gran inestabilidad del material parental.

- *Inceptisol Xerept*: Se presentan en la parte alta de la cuenca. Son aquellos Inceptisoles con un régimen de humedad xérico y tienen un régimen de temperatura frígido, térmico o méxico. Se forman en depósitos Pleistocénicos u Holocénicos. Cuando se localizan en pendientes un aprovechamiento idóneo es el bosque pero la pérdida de la vegetación frecuentemente conduce a una erosión preocupante.

3.5. Climatología

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 suave, 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 835,6 mm. En cuanto al ritmo anual, luego del gran pico de otoño, estación que concentra el 42% del total y culmina en noviembre (113,1mm), el mínimo invernal se difumina y abre paso a un escalón primaveral, a partir del cual, un fuerte declive desciende hasta julio (9,8 mm), para repuntar en agosto, particularmente en la segunda mitad del mes, que prelude el otoño (Pérez, A 1994).

La humedad relativa media anual varía muy poco en las diferentes zonas de la comarca manteniéndose entre el 66.5 % y el 67 %. En agosto y septiembre se registran los valores máximos de humedad con 74% y 72% respectivamente y el mínimo el febrero con un 60% El número de horas de sol, al año, tiene un valor medio que oscila entre 2.650 y 2.750, aumentando hacia la costa, el valor medio anual registrado en la estación de 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.

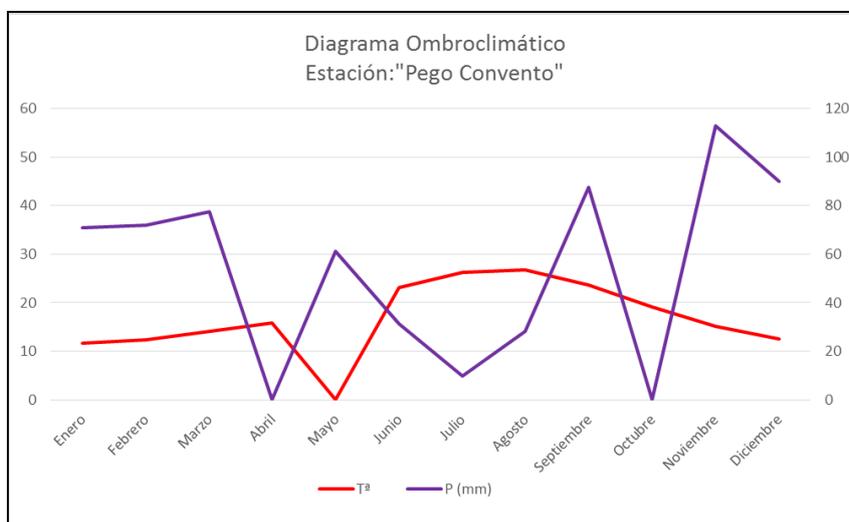


Figura 2. Diagrama ombroclimático de la estación Pego-Convento. Fuente: Geoportal. Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA).

Estaciones meteorológicas

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 2. Observatorios Meteorológicos.

Código	Estación	Localidad	Tipo	Coordenadas	
8068 E	Villalonga	Villalonga	TP	742351,13 O	4307403,43 N
8057 A	Pego Convento	Pego	TP	749742,94 O	4303004,73 N
8058 A	Oliva SE graria	Oliva	P	749391,62 O	4311795,92 N

Fuente: Estaciones Meteorológicas Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA).

La estación de Pego Convento es la más próxima a la cuenca, de forma que es la más representativa del clima de la misma, ya que la estación más cercana es la de Planes, ubicada hacia el interior, en sotavento. Por tanto las variables climáticas son poco representativas para la cuenca de la Vall de Gallinera.

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 3. Balance hídrico en la estación Pego-Convento. ETP: Evapotranspiración; P: Precipitación; ppa: Pérdidas Potenciales acumuladas; DEF: Déficit; NA: Negativo acumulado; HA: Humedad Acumulada; MH: Movimiento de Humedad; EXC: Exeso de humedad; R: Escorrentía total; D: Detención de Humedad.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
PPT	70,80	72,10	77,60	73,00	61,30	31,40	9,80	28,20	87,60	120,50	113,10	90,10
ETP	23	25,6	40,5	54,7	86,6	127,2	166,1	161,5	111,7	69,7	38,2	25,5
DEF	47	46	37	18	-25	-95	-156	-133	-24	50	74	64
NA	0	0	0	0	-25	-120	-276	-409	-433	-202	-62	0
HA	200	200	200	200	176	109	50	25	22	72	146	200
MH	0	0	0	0	-24	-67	-59	-25	-3	50	74	54
ETR	23	25,6	40,5	54,7	85,3	98,4	68,8	53,2	90,6	70,5	39,09	25,5
DEF	0	0	0	0	1	28	97	108	21	0	0	0
EXC	47	46	37	18	0	0	0	0	0	0	0	10
R(mm)	28,5	23	18,5	9	0	0	0	0	0	0	0	5
DT	223,5	194,5	195,5	190,5	168	137	147	133	43	72	146	205

Fuente: Elaboración propia

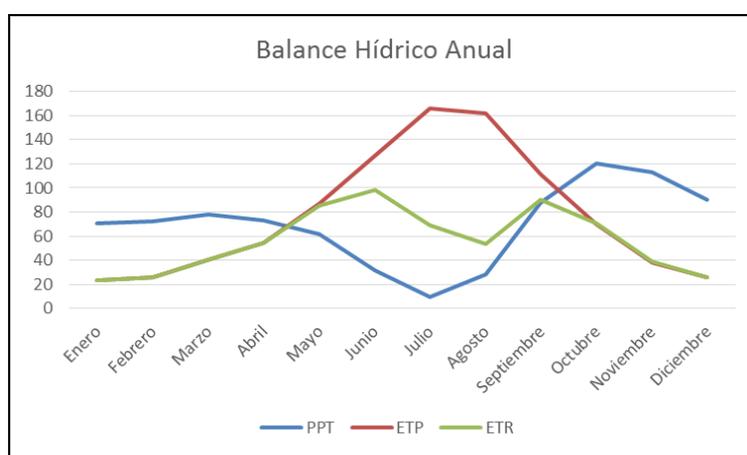


Figura 3. Balance hídrico en la estación Pego-Convento. (PPT: Precipitación en mm; ETP: Evapotranspiración Potencial en mm; ETR: Evapotranspiración Real en mm)

En Octubre comienza el periodo húmedo, produciéndose un superávit que recarga el suelo hasta que alcanza la capacidad de campo (200mm) en Noviembre. En el mes de abril comienza el periodo seco que se prolonga hasta septiembre, donde una nueva aportación de lluvia añade agua al sistema para completar el ciclo.

3.5.1 Clasificación climática

Este apartado hace referencia a los índices climáticos que caracterizan a la cuenca de estudio, clasificándola en un tipo climático.

- **Clasificación climática de Thornthwaite**

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

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

Tabla 4. Clasificación Thornthwaite para la estación Pego Convento.

ET Potencial	ET Real	Índice Humedad	Índice Aridez	Índice Global	Tipo climático	Código
87,6	57,8	27,1	33,8	6,7	Subhúmedo húmedo mesotérmico	C2 B'3 s
					Déficit importante en verano	2 a'

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 Citrus2” y “verano Oryza3”. 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 4”.

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 fresco5” 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)

Tabla 5. Valores del Índice de Martone.

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

El valor es de 31,8 por tanto, la zona climática correspondiente a La Vall de Gallinera es Subhúmeda – Húmeda.

3.6. Vegetación

3.6.1. Vegetación Potencial.

Allué

La fitoclimatología es la asociación de grandes tipos de vegetación (fitosociología) a grandes tipos climáticos (climatología). Allué, J.L (1990) desarrolla una clasificación fitoclimática para España, a partir de los datos del Instituto Nacional de Meteorología (INM), las Series de Vegetación Potencial (Rivas Martínez, 1987) y trabajo de campo. El resultado es la caracterización de 19 subtipos de vida vegetal, cada uno de ellos asociado a unas características climáticas concretas y que se reúnen en cuatro tipos fitoclimáticos generales:

- Áridos (III(IV),
- Mediterráneos (IV(III), IV1, IV2, IV3, IV4, IV(VI)1 y IV(VI)2),
- Nemorales (VI(IV)1, VI(IV)2, VI(IV)3, VI(IV)4, VI(VII), VI(V) y VI)
- Oroborealioides (VIII(VI), X(VIII), X(IX)1, X(IX)2), y que se ordenan de climas más cálidos y con sequías asociadas a las altas temperaturas, a climas más fríos, que también pueden implicar deficiencias hídricas, aunque en este último caso asociadas a las heladas

Tabla 6. Clasificación fitoclimática de Allué.

Tipo Fitoclimático	ASOCIACIONES POTENCIALES DE VEGETACIÓN	ALLUÉ	ORDEN
Árido	Espinales de aufaito, Comicales	III(IV)	1
MEDITERRÁNEOS	Lentiscares, Coscojares, Acebuchares, Encinares (<i>Quercus ilex</i> sbsp. <i>rotundifolia</i>) y Encinares alsinares (<i>Quercus ile</i> subsp. <i>ilex</i>)	IV(III)	2
		IV(VII)	3
		IV1	3
		IV2	4
		IV3	5
		IV4	6
		IV(VI)1	7
		IV(VI)2	8
NEMORALES	Quejigares, Melojares o Rebollares, Encinares alsinares, Robledares pubescentes y pedunculados, Hayedos	VI(IV)1	9
		VI(IV)2	10
		VI(IV)3	11

		VI(IV)4	12
		VI(V)	13
		VI	14
OROBOREALOIDES	Pinares de silvestre, Pinars de moros, Robledares de pubescentes, Hayedos, Pastos alpinos y alpniodeos.	VIII(VI)	15
		X(VIII)	16
		X(IX)1	17
		X(IX)2	18

Asociaciones potenciales de la vegetación en La Vall de Gallinera:

- Zonas alta de la cuenca: *IV4 Mediterráneo Genuino (6)* esclerófilo menos seco. Se trata de medios mediterráneos arbóreos y bosques ilicinos exclusivos y genuinos típicos menos secos. La asociación climática correspondiente está representada principalmente por los alsinares (*Quercus ilex subsp. ilex*). También está presente el Medierráneo Subnemoral menos frío IV(VI)2. Su vegetación climática predominante tiene como titular arbórea a *Quercus ilex ilex*.

- Zonas baja y media de la cuenca: *IV2 Mediterráneo Genuino (4)* subtropical. Se trata de medios mediterráneos arbóreos y bosques no ilicinos. Su sociación climática correspondiente está representada principalmente por los acebuchales (*Olea europaea var. sylvestris*).

- Zona media de la cuenca: VI(IV)3 , correspondiente con Bosques caducifolios nemorales, Nemo-Mediterráneo Subnemoral.

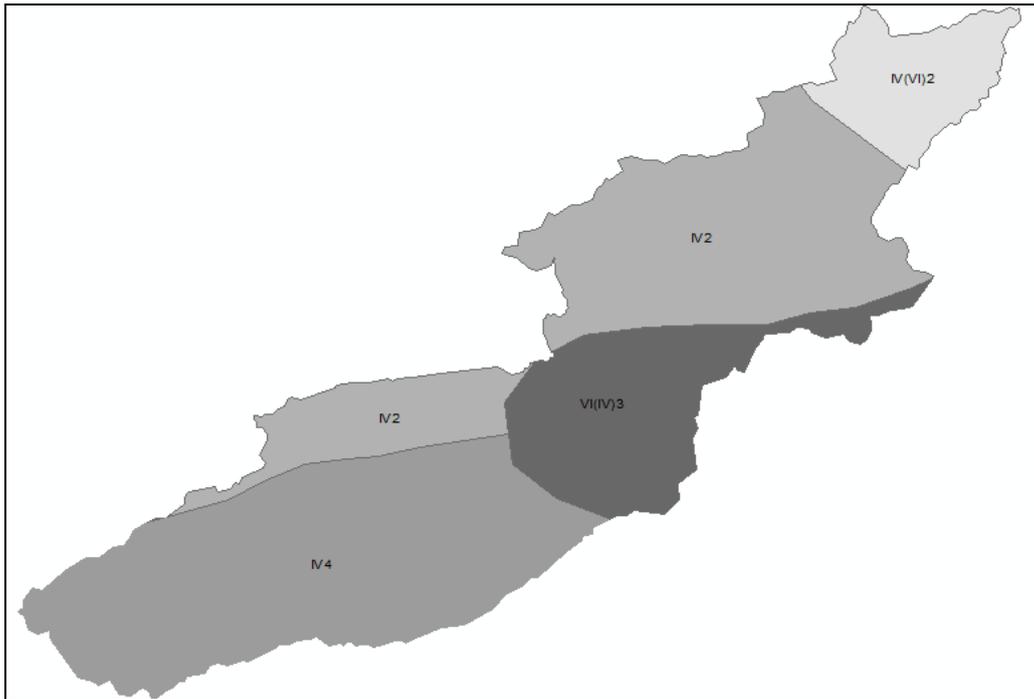


Figura 5. Distribución de las series fitoclimáticas de vegetación Allué, en la Vall de Gallinera.

Rivas Martínez

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.

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 en el territorio valenciano puede estar representada por comunidades de agua dulce (Pragmitetalia) y de agua salobre (*Scirpetalia compacti*). En esta zona litoral son también frecuentes los herbazales nitrófilos que se instalan sobre suelos profundos y húmedos 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 supramediterráneo. En zonas en las que la pluviometría desciende por debajo de los 400-350 mm, los carrascales ceden el territorio a los coscojares, quedando aquellos refugiados en los valles 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 extremas de viento y temperaturas bajas.

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 rotundipiliae*, definida como termomesomediterránea, valencianoterraconense, murciano-almeriense e ibicenca-basófila de *Quercus rotundifolia* (encina o carrasca). Corresponde a la serie 27c. 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, la mayor 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 de La 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 aragonense de la encina: *Bupleuroa rigidi-Querceto rotundifoliae-sigmatum*. Corresponde a las series 22b y 22ba.

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 (*Rhamnus 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*).

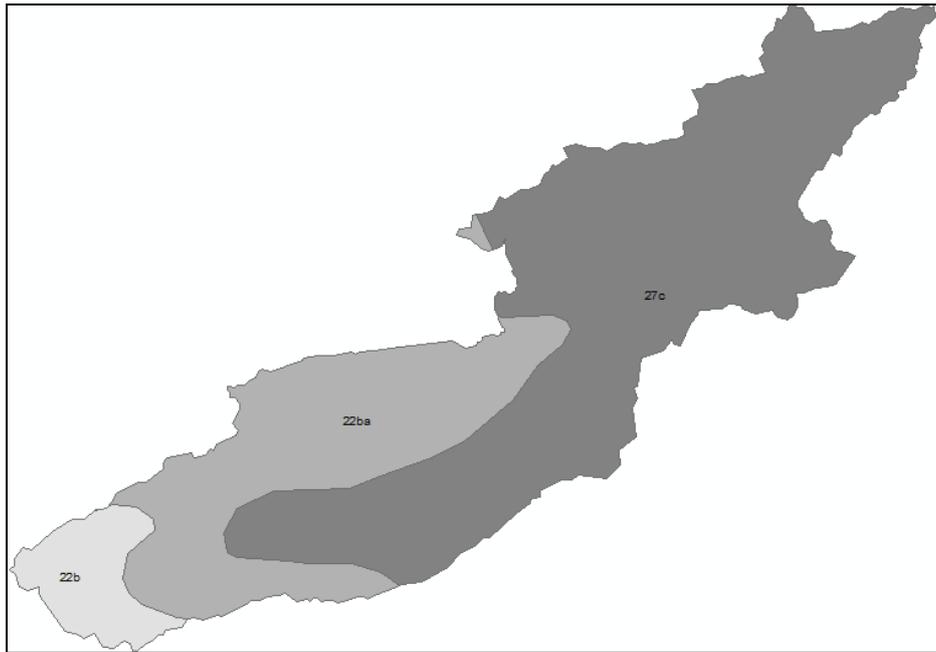


Figura 5. Series de vegetación según Rivas Martínez para la cuenca de La Vall de Gallinera.

Tabla 6. Distribución de las series de vegetación de Rivas Martínez en la Vall de Gallinera.

Nombre de la serie	27c. Iberolevantina de la Encina
Árbol dominante	<i>Quercus rotundifolia</i>
Nombre fitosociológico	<i>Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae sigmentum</i>
I. BOSQUE	<i>Quercus rotundifolia</i>
	<i>Rubia longifolia</i>
	<i>Quercus coccifera</i>
	<i>Smilax aspera</i>
II. MATORRAL DENSO	<i>Cytisus patens</i>
	<i>Hedera helix</i>
	<i>Retama sphaeroearpa</i>
	<i>Genista valentina</i>
III. MATORRAL DEGRADADO	<i>Ulex parviflorus</i>
	<i>Erica multiflora</i>
	<i>Thymus piperella</i>
	<i>Helianthemum lavandulifolium</i>
IV. PASTIZALES	<i>Brachypodium ramosum</i>
	<i>Sedum sediforme</i>
	<i>Brachypodium distachyon</i>

Tabla 7. Etapas de regresión y bioindicadores de la serie 22b de Rivas Martínez.

Nombre de la serie	Castellano-aragonesa de la encina
Árbol dominante	<i>Quercus rotundifolia</i>
Nombre fitosociológico	<i>Bupleuro rigidi-Querceto rotundifolia sigmetum</i>
Bosque	<i>Quercus rotundifolia</i>
	<i>Bupleurum rigidum</i>
	<i>Teucrium pinnatifidum</i>
	<i>Thalictrum tuberosum</i>
Matorral denso	<i>Quercus coccifera</i>
	<i>Rhamnus lycioides</i>
	<i>Jasminum fruticans</i>
	<i>Retama sphaerocarpa</i>
Matorral degradado	<i>Genista scorpius</i>
	<i>Teucrium capitatum</i>
	<i>Lavandula latifolia</i>
	<i>Helianthemum rubellum</i>
Pastizales	<i>Stipa tenacissima</i>
	<i>Brachypodium ramosum</i>
	<i>Brachypodium distachyon</i>

Considerando que el óptimo de la vegetación potencial de la zona de estudio es el bosque de encina (*Quercus ilex*), se presenta la Tabla de Regresión de la serie N° 9 (*Quercus ilex* L.), correspondiente a la vegetación climática de Luis Ceballos, en la que considera distintas etapas de regresión y bioindicadoras de la serie 22b, de Rivas y Martínez. Ceballos incluye una etapa intermedia de pinares. En los dos casos, la dinámica de la vegetación se reduce a lo mismo: encinares, lentiscares, romerales, coscojares y jarales.

Tabla 8. Serie de regresión de Ceballos.

I	9
Optimo. Bosque denso.	ENCINA (<i>Quercus ilex</i>) sobre terreno calizo
II Bosque aclarado con abundante intervención de arbustos. Sotobosques con numerosas plantas leguminosas.	<i>Ceratonia siliqua</i> <i>Celtis australis</i> <i>Juniperus phoenicia</i> <i>Pistacia terebinthus</i> <i>Coronilla glauca</i> <i>Anthyllis cytisoides</i> <i>Jasminum fruticosum</i> <i>Smilax aspera</i> <i>Spartium junceum</i>
	LENTISCARES (<i>Pistacia lentiscus</i>) ROMERALES (<i>Rosmarinus officinalis</i>) COSCOJARES (<i>Quercus coccifera</i>) <i>Pinus halepensis</i> <i>Pinus pinaster</i> JARALES <i>Cistus libanotis</i> <i>Cistus albidus</i>
III Invasión heliófila. Etapa de los pinares. Invasión de matorral colonizados a base de Ericáceas o Cistáceas.	IV Matorral en estado avanzado de degradación. Frecuencia de plantas espinosas. Predominio de labiadas.
V Asociaciones de herbáceas del último estado de regresión.	Pseudo-estepas de gramíneas. <i>Euphorbia-plantago</i> <i>Brachypodium ramosum</i> <i>Stipa tenacissima</i>
VI Desierto	Roquedo, arenales

3.6.2. Vegetación actual

La vegetación actual se ha obtenido a partir del 3º Inventario Nacional Forestal, a escala 1:50.000, facilitado por el Ministerio de Agricultura, en formato vectorial. Este arroja información sobre las diferentes especies distribuidas a lo largo de todo el territorio, además de hacer una clasificación de usos del suelo. Las especies existentes en la cuenca de La Vall de Gallinera se presentan en la tabla 9, correspondiéndose con el Mapa 3 del documento de Planos.

Tabla 9. Especies características de la Vall de Gallinera.

Especie	Área (ha)	%
<i>Ceratonia silicua, Olea Europaea</i>	62	1,1%
<i>Ceratonia silicua, Prunus avium</i>	35	0,6%
Desarbolado: matorral	3770	67,3%
<i>Olea europaea</i>	5	0,1%
<i>Olea europaea, Fraxinus ornus</i>	1	0,0%
<i>P.halepensis</i>	615	11,0%
<i>P.halepensis, Ceratonia silicua</i>	309	5,5%
<i>P.halepensis, Chamaerops humilis, Juniperus oxycedrus</i>	0	0,0%
<i>P.halepensis, Fraxinus ornus</i>	46	0,8%
<i>P.halepensis, Juniperus oxycedrus</i>	14	0,3%
<i>P.halepensis, Olea europaea</i>	17	0,3%
<i>P.halepensis, P.pinaster</i>	15	0,3%
<i>P.halepensis, P.pinaster, J.Oxycedrus</i>	1	0,0%
<i>P.halepensis, P.pinea</i>	35	0,6%
<i>P.halepensis, Salix sp.</i>	23	0,4%
<i>Prunus spp., P.halepensis</i>	12	0,2%
Cítricos	639	11,4%

Como se puede observar en la tabla 9, el estrato predominante es el matorral. En muchos casos, las limitaciones de suelo, hicieron desistir de su repoblación forestal. Se dan en zonas de abundantes afloramientos rocosos y superficies que han sido afectadas por incendios, y actualmente quedan pocos pinos aislados.

Las especies más corrientes de matorral 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. Existe un claro predominio del naranjo (11,4%), cultivándose muchas variedades.

Un buen número de plantaciones de olivar se encuentra en estado de semiabandono; limitándose las labores a la recolección y a alguna poda esporádica. Muchas de estas, han sido recolonizadas por la masa forestal.

En cuanto a la superficie arbolada, el pino carrasco, en estado latizal y fustal, es la especie predominante. Existen además, pequeñas áreas ocupadas por Encinas, que se complementan con pinares y coscojares. También hay representación de pinares mixtos de carrasco, rodeno y piñonero; procedentes de repoblación.

3.7. Figuras de gestión y protección

3.7.1. 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, seleccionados por los diferentes países en función de un estudio científico, 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 Km². Se trata de un conjunto de pequeños valles de gran interés paisajístico, a lo que contribuyen fuertemente los cultivos de secano que ocupan las laderas de las montañas. Existen planes de puesta en regadío de estos cultivos, lo que

ocasionaría un fuerte impacto sobre todo el área. Igualmente se trata de una zona afectada por incendios forestales y por actuaciones forestales de limpieza de montes y creación de cortafuegos. Asimismo, existe un uso recreativo incontrolado.

Contiene más del 15% de los hábitats "prados calcáreos Kársticos" y "matorrales de Laurus nobilis", así como excelente representación de "comunidades de megaforbios y esciófilos ". Igualmente resulta importante para rapaces y por contener numerosos endemismos vegetales. Por otro lado, la única Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) en la cuenca de estudio la conforman las Montañas de la Marina, que a su vez coinciden con el LIC anteriormente mencionado. Mapa 4 del Documento de Planos.

3.7.2. Montes a cargo de la administración

Existen tres montes de la Administración (Mapa 5 Documento de Planos), 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 Pública.

Monte	Superficie(Km2)	Término Municipal
AL-052	17,2	Vall de Gallinera (AI)
AL-086	3,52	Vall de Gallinera (AI)
V-127	3,34	Oliva (V)

Fuente: Inventario Nacional Forestal

3.8. Características socioeconómicas

Conociendo 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.

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).

3.8.1. 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), Pegó (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 integrados en la cuenca La de la Rambla Gallinera.

Municipio	Superficie (Km2)	Altitud (m)	Distancia a la capital de la provincia (km)
Vall de Gallinera	5,6	295	95
Adsubia	14,7	102	104
Oliva	59,9	25	77

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

3.8.2. Demografía y análisis de la población

La densidad de población es: Oliva (471,9 hab/Km²), Adsubia (46,8 hab/Km²) y Vall de Gallinera (12,5 hab/Km²).

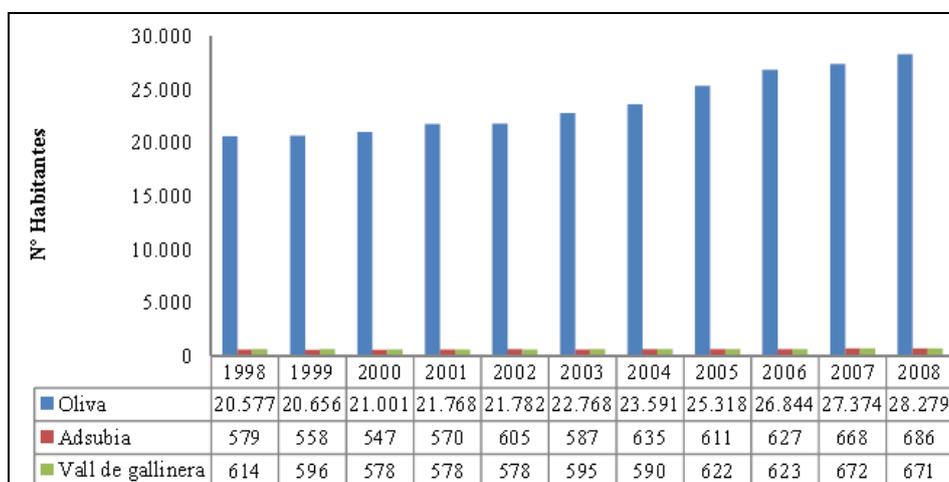


Figura 6. Evolución de la población por Municipio. (Fuente: Instituto Valenciano de Estadística. Fichas Municipales (Actualización 2011).

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.

4. HIDROLOGÍA

4.1. Descripción general

El cauce principal es la Rambla de Gallinera de 24 km de longitud, situada entre el río Serpis y el Bullens-Vedat. Tiene una cuenca de 59,65 Km², 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 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 Pegó, 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 Absubia con paisajes de gran belleza y vegetación como helechos y arbustos

del género *Viburnum*. El cauce en esta parte, es estrecho, con abundantes bolos y rocas procedentes de desprendimientos laterales, observándose en él acarreos. 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 Forna. 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. La zona más baja 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). 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 esorrentía al cauce principal con rapidez y en gran cantidad, lo que provoca crecidas importantes.

4.2. Unidades hidrológicas

Pese a que la cuenca es de pequeñas dimensiones, se ha realizado una división en unidades hidrológicas a efectos de analizar el comportamiento individual de cada una de ellas. La Rambla Gallinera tiene su origen en el Collado de Benissili en la Unidad Hidrológica III, la cual representa la parte alta

y media de la cuenca. Debido a sus características morfológicas, orográficas, y de distribución de usos relativamente homogéneas, se ha considerado una única Unidad. Consta de numerosos barrancos a ambos lados del cauce principal, pero la mayor aportación la realizan los que constituyen su margen izquierdo, caracterizados por cabeceras desprovistas de vegetación dando paso a afloramientos rocosos y por una pendiente de ladera y cauce muy pronunciadas. Algunos de los más importantes son: Belanches, Runder, Crosta, Grau, Escalons, Cova Negra o Mortet. La concentración de la escorrentía procedente de estos en la Rambla es considerablemente rápida.

Como se ha descrito anteriormente, casi en la parte baja de la cuenca se le une el Barranco de Forna. Por sus características orográficas y dimensionales dentro de la cuenca, se ha considerado una Unidad Hidrológica independiente (UH II), con el fin de determinar la aportación individual del caudal de descarga que este produce en la Rambla Gallinera. En la parte más baja se encuentra la Unidad Hidrológica I. Consta de algunos barrancos importantes, como Carreixar por el margen derecho de la Rambla Gallinera o Barranc de Lloseta por el margen izquierdo. Ya que es una zona plenamente antropizada y físicamente no contiene fuertes pendientes, esos barrancos forman parte de la misma Unidad Hidrológica. Es en esta parte baja donde se dan los mayores picos de descarga provocando desbordamientos e inundaciones.

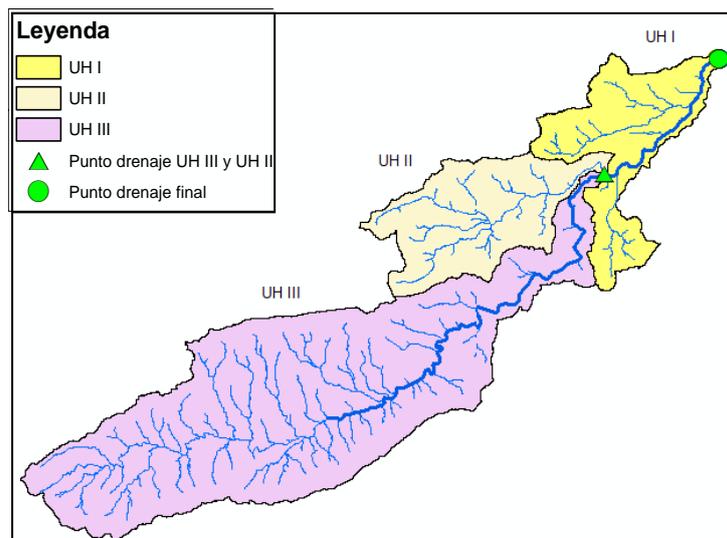


Figura 7. Unidades Hidrológicas.

Tabla 12. Área de las Unidades Hidrológicas.

U.H	Area (Km ²)
I	8,9
II	9,9
III	37,3
Cuenca	56,0

4.3. Caracterización física de la cuenca

4.3.1. Parámetros de Forma

La forma superficial de las cuencas hidrográficas tiene interés por el tiempo que tarda en llegar el agua desde los límites hasta las salidas de las mismas.

Coefficiente de compacidad de Gravelius (Kc)

Es uno de los índices más usados en la determinación de la forma de la cuenca, siendo este la relación existente entre el perímetro de la cuenca (P) y el perímetro de un círculo que tenga la misma superficie (A) que dicha cuenca. La cuenca de La Vall de Gallinera posee un perímetro de 52,6 Km y un área de 56 Km², obteniéndose un valor de este coeficiente de 1,97, calculado en base a la expresión siguiente:

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

El índice será mayor o igual a la unidad, de modo que cuanto más cercano a ella se encuentre, más se aproximará su forma a la del círculo, en cuyo caso la cuenca tendrá mayores posibilidades de producir caudales con mayores picos. Por contrapartida, cuando "Kc" se aleja más del valor unidad significa un mayor alargamiento en la forma de la cuenca. Según el valor obtenido, la cuenca es de carácter alargado.

4.3.2. Parámetros de Relieve

Altura media

La altura media tiene importancia principalmente en zonas montañosas, donde influye en el escurrimiento y en otros elementos que también afectan al régimen hidrológico, como el tipo de precipitación, la temperatura, etc. Para obtener la elevación media se aplica un método basado en la siguiente fórmula:

$$H = \frac{\sum(Ci * ai)}{A}$$

Siendo:

H = elevación media de la cuenca (m)

Ci = cota media del área "i", delimitada por 2 curvas de nivel (Km)

ai = área "i" entre curvas de nivel (Km²)

A = área total de la cuenca (Km²)

Tabla 13. Rango de altitudes en la cuenca.

Curva nivel (m)	Cota media (km)	S (km ²)	Ci*ai
0-100	0,07	4,69	0,32
100-200	0,15	8,95	1,36
200-300	0,25	8,64	2,19
300-400	0,35	9,55	3,32
400-500	0,45	8,97	4,03
500-600	0,55	9,36	5,19
600-700	0,64	4,69	2,99
700-800	0,74	0,77	0,57
800-900	0,84	0,36	0,30
>900	0,90	0,00	0,00
			20,27
Hm	362 m		

La altura media de la cuenca obtenida aplicando la fórmula anterior da un valor de 362 m. Mapa 8 Documento de Planos.

Curva hipsométrica

Se define como curva hipsométrica a la representación gráfica del relieve medio de la cuenca, construida llevando en el eje de las abscisas, longitudes proporcionales a las superficies proyectadas en la cuenca, en km² o en porcentaje, comprendidas entre curvas de nivel consecutivas hasta alcanzar la superficie total, llevando al eje de las ordenadas la cota de las curvas de nivel consideradas.

Tabla 14. Curva Hipsométrica de la cuenca.

Curva nivel (m)	Area km ²	Area acumulada km ²	Hmedia (m)	Cota	%
0-100	4,7	56,0	68,0	0,0	100,0
100-200	9,0	51,3	152,0	100	91,6312
200-300	8,6	42,3	253,7	200	75,6417
300-400	9,5	33,7	347,8	300	60,2057
400-500	9,0	24,2	449,4	400	43,1524
500-600	9,4	15,2	554,1	500	27,1221
600-700	4,7	5,8	636,0	600	10,4011
700-800	0,8	1,1	738,2	700	2,01692
800-900	0,4	0,4	836,5	800	0,64415
>900	0,0	0,0	904,7	900	0,00535
	56,0			911	0

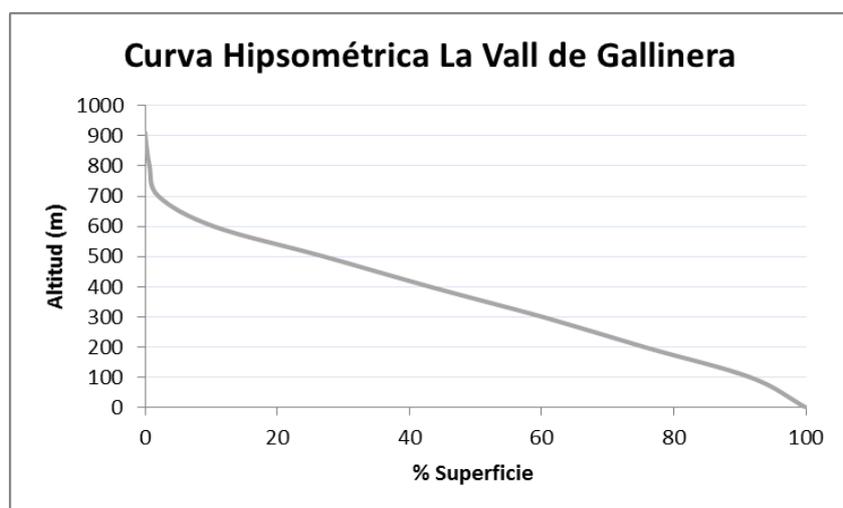


Figura 8. Curva Hipsométrica de la cuenca.

Por otro lado, la integral hipsométrica, es un parámetro definido a partir de la curva hipsométrica porcentual. Fue definida por Strahler (1952) y corresponde al área situada bajo la curva, suponiendo que la superficie total del gráfico corresponde al volumen total de roca antes del comienzo de la erosión, lo que representaría el volumen de roca que permanece sin ser erosionado; del mismo modo, el área sobre la curva, denominada integral erosiva, representa el volumen de roca dismantelado por la erosión.

$$H = \frac{H_{media} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$$

El valor del área relativa bajo la curva (integral hipsométrica) es indicativo del estado de desarrollo de la cuenca; así, valores superiores al 60% indican desequilibrio manifiesto en el funcionamiento de la cuenca (juventud) y, por tanto, gran potencial erosivo; valores rondando el 47% representan equilibrio

(madurez); e inferiores al 30%, implican senectud (vejez), tratándose en este caso de cuencas sedimentarias

En este caso, el resultado de la integral hiposmétrica es de 38,6%, por tanto, la cuenca Vall de la Gallinera se enmarcaría en la categoría de cuenca cuasi-sedimentaria.

Pendiente media

La pendiente media de la cuenca incide directamente tanto en la velocidad que toma la escorrentía en su descenso por la ladera como en la erosión que ello provoca. Mapa 9 Documento de Planos.

Se ha efectuado el cálculo a través de Sistemas de Información Geográfica, arrojando un valor de 36,6%.

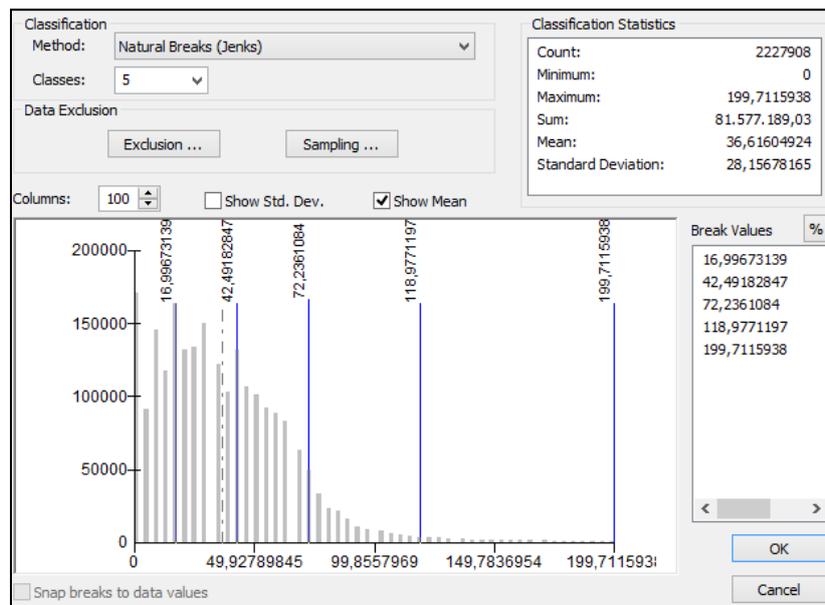


Figura 9. Histograma de distribución de la Pendiente.

4.3.3. Parámetros relativos a la red de drenaje

La red de drenaje de una cuenca está formada por el cauce principal y los cauces tributarios.

Orden de la cuenca

Para determinar el orden de la red de drenaje a lo largo de la cuenca, se ha empleado la clasificación de Horton-Strahler.

Se trata de un número que refleja el grado de ramificación de la red de drenaje. La clasificación de los cauces de una cuenca se realiza a través de las siguientes premisas:

- Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.
- Los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y, en general, los cauces de orden "n" se forman cuando dos cauces de orden "n-1" se unen.
- Cuando un cauce se une con un cauce de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los órdenes.
- El orden de la cuenca es el de su cauce principal a la salida (el mayor), 5 en este caso.

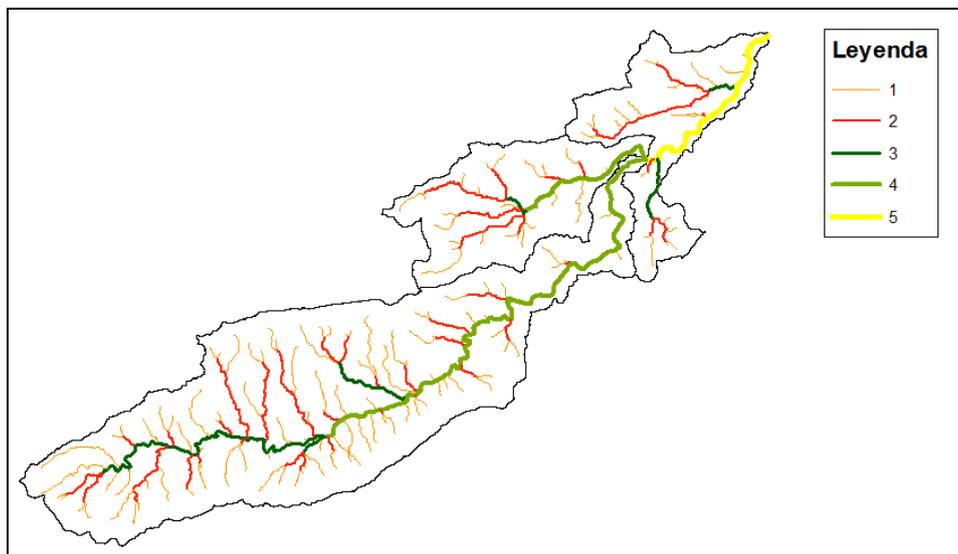


Figura 10. Clasificación de cauces de Horton.

Densidad de drenaje

Se define mediante la expresión propuesta por Horton:

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

$\sum Li$ = longitud de todos los cauces y tributarios de la cuenca

A = superficie de la cuenca

Tabla 14. Densidad de drenaje de la cuenca.

Li (Km)	140,4
A (Km ²)	56,0
D(Km ⁻¹)	2,51

Strahler (1952) encontró, en Estados Unidos, valores de “D” desde 0,2 Km/Km² para cuencas con drenaje pobre hasta 250 Km/Km² para cuencas muy bien drenadas. Según estos valores, se trata de una cuenca con drenaje pobre.

Pendiente media del cauce principal

La pendiente media “Sm” (%) es la relación entre la altura total del cauce principal (diferencia entre sus cotas máxima “Hmax” y mínima “Hmin”) y la longitud “L” del mismo.

$$Sm = \frac{Hmax - Hmin}{L}$$

Tabla 15. Pendiente media del cauce principal.

Hmax (m)	592
Hmin (m)	18
L (Km)	26,7
Sm	2,15%

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo transcurrido desde el final de la lluvia neta (parte de la precipitación que genera escorrentía superficial) hasta el final del hidrograma superficial generado por ella; es igual al mayor tiempo de viaje de la cuenca, excluyendo la escorrentía subterránea.

Para su cálculo se ha empleado la expresión de Témez:

$$tc = 0,3 * \left[\frac{L}{J^{\frac{1}{4}}} \right]^{0,76}$$

L=Longitud del cauce principal (Km)

J=Pendiente media del cauce principal (m/m)

Tabla 16. Tiempo de concentración para el punto de drenaje de la cuenca.

Cuenca	L (Km)	Pend (m/m)	Tc (horas)
	26,7	0,026	7,29

Características físicas de las Unidades Hidrológicas

Empleando la misma metodología que en los apartados anteriores, se ha determinado las características físicas de cada Unidad Hidrológica.

Tabla 17. Características físicas de las Unidades Hidrológicas.

U.H	Parámetros UH									
	A	H (m)		Long	Sm	P	Cg	Long.dren	Dd	Tc
	(km ²)	max	min	(km)	m/m	(km)		(km)	(1/Km)	(horas)
I	8,9	242	17	10,68	0,02	22,46	2,11	21,23	2,40	3,78
II	9,9	477	66	10,19	0,04	17,98	1,60	22,71	2,30	3,22
III	37,3	707	66	20,22	0,03	40,29	1,85	96,48	2,59	5,68
Cuenca	56,0	707	17	26,68	0,03	52,56	1,97	140,37	2,51	7,29

5. CÁLCULO DE CAUDALES

La finalidad del estudio de caudales en un proyecto de restauración hidrológico-forestal, es básicamente, para el dimensionamiento de infraestructuras de defensa como son los diques o las albarradas y estudios de inundación de cauces. También es importante para averiguar la capacidad de arrastre o gasto sólido que produce un cauce, a efectos de conocer mejor la dinámica de los sedimentos a escala de tramo y de cuenca. En el presente Estudio, dicho cálculo no se empleará para el dimensionamiento de dichas estructuras, sino, únicamente para su emplazamiento aproximado.

Ya que la cuenca de la Vall de Gallinera descarga agua de forma eventual e intermitente, carece de registro histórico de caudales. El objetivo del cálculo de caudales para cuencas no aforadas, consiste en estimar los valores de flujo máximos originados en una sección determinada de un cauce, para una precipitación concreta, que incide en la cuenca vertiente correspondiente a dicha sección. Los datos necesarios dependen de la precisión de la fórmula o método que se pretenda utilizar.

Pero estos cálculos necesitan de unos datos básicos previos. En resumen, éstos se pueden agrupar en dos grandes bloques: los que se refieren a las precipitaciones, que exigen la definición de las variables extremas en función del período de retorno; y los que se encargan de estudiar la propia cuenca receptora de las precipitaciones. En ella presentan una importancia relevante el complejo suelo-vegetación y la morfología de la cuenca, la cual es decisiva para establecer el tiempo de concentración de la avenida.

En el presente Estudio se ha optado por el empleo de dos metodologías de cálculo, el método Racional Modificado de Témez y el método hidrometeorológico semidistribuido HEC-HMS, ambos para calcular caudales máximos en episodios extremos.

En líneas generales el proceso hidrológico es el siguiente:

- La precipitación cae sobre la cuenca con una distribución temporal y una intensidad determinadas.

- Esta precipitación bruta, al entrar en contacto con el complejo suelo vegetación, sufre unas pérdidas por retención e infiltración; quedando sobre la superficie y con libertad de movimiento una cantidad a la que se denomina escorrentía.

- Esta escorrentía discurre por los cauces originando los caudales de avenida, cuya distribución temporal dependerá de las características morfológicas de la cuenca.

Así pues, tras haber calculado la morfología de la cuenca, los datos que se precisa conocer y valorar, para poder llegar a deducir valores de caudal en la sección de salida de la cuenca, son: Precipitación y Complejo suelo-vegetación.

5.1. Cálculo de la Precipitación Diaria Máxima Anual (PDMA)

Para calcular la Precipitación Diaria Máxima Anual correspondiente a cada uno de los periodos de retorno considerados, en cada una de las unidades hidrológicas de estudio, se ha empleado la aplicación MAXPLU. El origen de esta aplicación se encuentra en la publicación del año 1999 “Máximas lluvias diarias en la España peninsular”, documento realizado como consecuencia del Convenio entre la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del mismo Ministerio. Su objetivo fue el de presentar un método operativo que, de una manera breve y fiable, proporcionase un valor de las máximas lluvias diarias en la España peninsular que sirviese de punto de partida para el cálculo de los caudales a desaguar mediante modelos hidrometeorológicos en aquellas cuencas en las que no se dispone de registros de aforos, o bien estos son escasos.

Por tanto, a partir de los valores medios de la máxima precipitación diaria anual y los coeficientes de variación de las series de precipitaciones máximas diarias regionalizadas, permite conocer las estimas de la precipitación diaria correspondientes a diferentes períodos de retorno para unos puntos determinados cuyas coordenadas (geográficas o UTM) se conocen.

A continuación se detallan los pasos que se han tenido en cuenta para obtener la distribución de precipitaciones máximas en la cuenca:

1) Generación de malla de puntos

Con el software ArcMap 10, se creó una malla de puntos en el área de estudio que abarcara una superficie mayor que la de la propia cuenca. Las dimensiones de dicha malla fueron de 7x6 puntos, con una equidistancia de 3000 metros. Esto dio un total de 378 Km².

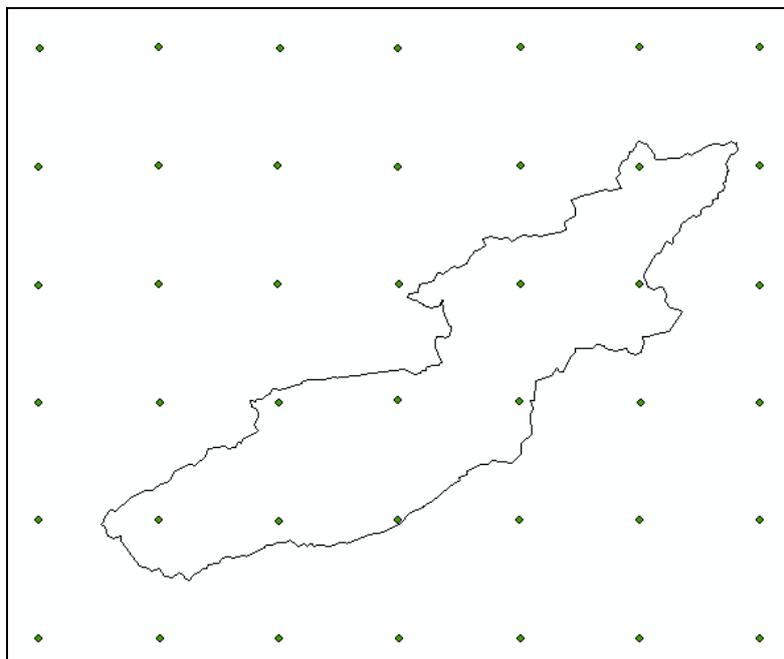


Figura 11. Malla de puntos equidistantes.

2) Obtención de PdMA

Se obtuvieron las coordenadas UTM de los puntos de la malla, y se introdujeron en el programa MAXPLU, el cual devuelve la Precipitación Diaria Máxima Anual para los diferentes periodos de retorno estimados. En este caso T=10, 25, 50 y 100 años.

3) Mapa de isoyetas (Modelo Digital de Precipitaciones)

Una vez obtenidos los valores para cada punto, se introdujeron en el ArcMap, dando resultado de una malla de puntos con valores de Precipitación Diaria

Máxima. Se llevó a cabo una interpolación por el método Spline, el cual ajusta la superficie a los valores de entrada usando métodos de polinomios y mínimos cuadrados y útil cuando se trata de superficies que varían suavemente.

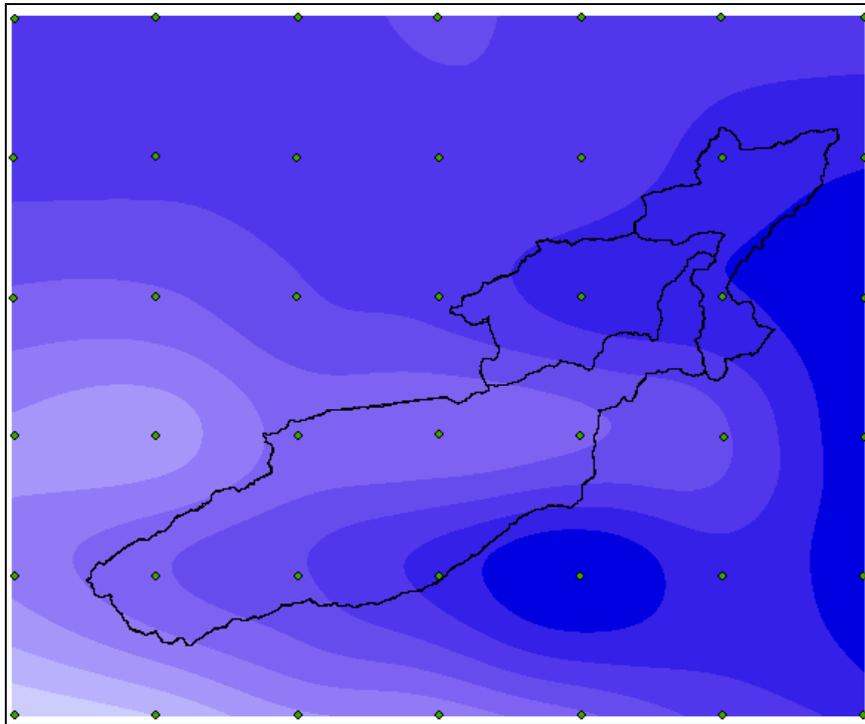


Figura 12. Isoyetas de Precipitación Diaria Máxima (T=100años) para la cuenca.

4) Cálculo de la Precipitación PdMA en cada UH

A partir del mapa de isoyetas para los diferentes periodos de retorno y el de Unidades Hidrológicas, se halló la PdMA en cada una de las UH, realizando una media ponderada en base al área de precipitación encerrada en cada superficie.

Tras aplicar la metodología anterior se obtuvieron los siguientes resultados para cada una de las Unidades Hidrológicas:

Tabla 18. Precipitación Diaria Máxima Anual (mm).

Precipitación Diaria Máxima Anual (mm)					
UH	S (km ²)	Periodo de retorno (años)			
		T=10	T=25	T=50	T=100
I	8,9	190,1	243,2	286,2	331,9
II	9,9	188,9	240,8	283,8	329,6
III	37,3	184,1	234,9	277,4	323,1
Cuenca	56,0	185,9	237,3	279,9	325,7

5.2. Complejo Suelo-Vegetación

Como se comentó anteriormente, tanto el suelo como la vegetación existente, inciden notablemente en el caudal de escorrentía. Cuanto mayor es la vegetación existente, las condiciones del suelo también son más aptas, y con ello mejora la infiltración. Esta vegetación previene de la erosión al suelo, protegiéndole, y aportándole una correcta estructura además de interceptar las gotas de lluvia en su camino al suelo. Por otro lado, aumenta la rugosidad del terreno, reduciendo la velocidad del agua en su curso por la ladera y con ello la escorrentía.

La escorrentía es la fracción de agua de lluvia que no se infiltra ni se intercepta, y se puede determinar a partir del umbral de escorrentía (P_o). Este es el valor de precipitación en mm a partir de la cual se genera escorrentía, también conocido como precipitación efectiva.

El umbral de escorrentía depende de cuatro factores:

1) Tipo hidrológico de suelo:

GRUPO	INFILTRACION (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	Pequeña (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

2) Tipo de cubierta vegetal y grado de desarrollo: Hace referencia a los usos actuales del suelo y a sus características hidrológicas.

3) Pendiente del terreno: Distribuida en valores mayores y menores que 3%.

4) Estado de humedad inicial: condición I = seco; condición II = medio; condición III = húmedo

Tabla 19. Umbral de Escorrentía (Po) en condiciones de humedad normal (II).

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Baldío	≥ 3	R	15	8	6	4
	< 3	N	17	11	8	6
Cultivos en llera	≥ 3	R/N	20	14	11	8
	≥ 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
	≥ 3	N	32	19	12	10
		< 3	R/N	34	21	14
Rotación de cultivos pobres	≥ 3	R	26	15	9	6
	≥ 3	N	28	17	11	8
		< 3	R/N	30	19	13
Rotación de cultivos de secano	≥ 3	R	37	20	12	9
	≥ 3	N	42	23	14	11
		< 3	R/N	47	25	16
Páramos	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	70	33	18	13
	< 3	Muy buena	80	41	22	15
		Pobre	58	25	12	7
		Media	80	35	17	10
< 3	Buena	120	55	22	14	
< 3	Muy buena	250	100	25	16	
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	≥ 3	Pobre	62	26	15	10
		Media	80	34	19	14
		Buena	100	42	22	15
	< 3	Pobre	75	34	19	14
Media		95	42	22	15	
Buena		150	50	25	16	
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc)	< 3	Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	75	34	22	16
		Esposa	90	47	31	23
		Muy espesa	120	65	43	33

NOTAS: 1.- N: denota cultivo según la curva de nivel
R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente.
2.- La zona cabalada se incluirán en la de pendiente menor del 3%

TIPO DE TERRENO	PENDIENTE (%)	UMBRAL DE ESCORRENTÍA (mm)
Rocas permeables	≥ 3	3
	< 3	5
Rocas impermeables	≥ 3	2
	< 3	4
Firmes granulares		2
Adoquinados		1,5
Pavimentados		1

5.2.1. Tipo Hidrológico de suelo

Para obtener el tipo hidrológico de suelo, se ha recurrido al documento electrónico Serie Cartografía Temática: Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana” escala 1:50.000, el cual cuenta con información en formato vectorial de la permeabilidad de los suelos. Como se puede observar en la figura 13 la permeabilidad de la cuenca aumenta conforme se des de la cabecera hacia aguas abajo, debido por una parte al tipo de suelo y, su susceptibilidad a la erosión y los procesos sedimentación.

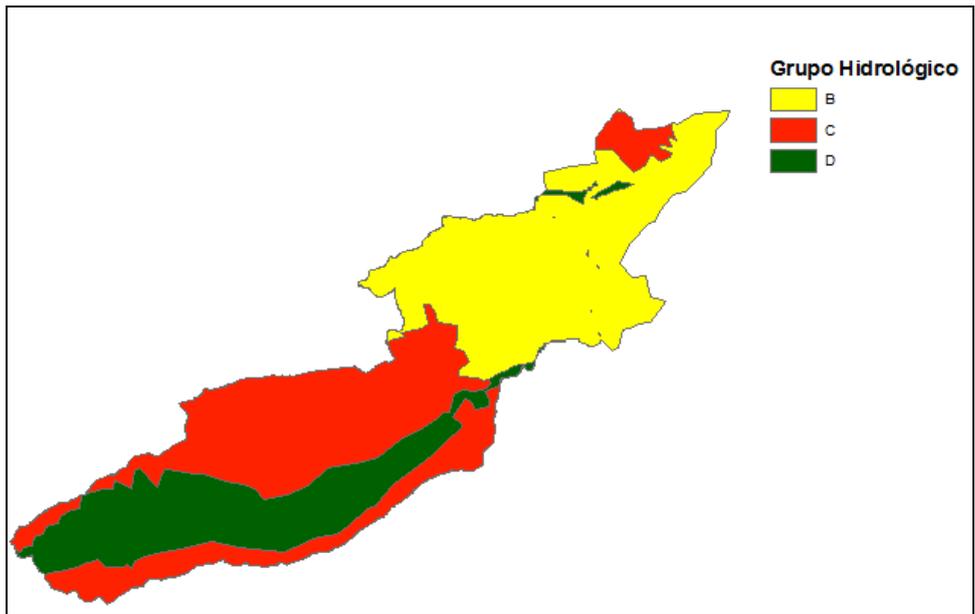


Figura 13. Mapa de permeabilidad de la cuenca.

En cuanto tipo de cubierta vegetal y grado de desarrollo, se ha recurrido al mapa de cultivos y aprovechamientos 1:50.000 en formato electrónico (Mapa 10 Documento Planos), correspondiente a las hojas 795, 796, 821 y 822. A partir de este se han obtenido las superficies en formato vectorial de los diferentes usos del suelo dentro de la cuenca de estudio. Además, se ha llevado a cabo una revisión para actualizar los usos y posteriormente una reclasificación de los nombres de estos, para adaptarlos a la tabla 19.

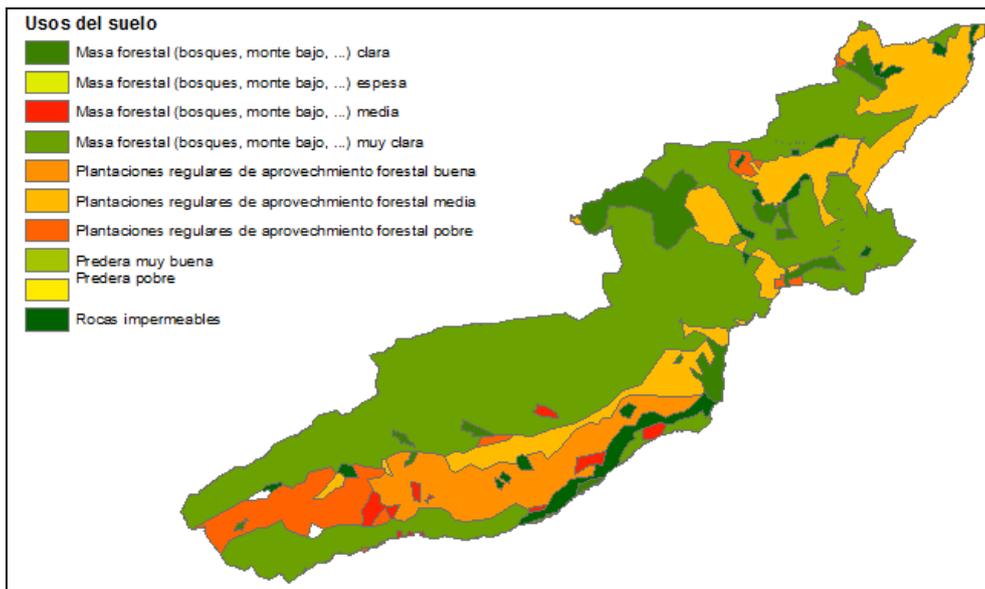


Figura 14. Usos del suelo en la cuenca.

5.2.2. Pendiente

Por otro lado, se ha elaborado un mapa de pendientes a partir de los Modelos Digitales del Terreno (MDT), obtenidos a través del Instituto Geográfico Nacional. Proporcionan información con un alto nivel de detalle, ya que se han confeccionado a partir de vuelos LIDAR, con una resolución de pixel de 4 metros.

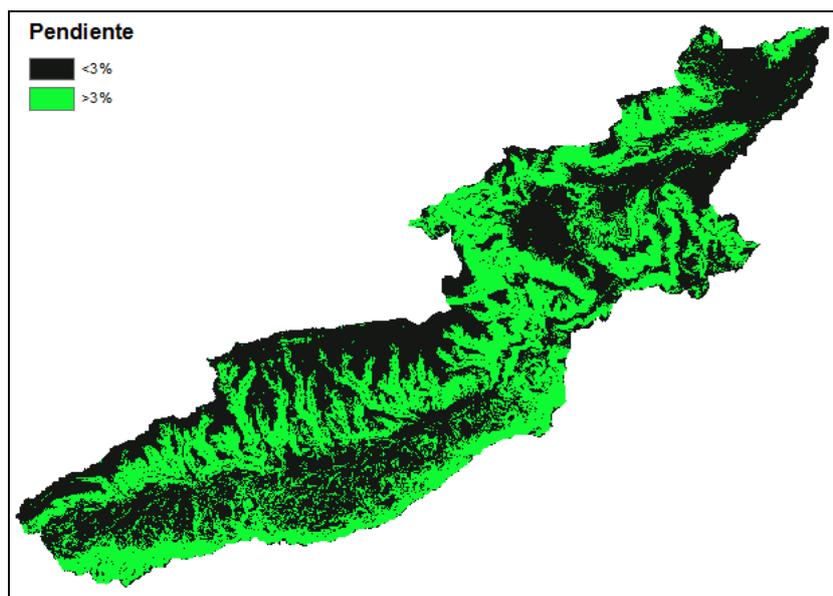


Figura 15. Mapa de pendientes reclasificado.

En este apartado se ha llevado a cabo una reclasificación de la pendiente de la cuenca en base a la metodología empleada para calcular el umbral de escorrentía, es decir, >3% y <3%.

Posteriormente, se ha realizado un cruce de información en el programa ArcGis, obteniéndose una división de la superficie de la cuenca en zonas con determinadas características de los factores de permeabilidad, vegetación y pendiente; los cuales definen un valor de P_o para cada una de estas zonas, según se indica en la tabla 19. A continuación se muestra es ejemplo del cálculo para la Unidad Hidrológica II:

Tabla 20. Ejemplo de cálculo de Po para la Unidad Hidrológica II.

FID	UH II						Po UH II
	Uso del suelo	Pendiente(%)	Peremabilidad	Area_km ²	Po (mm)	Ai*Po	(mm)
0	Plant reg aprov forestal pobre	<3%	B	0,10	34,00	3,34	$\frac{A\ Total}{Ai * Po}$
1	Plant reg de aprov forestal media	<3%	B	1,66	42,00	69,57	
2	Masa forestal muy clara	<3%	B	1,98	17,00	33,63	
6	Masa forestal muy clara	<3%	C	0,20	8,00	1,61	
3	Masa forestal clara	<3%	B	0,81	24,00	19,43	
4	Masa forestal espesa	<3%	B	0,00	47,00	0,01	
5	Rocas impermeables	<3%	B	0,17	4,00	0,67	22,5
7	Plant reg de aprov forestal pobre	>3%	B	0,12	26,00	3,01	
8	Plant reg de aprov forestal media	>3%	B	0,36	34,00	12,10	
9	Masa forestal muy clara	>3%	B	2,62	17,00	44,53	
13	Masa forestal muy clara	>3%	C	0,53	8,00	4,27	
10	Masa forestal clara	>3%	B	1,19	24,00	28,45	
11	Masa forestal espesa	>3%	B	0,00	47,00	0,13	
12	Rocas impermeables	>3%	B	0,10	2,00	0,20	
Area Total				9,8	$\sum Ai * Po$	220,9	

5.2.3. Umbral de escorrentía

El cálculo del umbral de escorrentía se ha llevado a cabo bajo la hipótesis de condiciones iniciales medias de humedad. Los valores obtenidos a partir de dicha tabla, se deben corregir por el coeficiente regional de umbral de escorrentía, el cual se puede determinar a partir del siguiente mapa aprobado por La Orden del 14 de Mayo 1990 a la Instrucción de Carreteras 5.2 IC ·Drenaje Superficial”, y donde se determina un coeficiente corrector de 2,3 para la cuenca de estudio.



Figura 16. Mapa del coeficiente corrector regional del umbral de escorrentía.

Por tanto, los umbrales de escorrentía para las Unidades Hidrológicas de la Cuenca de La Vall de Gallinera son:

Tabla 21. Umbral de escorrentía para las Unidades Hidrológicas de la cuenca.

	Po (mm)	Po ^{corr} (mm)
UH I	24,2	56
UH II	22,5	52
UH III	11,4	26

5.4. Cálculo de caudales punta

Una vez calculados los datos básicos morfológicos, hidrológicos y de vegetación que caracterizan la cuenca, se procedió al cálculo de caudales a través de los dos métodos hidrometeorológicos nombrados anteriormente:

- Método Racional Modificado de Témez
- Simulación con HEC-HMS

5.4.1. Cálculo de Caudal Punta por el Método Racional Modificado (Témez)

Este método, aplicable a pequeñas cuencas, es la recomendada por la “Instrucción 5.2-IC de drenaje superficial” del MOPU para el cálculo de caudales de referencia, aunque modificaciones posteriores amplían su rango de validez hasta los 3000 Km² y tiempos de concentración comprendidos entre 0,25 y 24 horas. Supone un aguacero con las siguientes características:

- Intensidad de la lluvia neta constante: se intenta corregir mediante un coeficiente corrector.
- Duración del aguacero igual al tiempo de concentración: Es la duración más desfavorable, puesto que una duración menor provocaría que no toda la cuenca este generando escorrentía y una duración mayor equivaldría a una menor intensidad de lluvia.
- Simultaneidad de la lluvia en la cuenca, se supone constante si bien se corrige este aspecto con un coeficiente.

En cálculo se efectúa aplicando la siguiente expresión:

$$Q_{p,T} = K * \frac{C_T * i(t)_T * A}{3,6} \quad (1)$$

Donde:

K = coeficiente de uniformidad temporal

C_T = coeficiente de escorrentía, el cual es función del umbral de escorrentía corregido (P_o^{corr}) y del cuantil de precipitación diaria máxima anual promedio areal de la cuenca [$P(d)_T^{corr}$].

$i(t)_T$ = intensidad de la tormenta de diseño (en mm), para una duración igual al tiempo de concentración de cada subcuenca.

A = superficie total de la cuenca (en Km²)

En primer lugar se calculó el cuantil de precipitación diaria máxima anual promedio areal de la cuenca [$P(d)_T^{corr}$], a partir de los valores de precipitación de cada Unidad Hidrológica y de su superficie:

$$P(d)_T = \frac{1}{A} \sum_{j=1}^3 A_j * P_j(d)_T$$

Donde:

A = superficie de la cuenca

A_j = superficie de cada una de las UH consideradas

$P_j(d)_T$ = precipitación diaria máxima anual para cada UH

Según la metodología de Témez, este valor debe ser corregido por un coeficiente de reducción areal (K_A) en función de la superficie de la cuenca, siendo en este caso de 0,88.

$$K_A = 1 - \frac{\log A}{15}$$

$$P(d)_T^{corr} = P(d)_T * K_A$$

En la tabla 22 se muestran los valores de Precipitación Diaria Máxima Anual Promedio Areal Corregidos, para cada periodo de retorno considerado:

Tabla 22. Valores de Precipitación Diaria Máxima Anual Promedio Areal corregida.

Pdmax promedio areal (mm)				
T (años)	10	25	50	100
P(d)t	167,5	213,8	252,2	293,4
P(d)t corr	148,0	188,9	222,8	259,2

Se estimó la intensidad una tormenta de diseño para cada subcuenca, con una duración igual al tiempo de concentración, aplicando la siguiente expresión a cada Unidad Hidrológica:

$$i(tc)_T = \frac{P(d)_T^{corr}}{24} \alpha \frac{28^{0,1-tc^{0,1}}}{28^{0,1}-1}$$

Donde:

$i(tc)_T$ = intensidad de lluvia correspondiente al tiempo de concentración de cada subcuenca (mm/h)

$P(d)_T^{corr}$ = precipitación diaria máxima anual (PdMA) promedio areal.

$P(d)_T^{corr} / 24$ = intensidad media diaria, en mm/h, correspondiente al periodo de retorno considerado t = duración de la tormenta de diseño (en horas), igual al tiempo de concentración de la cuenca.

$\alpha = 11 / I_d$: relación entre la intensidad horaria y la diaria (factor de torrencialidad). Se obtiene a partir del mapa de isoclinas I_1 / I_d y su valor en este caso fue de 11,3.



Figura 17. Mapa isoclinas para la Península Ibérica.

Tabla 23. Intensidad de lluvia en las Unidades Hidrológicas para los periodos considerados.

T (años)	I(tc)T mm/h			
	T=10	T=25	T=50	T=100
I	29,13	37,18	43,86	51,03
II	32,53	41,52	48,99	56,99
III	21,77	27,79	32,79	38,14
Cuenca	18,11	23,11	27,27	31,72

Cálculo del coeficiente de escorrentía (C_T):

El coeficiente de escorrentía se calculó está relacionado con el umbral de escorrentía calculado anteriormente mediante la expresión:

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

Donde:

Pd=Precipitación diaria

Po= Umbral de escorrentía

El resultado de dicho cálculo para cada Unidad Hidrológica ha sido el siguiente:

Tabla 24. Coeficiente de escorrentía para las Unidades Hidrológicas.

UH	Coeficiente de ecorrentía (C _T)			
	T=10	T=25	T=50	T=100
I	0,27	0,35	0,41	0,46
II	0,36	0,45	0,51	0,56
III	0,52	0,60	0,66	0,70
Cuenca	0,48	0,56	0,62	0,67

Cálculo del coeficiente de uniformidad temporal (K):

Témez propone una expresión en función del tiempo de concentración (tc) de cada subcuenca (en horas):

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

El coeficiente de uniformidad temporal será mayor cuanto mayor sea tanto la torrencialidad de precipitación como el tiempo de concentración.

Tabla 25. Coeficiente de uniformidad temporal.

UH	K
I	1,27
II	1,24
III	1,39
Cuenca	1,46

Y por último, aplicando la expresión (1), se muestran los valores de los caudales máximos instantáneos asociados a los periodos de retorno considerados, para las diferentes Unidades Hidrológicas:

Tabla 26. Caudales Punta para los diferentes periodos de retorno.

U.H	Qp (m ³ /s)			
	T10	T25	T50	T100
I	31,1	50,4	68,2	88,6
II	49,1	76,1	100,4	127,8
III	193,1	282,8	360,9	447,0
Cuenca	234,8	348,9	449,0	560,0

5.4.2. Cálculo de caudal punta mediante simulación con HEC-HMS.

El modelo HEC-HMS (*Hydrologic Modeling System*) es un modelo lluvia-escorrentía, desarrollado por el *Hydrologic Engineering Center* (HEC) del U.S. Army Corps of Engineers (USACE), que está diseñado para simular el hidrograma de escorrentía que se produce en un determinado punto de la red fluvial como consecuencia de un periodo de lluvia. El antecedente de este modelo, el HEC-1 (HEC, 1990), nació como un modelo de eventos y ha sido considerado por muchos como el modelo más versátil (Bedient y Huber, 1992) y probablemente el más ampliamente utilizado en este tipo de caracterizaciones hidrológicas de avenidas. En este trabajo se ha utilizado el HEC-HMS 3.5 (HEC, 2010), versión que ya incluye la posibilidad de simular el proceso lluvia-escorrentía en tiempo continuo.

Los componentes del modelo funcionan basados en relaciones matemáticas simples que tratan de representar los procesos que intervienen en la generación y circulación de los hidrogramas de escorrentía. Son los siguientes:

- A) Modelos de cuenca: Condiciones de contorno
- B) Modelos meteorológicos: Datos de entrada
- C) Especificaciones de control: Periodo de tiempo en que se realiza la simulación e intervalo de tiempo a utilizar.
- D) Datos de entrada: Condiciones de contorno referentes a parámetros de cuenca y modelo meteorológico.

A) Modelo de cuenca

Para la simulación, se han tenido en cuenta un número mayor de subcuencas que para el caudal punta calculado por el Método Racional Modificado de Témez, con el fin de obtener el valor de los caudales circulantes distribuidos espacial y temporalmente en toda el área de la cuenca.

En este apartado se lleva a cabo una descripción de los elementos hidrológicos y el método de cálculo para las subcuencas y tramos establecidos, los cuales hacen referencia a la red hídrica. Además se describen las condiciones de contorno del modelo a partir de los parámetros de cuenca que se han calculado previamente.

En este caso, el modelo se ha compuesto de subcuencas, tramos, puntos de unión entre 2 cauces, y un sumidero que indica el punto de drenaje final de la cuenca.

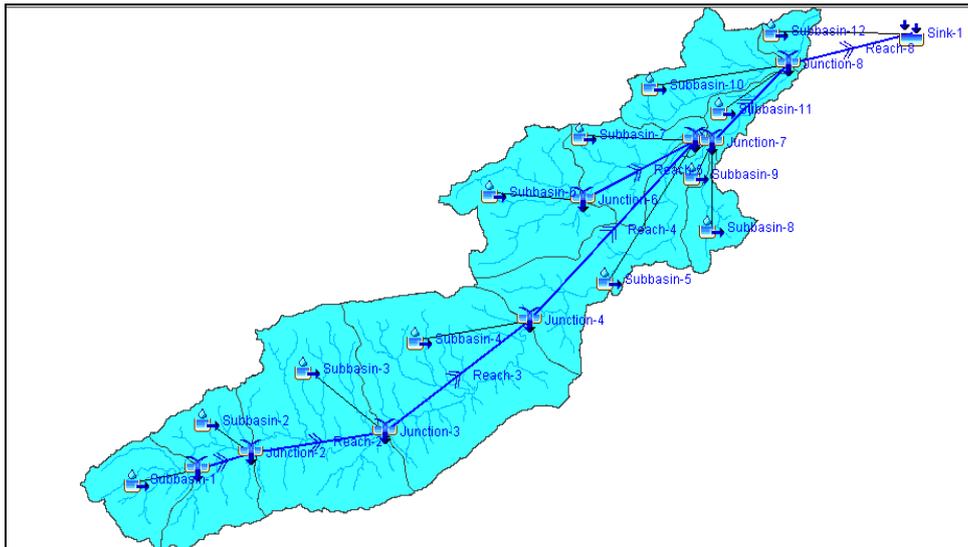


Figura 18. Esquema del modelo de cuenca en HEC-HMS.

Caracterización de las subcuencas

El tipo de modelo seleccionado para el cálculo del transporte de la descarga en las subcuencas ha sido el de “Pérdidas” (Losses), y el método ha sido “Número de Curva (CN) SCS, en el cual se define una abstracción inicial (P_o), el número de curva, y el porcentaje de superficie impermeable que presenta cada una de ellas. El cálculo del Número de Curva (CN) se ha efectuado a través de la relación que tiene este con el umbral de escorrentía, y se muestran en la tabla 28.

$$CN = \frac{5080}{P_o + 50,8}$$

Los parámetros de transformación SCS lluvia-caudal vienen determinados por el tiempo de concentración y el tiempo de retardo. En el análisis de hidrogramas de escurrimiento, el retardo es el tiempo medido desde el centro de masa de la lluvia efectiva hasta el caudal máximo del hidrograma de escurrimiento. El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, con base en el estudio de muchos eventos de lluvia para un amplio rango de condiciones en cuencas hidrográficas, recomienda la siguiente relación empírica para calcular el tiempo de retardo en función del tiempo de concentración:

$$T_{lag} = T_c * 0,6$$

En la tabla 28 se pueden observar las características de las subcuencas demandadas por el modelo.

Tabla 28. Características de las subcuencas. (A:Área, NC: Número de Curva, L:Longitud del cauce, A.Imp: Área Impermeable, Hmax: Altura Máxima, Hmin: Altura Mínima, Sm:Pendiente media, Tc: Tiempo de concentración, Tlag:Tiempo de retardo).

Subcuenca	A	Po	CN	A.Imp	Hmax	Hmin	L	Sm	Tc	Tlag
	(km ²)	(mm)		%	(m)	(m)		(km)	m/m	(h)
1	4,1	18,9	72,9	1,2	707,0	405,0	3,5	0,086	1,24	44,6
2	3,3	23,0	68,8	2,1	833,0	353,0	3,6	0,134	1,16	41,9
3	4,7	23,5	68,4	2,2	698,0	263,0	5,3	0,082	1,72	62,0
4	10,6	22,9	68,9	1,3	694,0	190,0	6,8	0,074	2,11	76,0
5	12,1	35,3	59,0	0,2	505,0	66,0	7,9	0,056	2,50	89,9
6	6,6	32,8	60,8	0,7	477,0	127,0	3,9	0,090	1,33	47,7
7	6,3	55,4	47,8	3,5	302,0	66,0	3,5	0,068	1,28	46,1
8	0,5	53,7	48,6	5,7	242,0	64,0	6,3	0,028	2,41	86,7
9	1,9	62,2	45,0	0,0	104,0	64,0	1,1	0,036	0,62	22,2
10	3,6	54,5	48,2	3,2	437,0	31,0	4,0	0,103	1,31	47,3
11	1,4	53,1	48,9	0,0	78,0	31,0	2,9	0,016	1,48	53,2
12	1,0	58,9	46,3	10,8	121,0	17,0	2,1	0,050	0,93	33,6

Caracterización tramos

De acuerdo con el avance de la red hídrica en su curso aguas abajo, los parámetros físicos de ésta van variando, dependiendo de diversos factores como pendiente, vegetación, material involucrado...factores que producen cambios en el comportamiento en el transporte del caudal a través del cauce. Por este motivo, se realizó una clasificación de los cauces en la que se definieron zonas aproximadamente homogéneas en cuanto a morfología, vegetación y composición del lecho, dando lugar a 8 tramos. Se recogió información de campo, donde se obtuvieron todas las características necesarias para el análisis de dichos tramos.

Cada tramo está compuesto de una sección representativa, con una geometría caracterizada partir de la metodología de los 8 puntos, en la que se determinaron 8 estaciones para cada sección con su correspondiente elevación, para después introducirlas en el HEC-HMS generando un gráfico como el que se muestra en la figura 19.

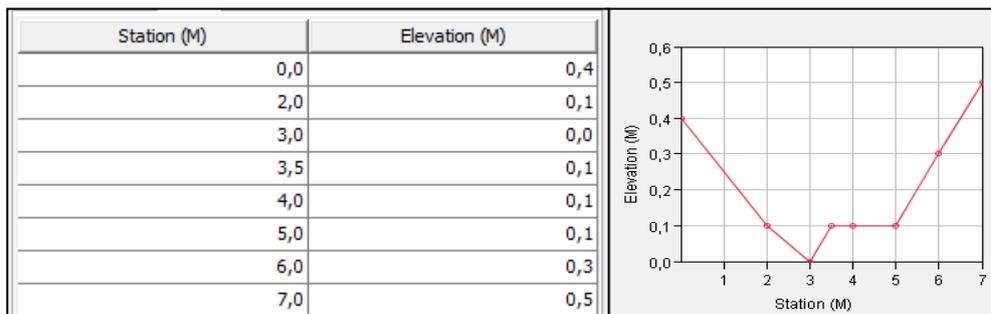


Figura 19. Geometría de la sección en el tramo 1.

Por otro lado, se realizó una descripción física de los tramos con el fin de aportar al modelo las condiciones de contorno adecuadas:

- Tramo 1 Cauce de montaña, con fondo de cantos rodados y algunas rocas; presentando bancas algo erodadas. Es un cauce con variaciones ocasionales en la sección y compuesto por material obstructivo como bolos y árboles. La vegetación existente es densa y presenta una sinuosidad pequeña.
- Tramo 2 Fondo de canto rodado, grava y algunas rocas. Definido por cambios frecuentes en la forma de la sección recta y con cajones rugosos, presentando pocas obstrucciones en cauce y compuesto por una modesta vegetación. La sinuosidad es pequeña.
- Tramo 3 Cauce en planicie compuesto de tramos sucios, con pastos y poco profundos. Definido por cambios frecuentes en la forma de la sección recta y con cajones rugosas, y presentando pocas obstrucciones en cauce, y muy poca vegetación. La sinuosidad es pequeña.
- Tramo 4 Cauce natural menor, compuesto de tramos sucios, con pastos y poco profundos; presentando bancas algo erodadas. Tiene variaciones ocasionales en la sección y cuenta con un número pequeño de obstrucciones en su curso. Compuesto por bastante vegetación y una sinuosidad pequeña.
- Tramo 5 Cauce natural menor, con piedras, bolos y pequeños arbustos. Contiene pozos profundos y con alguna falla. Tiene bancas algo erodadas y cambios frecuentes en la sección recta. Se compone

de un estado medio en cuanto a la vegetación y la sinuosidad es pequeña.

Tramo 6 Es un cauce con grava, canto rodado y algunas rocas. Con bancas muy irregulares, son cambios graduales en la sección y algunas obstrucciones de tipo bolos. Contiene mucha vegetación y tiene una sinuosidad pequeña.

Tramo 7 Es un cauce con grava, canto rodado y algunas rocas, con lecho y bancas rugosas. Lo cambios en la sección recta son ocasionales y presenta pocas obstrucciones. Contiene mucha vegetación y sinuosidad pequeña.

Tramo 8 Es un cauce con grava, canto rodado y algunas rocas. Con bancas algo erodadas y cambios ocasionales en la forma de la sección recta. Cuenta con muy pocas obstrucciones y poca vegetación en cauce.

Ya que la rugosidad del cauce varía tanto en el propio canal como en la llanura de inundación a largo de la cuenca, se establecieron números de Manning para cada tramo tanto en el lecho central como en los cajones. Este valor se asignó de acuerdo con la metodología de Cowan (Chow, 1994), en la que dichos valores viene tabulados de acuerdo con las condiciones del cauce.

$$n_t = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * n_5$$

Donde:

n_0 : valor básico de “n” para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados.

n_1 : valor que debe agregarse al n_0 para corregir el efecto de las rugosidades superficiales.

n_2 : valor para considerar las variaciones en la forma y tamaño de la sección transversal del canal.

n_3 : valor para considerar las obstrucciones.

n_4 : valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo.

n_5 : factor de corrección de los efectos por meandros en el canal.

Tabla 29. Método de cálculo del número de Manning.

Efecto	Factor	Condición	Valor	Comentario	Tipo de cauce y descripción	Valor de n		
						Mínimo	Normal	Máximo
Irregularidad en la sección recta	n.	Suave	0	Canal muy liso	D. Cauces naturales menores (ancho superior a nivel de crecida menor que 30 m)			
		Pequeña	0.001 - 0.005	Bancas algo erosionadas				
		Moderada	0.006 - 0.010	Lecho y bancas rugosas				
Variaciones en el cauce	n.	Fuerte	0.011 - 0.020	Bancas muy irregulares	D1) Cauces en planicie			
		Gradual	0	Cambios graduales	1) Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
		Alternado ocasionalmente	0.001 - 0.005	Cambios ocasionales de secciones pequeñas a grandes	2) Igual que arriba pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
Obstrucciones	n.	Alternando frecuentemente	0.010 - 0.015	Cambios frecuentes en la forma de la sección recta	3) Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033	0.040	0.045
		Despreciables	0 - 0.004	Obstrucción menor que el 5% de la sección recta	4) Igual que arriba pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.050
		Pocas	0.005 - 0.015	Obstrucción entre el 5% y el 15% de la sección recta	5) Igual que arriba, niveles más bajos, pendiente y secciones más inefectivas	0.040	0.048	0.055
		Algunas	0.020 - 0.030	Obstrucción entre el 15% y el 50% de la sección	6) Igual que 4, pero más piedras	0.045	0.050	0.060
Vegetación	n.	Muchas	0.040 - 0.060	Obstrucción mayor que el 50%	7) Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
		Foca	0.002 - 0.010	Profundidad del flujo mayor que 2 veces la altura de la vegetación	8) Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera o arbustos bajos	0.075	0.100	0.150
		Mucha	0.010 - 0.025	Profundidad del flujo mayor que la altura de vegetación	D2) Cauces de montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas y sumergidos para niveles altos			
Simosidad	n.	Bastante	0.025 - 0.050	Profundidad del flujo menor que la altura de vegetación	1) Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
		Excesiva	0.050 - 0.100	Profundidad del flujo menor que 0.5 la altura de la vegetación	2) Fondo: canto rodado y algunas rocas	0.040	0.050	0.070
		Pequeña	1.00	Simosidad < 1.2	E) Cauces con planicie crecida			
Simosidad	n.	Media	1.15	1.2 < simosidad < 1.5	1) Pastos, sin arbustos			
		Fuerte	1.30	Simosidad > 1.5	- Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
					- Pastos altos	0.030	0.035	0.050
Simosidad	n.				2) Áreas cultivadas			
					- Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
					- Cultivos maduros alineados	0.025	0.035	0.045
Simosidad	n.				- Campo de cultivos maduros	0.030	0.040	0.050
					3) Arbustos			
					- Arbustos escasos, muchos pastos	0.035	0.050	0.070
Simosidad	n.				- Pequeños arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
					- Pequeños arbustos y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
					- Arbustos medianos a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
Simosidad	n.				- Arbustos medianos a densos, en verano	0.070	0.100	0.160

A partir de la relación entre la descripción de los tramos y la tabla 29, se obtuvieron los siguientes números de Manning:

Tabla 30. Números de Manning para cada tramo.

TRAMO	n ₀	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n _t	Cajones
1	0.07	0.005	0.004	0.03	0.04	1	0.15	0.1
2	0.05	0.01	0.005	0.01	0.025	1	0.10	0.15
3	0.045	0.01	0.007	0.02	0.01	1	0.09	0.15
4	0.07	0.005	0.004	0.015	0.05	1	0.14	0.01
5	0.035	0.005	0.01	0.005	0.025	1	0.08	0.1
6	0.03	0.01	0	0.002	0.01	1	0.05	0.07
7	0.025	0.006	0.005	0.005	0.01	1	0.05	0.08
8	0.03	0.003	0.001	0.002	0.005	1	0.04	0.08

Tabla 31. Caracterización de los tramos.

Tramo	Long	Long valle	Sinuosidad	Hmax	Hmin	Sm	Ancho	Manning
	(km)	(Km)		(m)	(m)	(m/m)	(m)	
1	1.86	1.85	1.00	405	353	0.03	7.00	0.15
2	4.26	3.69	1.15	353	263	0.02	12.00	0.10
3	4.87	4.82	1.01	263	190	0.01	25.00	0.09
4	7.59	6.70	1.13	190	66	0.02	10.00	0.14
5	3.57	3.32	1.08	127	66	0.02	5.00	0.08
6	0.26	0.26	1.00	66	64	0.01	20.00	0.05
7	2.88	2.80	1.03	64	31	0.01	8.00	0.05
8	1.46	1.40	1.04	31	17	0.01	20.00	0.04

Para estimar la propagación del caudal de avenida a través los tramos descritos anteriormente, se seleccionó el método Muskingum-Cunge, que es una derivación del método Muskingum. Éste último es un método hidrológico que asume una relación lineal entre el volumen almacenado en el tramo y los caudales entrantes y salientes en base a dos parámetros, K y X , donde K es el tiempo de viaje de la onda lo largo del tramo y X es un parámetro adimensional que varía entre 0 y 0,5. Este será 0 para indicar que el volumen almacenado es únicamente función del caudal de salida produciéndose el máximo efecto de atenuación, mientras que con un valor de 0,5 se produce una simple translación de la onda sin ninguna variación en la punta.

Se calcula el almacenamiento en el cauce mediante una serie de 'recipientes' con forma de prismas y cuñas. La parte correspondiente al prisma del almacenamiento en cauce es un volumen de forma regular en el cual el caudal entrante (afluente) y el caudal saliente (efluente) son iguales para un tramo en particular.

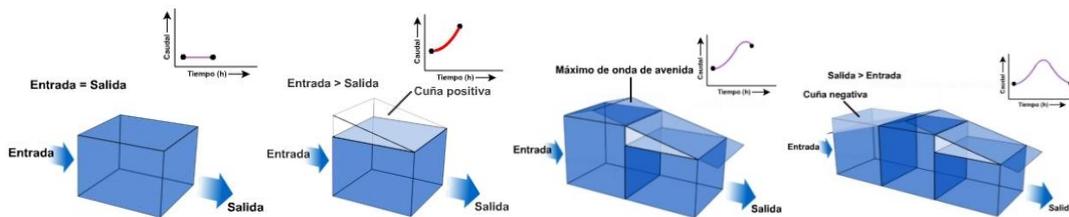


Figura 20. Esquema de transporte de agua en un canal por el método Muskingum.

El almacenamiento en cuña representa el almacenamiento positivo o negativo que ocurre durante el paso de la onda de avenida. Un tramo tiene un almacenamiento en cuña mayor (o "positivo") porque se halla en la curva ascendente del hidrograma. El tramo aguas arriba contiene el pico de la onda de avenida. En el lado descendente de la onda de avenida, el almacenamiento en cuña decrece, tal como muestra el almacenamiento en cuña negativo. El caudal saliente es mayor que el caudal entrante.

Cunge, comparando las expresiones de Muskingum con el método hidrodinámico de las diferencias finitas, permite aplicar el método teniendo como único parámetro la celeridad de la onda, que corresponde a la relación:

$$K = \frac{L}{C}$$

Donde:

L= Longitud del tramo

C=Celeridad de la onda

$$X = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{Q}{(B * S_o * C * \Delta x)} \right)$$

Donde:

Ax=longitud del tramo en la discretización efectuada

C=celeridad de la onda de avenida

So=Pendiente del lecho (m/m)

Q=Caudal del tramo

B=Ancho de sección

De esta manera se considera la dependencia de los parámetros K y X específicamente respecto del caudal de entrada, permitiendo considerar la variación de los parámetros a lo largo de la crecida, únicamente respecto de la celeridad de la onda. Por tanto, el HEC-HMS realiza el cálculo de la propagación del caudal en los tramos en base a las características físicas de éstos.

B) Componentes del Modelo Meteorológico

La entrada meteorológica del sistema es el hietograma o tormenta de diseño, a partir de la cual, según la relación con los diferentes componentes del modelo, producirá un caudal de salida en cada punto de control. Por ello, se seleccionó el método del Hietograma Especificado, donde se asigna un hietograma determinando a cada subcuenca. En el presente estudio, al tratarse de una cuenca de pequeñas dimensiones se ha generalizado la precipitación a todo el área de la cuenca, suponiendo que la descarga es la misma en toda la superficie.

Para ello se ha empleado el método de los bloques alternos, mediante el cual se ha elaborado a partir de los datos de Precipitación Máxima Promedio Areal, calculada anteriormente. Se basa en la transformación del evento extremo de precipitación máxima diaria en intensidad, de tal manera que para cada intervalo de tiempo dentro de las 24 horas, corresponde una intensidad. Posteriormente, esta se distribuye como una función normal en los diferentes intervalos de tiempo de tal forma que la mayor intensidad ocupa la posición central del aguacero respecto del tiempo.

En este caso se ha optado por tomado el intervalo de una hora como unidad de distribución.

Tabla 32. Precipitación Diaria Máxima Promedio Areal Corregida.

T	10	25	50	100
P(d)t	186,08	237,51	280,20	325,98
Pdmaprom. areal	164,40	209,83	247,54	287,99

Se empleará la intensidad de lluvia en 24 horas calculada anteriormente mediante la expresión:

$$i(tc)_T = \frac{P(d)_T^{corr}}{24} \alpha \frac{28^{0,1} - tc^{0,1}}{28^{0,1} - 1}$$

A continuación se muestran los hietogramas de diseño, numérica y gráficamente, con los que se llevó a cabo la simulación.

Tabla 33. Hietograma de diseño en bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 10 años.

T=10 años			PdMAareal (mm)	164,40	
t (h)	I (mm/h)	P (mm)	ΔP (mm)	Alterna	I (mm)
1	77,40	77,40	77,40	1,34	1,34
2	49,85	99,69	22,29	1,52	1,52
3	37,98	113,93	14,24	1,74	1,74
4	31,10	124,41	10,47	2,01	2,01
5	26,53	132,66	8,25	2,35	2,35
6	23,24	139,43	6,77	2,80	2,80
7	20,74	145,15	5,72	3,42	3,42
8	18,76	150,08	4,93	4,31	4,31
9	17,15	154,39	4,31	5,72	5,72
10	15,82	158,22	3,82	8,25	8,25
11	14,69	161,64	3,42	14,24	14,24
12	13,73	164,72	3,08	77,40	77,40
13	12,89	167,52	2,80	22,29	22,29
14	12,15	170,08	2,56	10,47	10,47
15	11,50	172,43	2,35	6,77	6,77
16	10,91	174,60	2,17	4,93	4,93
17	10,39	176,61	2,01	3,82	3,82
18	9,92	178,47	1,86	3,08	3,08
19	9,48	180,21	1,74	2,56	2,56
20	9,09	181,83	1,62	2,17	2,17
21	8,73	183,35	1,52	1,86	1,86
22	8,40	184,78	1,43	1,62	1,62
23	8,09	186,12	1,34	1,43	1,43
24	7,81	187,39	1,27	1,27	1,27

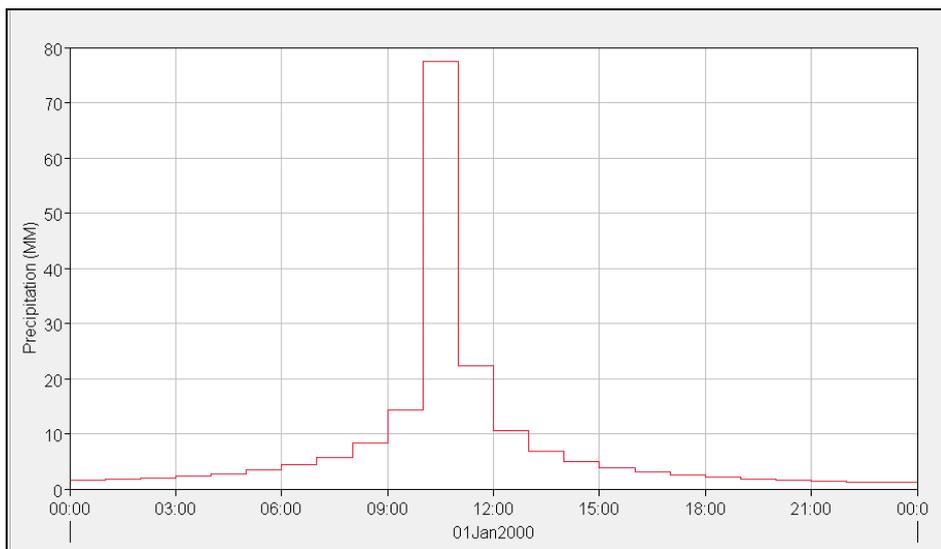


Figura 21. Representación gráfica del hietograma de bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 10 años.

Tabla 33. Hietograma de diseño en bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 25 años.

T=25 años			PdMAareal (mm)	209,83	
t (h)	I (mm/h)	P (mm)	Pincre (mm)	Alterna	I (mm)
1	98,80	98,80	98,80	1,71	1,71
2	63,62	127,25	28,45	1,94	1,94
3	48,47	145,42	18,18	2,22	2,22
4	39,70	158,79	13,37	2,56	2,56
5	33,86	169,32	10,53	3,00	3,00
6	29,66	177,97	8,65	3,58	3,58
7	26,47	185,27	7,30	4,37	4,37
8	23,95	191,56	6,29	5,51	5,51
9	21,90	197,07	5,51	7,30	7,30
10	20,19	201,95	4,88	10,53	10,53
11	18,76	206,31	4,37	18,18	18,18
12	17,52	210,25	3,94	98,80	98,80
13	16,45	213,83	3,58	28,45	28,45
14	15,51	217,09	3,27	13,37	13,37
15	14,67	220,09	3,00	8,65	8,65
16	13,93	222,86	2,77	6,29	6,29
17	13,26	225,42	2,56	4,88	4,88
18	12,66	227,80	2,38	3,94	3,94
19	12,11	230,02	2,22	3,27	3,27
20	11,60	232,09	2,07	2,77	2,77
21	11,14	234,03	1,94	2,38	2,38
22	10,72	235,85	1,82	2,07	2,07
23	10,33	237,56	1,71	1,82	1,82
24	9,97	239,18	1,62	1,62	1,62

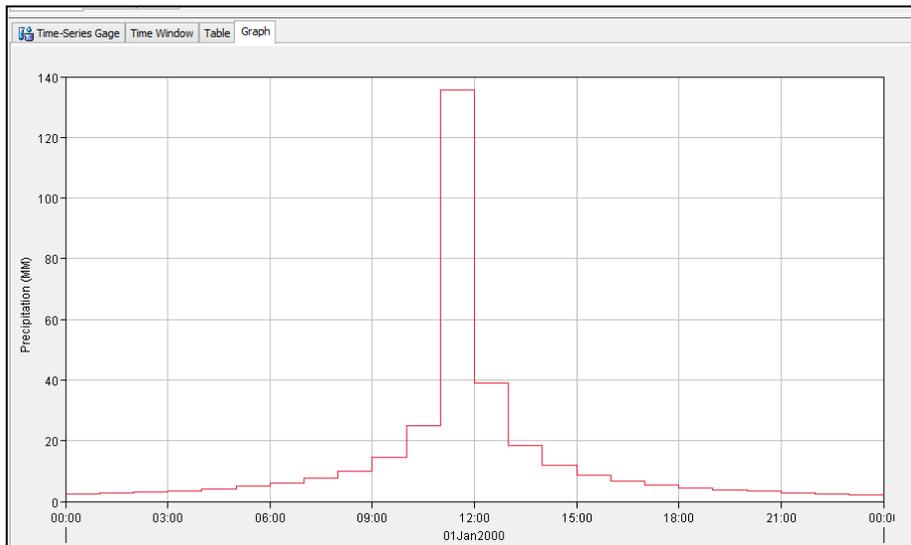


Figura 22. Representación gráfica del hietograma de bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 10 años.

Tabla 34. Hietograma de diseño en bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 50 años.

T=50 años			PdMAareal (mm)	247,54	
t (h)	I (mm/h)	P (mm)	Pincre (mm)	Alternativa	I (mm)
1	116,55	116,55	116,55	2,02	2,02
2	75,06	150,11	33,56	2,29	2,29
3	57,19	171,56	21,44	2,62	2,62
4	46,83	187,33	15,77	3,02	3,02
5	39,95	199,75	12,42	3,54	3,54
6	34,99	209,95	10,20	4,22	4,22
7	31,22	218,56	8,61	5,15	5,15
8	28,25	225,99	7,42	6,50	6,50
9	25,83	232,48	6,50	8,61	8,61
10	23,82	238,24	5,76	12,42	12,42
11	22,13	243,39	5,15	21,44	21,44
12	20,67	248,03	4,65	116,55	116,55
13	19,40	252,25	4,22	33,56	33,56
14	18,29	256,11	3,85	15,77	15,77
15	17,31	259,64	3,54	10,20	10,20
16	16,43	262,91	3,26	7,42	7,42
17	15,64	265,93	3,02	5,76	5,76
18	14,93	268,74	2,81	4,65	4,65
19	14,28	271,35	2,62	3,85	3,85
20	13,69	273,79	2,44	3,26	3,26
21	13,15	276,08	2,29	2,81	2,81
22	12,65	278,23	2,15	2,44	2,44
23	12,18	280,25	2,02	2,15	2,15
24	11,76	282,16	1,91	1,91	1,91

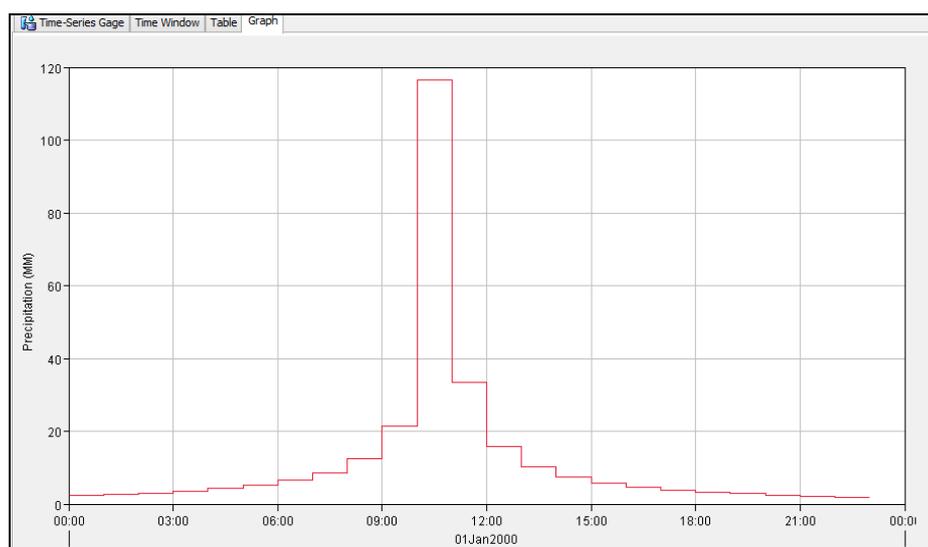


Figura 23. Representación gráfica del hietograma de bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 10 años.

Tabla 35. Hietograma de diseño en bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 100 años.

T=100 años			PdMAareal (mm)	287,99	
t (h)	I (mm/h)	P (mm)	Pincre (mm)	Alterna	I (mm)
1	135,59	135,59	135,59	2,35	2,35
2	87,32	174,64	39,05	2,66	2,66
3	66,53	199,59	24,95	3,04	3,04
4	54,48	217,93	18,35	3,51	3,51
5	46,48	232,39	14,45	4,12	4,12
6	40,71	244,25	11,87	4,91	4,91
7	36,32	254,27	10,02	5,99	5,99
8	32,86	262,91	8,64	7,56	7,56
9	30,05	270,47	7,56	10,02	10,02
10	27,72	277,16	6,70	14,45	14,45
11	25,74	283,15	5,99	24,95	24,95
12	24,05	288,56	5,40	135,59	135,59
13	22,57	293,47	4,91	39,05	39,05
14	21,28	297,95	4,48	18,35	18,35
15	20,14	302,07	4,12	11,87	11,87
16	19,12	305,86	3,80	8,64	8,64
17	18,20	309,38	3,51	6,70	6,70
18	17,37	312,64	3,27	5,40	5,40
19	16,62	315,69	3,04	4,48	4,48
20	15,93	318,53	2,84	3,80	3,80
21	15,29	321,19	2,66	3,27	3,27
22	14,71	323,69	2,50	2,84	2,84
23	14,18	326,04	2,35	2,50	2,50
24	13,68	328,26	2,22	2,22	2,22

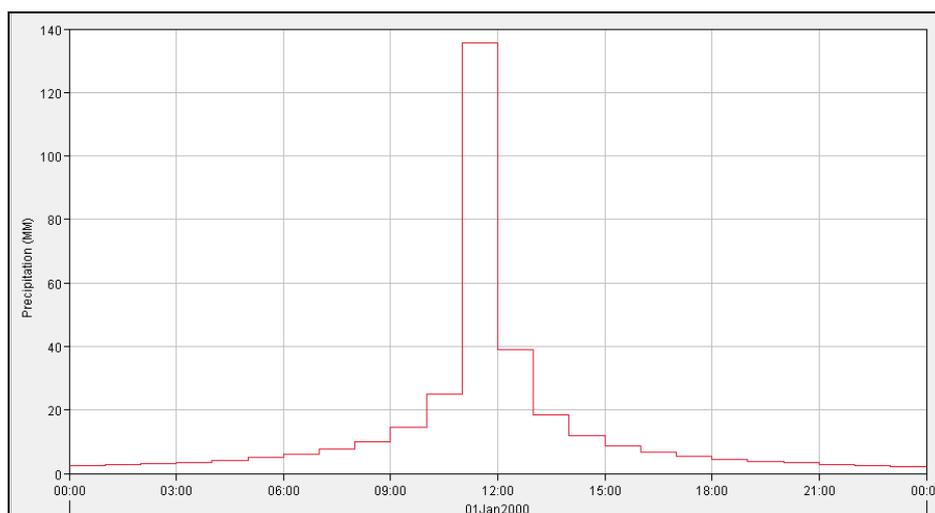


Figura 24. Representación gráfica del hietograma de bloques alternos para 24 horas y periodo de retorno de 100 años.

C) Componentes de las Especificaciones de Control

Las especificaciones de control se refieren al tiempo de duración de la simulación, incluyendo tanto fecha y hora de comienzo y fin del proyecto, como el intervalo de cálculo.

En este caso, se ha deseado obtener resultados distribuidos en intervalos de tiempo de 1 minuto y durante un periodo de 48 horas, entre los días 1 y 2 de Enero entre las 00:00 y las 23:59, respectivamente.

Resultados de la simulación

Los resultados globales del programa (Anexo II), ofrecen las descargas punta en cada elemento de control asociado a un tiempo determinado. Por tanto, hay que tener en cuenta en el análisis el desfase temporal entre dos subcuencas que drenan a un mismo punto, es decir, el caudal en un punto de drenaje en el que confluyen dos o más caudales debe estar asociado a un determinado instante.

En el modelo de cuenca, las subcuencas descargan directamente en los elementos “unión”, donde también descargan los tramos. En el caso de la UH II y UH III, todos los elementos descargan en un mismo elemento “unión”(discontinua amarilla) como se ve en la figura 25, el tramo 5 (Reach 5) y Subcuenca 7 (Subbasin 7) pertenecen a las UH II, así como el tramo 4 (Reach 4) y subcuenca 5 (Subbasin 5) corresponden a la subcuenca 5.

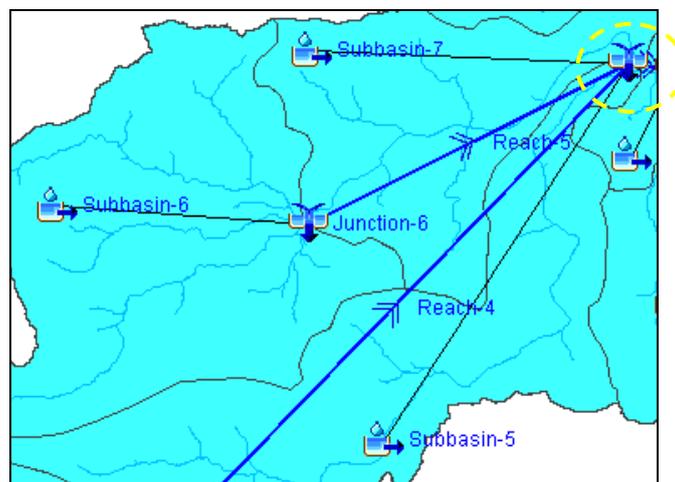


Figura 25. Punto de drenaje común de las Unidades Hidrológicas II y III.

Ya que en la simulación los caudales punta de los elementos vienen distribuidos temporalmente por minutos, para determinar el caudal de descarga de cada Unidad Hidrológica se tuvo en cuenta el instante en que el tramo descarga el caudal punta, y en base a este instante se tomó el caudal de la subcuenca aportante, resultando la suma de ambos el caudal punta de la Unidad Hidrológica en el punto de drenaje. El criterio correspondiente a que el tramo sea prioritario ante la subcuenca es esencialmente porque la aportación de éste es mucho mayor que la de la subcuenca.

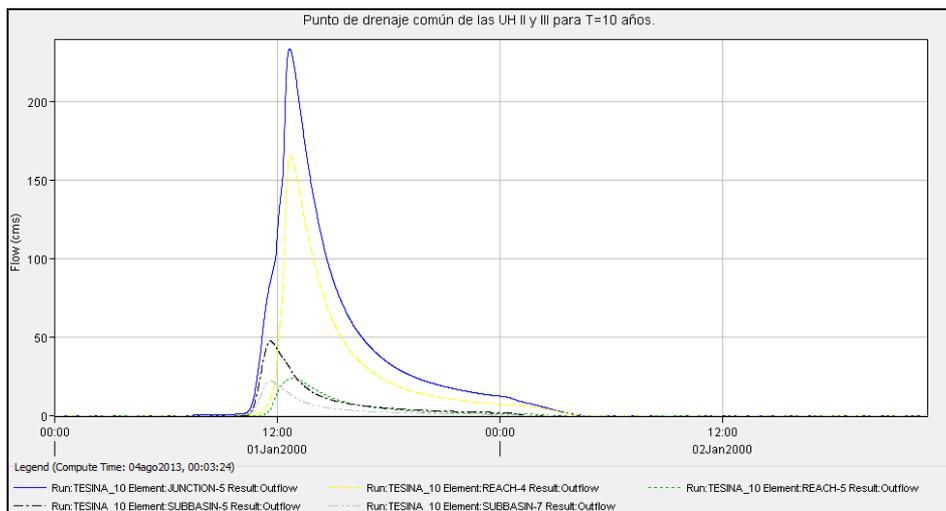


Figura 26. Aportaciones en el Punto de drenaje común de las UH II y III.

La figura 26, representa el pico de descarga en el punto de drenaje de las Unidades Hidrológicas II y III (Junction-5), demostrándose la contribución de cada elemento y su distribución temporal. Se puede observar que la mayor aportación la produjo el tramo 4(Reach-4), perteneciente a la UH III.

En la tabla 36 se pueden observar los resultados de la simulación para cada Unidad Hidrológica asociados a los periodos de retorno considerados y las aportaciones relativas que cada una representa en el sistema.

Tabla 36. Resultados de la simulación del caudal punta con HEC-HMS y porcentaje de aportación de cada una de las subcuencas al sistema.

U.H	Qp (m ³ /s)								
	S (Km ²)	T10		T25		T50		T100	
		Q	% Apo						
I	8,9	19,2	7,6%	37,1	8,8%	53,2	9,5%	74,4	10,1%
II	9,9	36,9	14,6%	65,9	15,7%	99,1	17,6%	122,4	16,6%
III	37,3	213,1	84,2%	314,0	74,7%	412,3	73,4%	530,6	72,1%
Cuenca	56,0	253,0		420,4		561,6		736,1	

La Unidad Hidrológica III es la que aporta mayor caudal a la cuenca, ya que tiene mayor superficie y parámetros de relieve más acusados. Por ello, se analizó la distribución del flujo de escorrentía específicamente en esta UH para un periodo de retorno de 50 años.

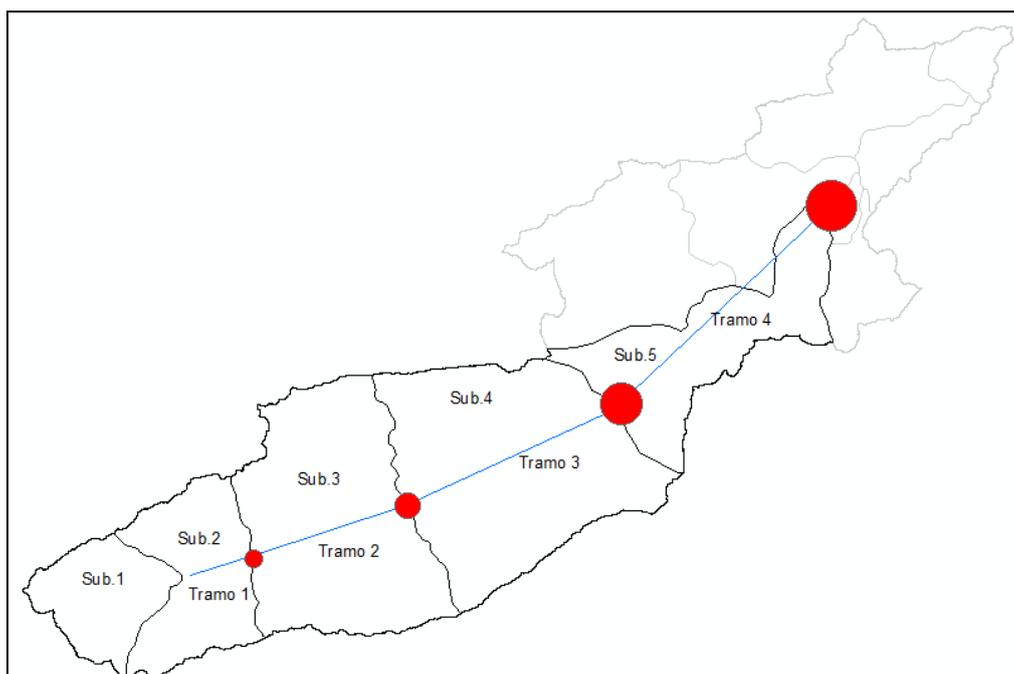


Figura 27. Puntos de control o drenaje para cada subcuenca.

Las subcuencas 4 y 5 representan una escorrentía mucho mayor que las demás. En particular la subcuenca 4, aun teniendo menos superficie de drenaje que la Sub.5, presenta mayor escorrentía, dado que tanto el umbral escorrentía (Po) como la pendiente media, son menores como se puede observar en la tabla 38.

Tabla 37. Aportaciones de las subcuencas al punto de drenaje de la UH III.

Subcuenca	Aportación (m ³ /s)	%
1	70,5	21,1%
2	56,8	17,0%
3	69,1	20,7%
4	139,9	41,9%
5	124,9	37,5%

Tabla 38. Características de las subcuencas que constituyen la UH III.

Sub	A	P _o	NC	A.Imp	Hmax	Hmin	L	Sm	Tc	Tlag
	(km ²)	(mm)		%	(m)	(m)	(km)	m/m	(h)	(min)
1	4,1	18,9	72,9	1,2	707,0	405,0	3,5	0,086	1,24	44,6
2	3,3	23,0	68,8	2,1	833,0	353,0	3,6	0,134	1,16	41,9
3	4,7	23,5	68,4	2,2	698,0	263,0	5,3	0,082	1,72	62,0
4	10,6	22,9	68,9	1,3	694,0	190,0	6,8	0,074	2,11	76,0
5	12,1	35,3	59,0	0,2	505,0	66,0	7,9	0,056	2,50	89,9

Tabla 39. Caudal circulante en los tramos de la UH III.

Tramo	Q circulante (m ³ /s)	% UH III
1	70,4	21%
2	125,4	38%
3	193,7	58%
4	331,5	100%

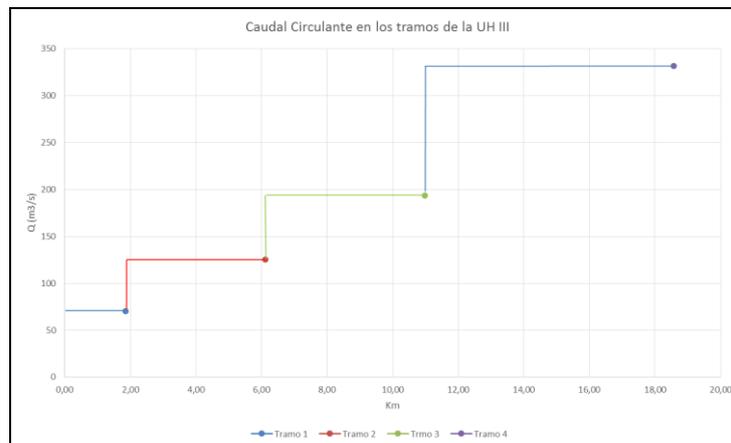


Figura 28. Caudal acumulado hasta el punto de drenaje de la subcuenca 5.

5.5. Comparación de resultados de los caudales obtenidos por el Método Racional Modificado de Témez y la simulación mediante HMS.

Tabla 40. Resultados de los caudales punta obtenidos para los periodos de retorno considerados, en los dos métodos.

Caudal Punta (m ³ /s)								
U.H	T10		T25		T50		T100	
	TÉMEZ	HMS	TÉMEZ	HMS	TÉMEZ	HMS	TÉMEZ	HMS
I	31,1	19,2	50,4	37,1	68,2	53,2	88,6	74,4
II	49,1	68,8	76,1	65,9	100,4	99,1	127,8	122,4
III	193,1	213,1	282,8	314,0	360,9	412,3	447,0	530,6
TOTAL	234,8	253,0	348,9	420,4	449,0	561,6	560,0	736,1

En la tabla 40 se puede comparar los caudales obtenidos por ambos métodos. Se observa que para el periodo de retorno de 10 años, los caudales son bastante similares, pero aumenta la disparidad a medida que disminuye la probabilidad de ocurrencia.

En ambos casos, la Unidad Hidrológica que aporta mayor caudal a la cuenca es la UH III, ya que además de ser la que mayor área ocupa, tiene peores condiciones en cuanto a las características hidrológicas del suelo y falta de cobertura. Además presenta una orografía bastante compleja, de fuertes pendientes. Estos factores propician que el flujo de escorrentía tenga tanta importancia en la cabecera y parte media de la cuenca, provocando además de volúmenes altos de descarga una alta vulnerabilidad ante los procesos erosivos.

6. PÉRDIDA DE SUELO

6.1. Introducción

La erosión hídrica en la Rambla Vall de Gallinera toma mucha importancia, ya que al ser una cuenca mediterránea torrencial, la cual reúne las condiciones meteorológicas y físicas para que la ocurrencia de los procesos de pérdida de suelo, motivados por la escorrentía, sean altamente significativos. Con el objetivo identificar las zonas más vulnerables y cuantificar su pérdida anual de suelo, se ha realizado un cálculo aproximado a través de la ecuación de la USLE. Este valor es útil a la hora tomar decisiones acerca del desarrollo de ciertas actividades en una zona determinada, como pueden ser cambios de uso del suelo o planes de manejo del territorio.

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 (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).

6.2. Aplicación del Modelo USLE

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

$$A=R*K*LS*C*P$$

Donde:

A Tasa de pérdidas de suelo (t/ha año)

R Índice de erosión pluvial de Wischmeier (J cm/m² hora)

K Factor erosionabilidad del suelo (t m² hora/J cm ha)

LS Factor topográfico (adimensional)

C Factor cultivo (adimensional)

P Factor de prácticas de conservación de suelos agrícolas (adimensional)

La utilización de este modelo ha sido muy generalizada a nivel mundial y en España en numerosos proyectos de Restauración Hidrológico Forestal. De esta manera, la metodología se ha ido manteniendo y las herramientas de cálculo y representación de los factores han ido evolucionando. A continuación se muestra el desarrollo de los componentes de la ecuación para la cuenca de La Vall de Gallinera.

6.2.1. Factor R: Erosividad de Lluvias

Representa la erosividad de las lluvias. Es la suma de los valores promedio anual (EI) en un año normal de lluvia. El índice de erosión es una medida de la fuerza erosiva de la lluvia para una lluvia determinada. Cuando los otros factores son constantes, las pérdidas debidas a la lluvia son directamente proporcionales al producto de la energía cinética total de la tormenta (E) por la máxima intensidad de lluvia con 30 minutos de duración (I). Las tormentas de menos de 12.5 mm no se incluyen en los cálculos de erosividad ya que estas tormentas generalmente agregan muy poco al valor total de R. El factor R representa la EI de la tormenta promedio y por lo tanto cuanto más largo sea el registro con el que se determina mejor (se considera como mínimo un registro de 8 años). El factor R es una indicación de las características más importantes de la erosividad: la cantidad de lluvia y el pico de intensidad en un período determinado.

En este caso se obtuvo dicho valor a partir del visor SIGA del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, el cual devuelve el valor del factor R un punto de la superficie seleccionada. El valor para cada Unidad Hidrológica se obtuvo a partir del promedio de valores de los puntos representativos de la UH.

Tabla 41. Factor R de las Unidades Hidrológicas

R		
UH I	UH II	UH III
343,81	331,24	277,48
346,55	337,8	280,15
340,83	341,42	285
338,63	345,43	289
341,83		295,69
336		308,05
337,8		313,88
330		324,29
		327,68
		331,83
		336,1
		340
339,43	338,9725	306,286364

6.2.2. Factor K: Erodabilidad

El factor **K** es el factor de erodabilidad del suelo que representa tanto la susceptibilidad del suelo a la erosión como la tasa de escorrentía, medida bajo las condiciones de una parcela estándar unitaria. Los suelos con alto contenido de arcilla tienen bajos valores de K, de cerca de 0.05 a 0.15, por su resistencia al desprendimiento de las partículas de suelo. Suelos con texturas gruesas, como los suelos arenosos, tienen bajos valores de cerca de 0.05 a 0.2, ya que la baja escorrentía, aunque estos suelos son fácilmente erodables. Suelos con texturas medias como los francos, tienen un valor moderado de K, de cerca de 0.25 a 0.4 ya que son moderadamente susceptibles al desprendimiento y producen una escorrentía moderada. Suelos que contienen un alto contenido de limo son los más erodables. Son fácilmente desprendibles, tienden a formar una costra y producir altas tasas de escorrentía. Los valores de K de estos suelos tienden a ser mayores que 0.4.

El factor K fue calculado en base al mapa litológico en formato vectorial, asignando un valor de K de acuerdo con la tabla expuesta en el Anexo de Erosión, la cual relaciona dicho factor con un estrato litológico determinado.

En este caso los valores para cada UH han sido los siguientes:

Tabla 42. Factor K para las Unidades Hidrológicas.

	K
UH I	0,28
UH II	0,29
UH III	0,36

6.2.3. Factor LS: Longitud y Pendiente de Ladera

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.

Existen diversas ecuaciones para el cálculo de este factor dada su complejidad. En el presente estudio se ha considerado la ecuación de Moore and Burch 1986:

$$T = \left(\frac{A}{22,13}\right)^m * \left(\frac{\sin \alpha}{0,0896}\right)^n$$

Donde:

A= área específica obtenida a partir de la relación entre el área de contribución aguas arriba, A, y la unidad de ancho de contorno o curva de nivel.

α =Pendiente en grados

m y n= parámetros variables.

m [0,4-0,6] y n [1-1,4]. Valores bajos de estos parámetros serían susceptibles de utilizarse en zonas en que el flujo es de tipo laminar, con buena cobertura vegetal, y con poca probabilidad de escorrentía concentrada en regueros o surcos. Los valores más altos se emplean en zonas con flujo turbulento, con facilidad de aparición de pequeñas cárcavas y regueros.

El cálculo de este factor se llevó a cabo a través del programa ARCGIS. Partiendo del modelo digital de elevaciones (MDE) y su raster de acumulación de flujo (Flow Accumulation), se llevó a cabo la siguiente sintaxis propuesta por Sims (2005) en la calculadora de mapas, para diferentes zonas de la cuenca:

Power ([Raster_Acc_flujo]*cell/22.13, 0.6) * Power (Sin ([Pte_MDE]*0.01745)/0.0896, 1.3)

Ello dio lugar al siguiente mapa raster de factor LS:

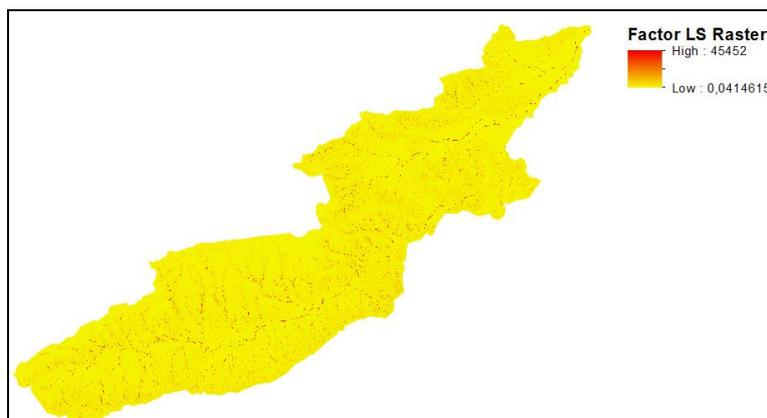


Figura 29. Mapa raster del Factor LS.

Los valores medios de LS para las Unidades Hidrológicas fueron:

Tabla 43. Factor LS para las Unidades Hidrológicas.

UH	LS
I	8,504656
II	14,64026
III	14,83184

6.2.4. Factor C

El factor C de la USLE representa la efectividad de las plantas como cubierta protectora del suelo frente a la energía de impacto de las gotas de lluvia y a la fuerza del flujo superficial. Su valor expresa la relación que existe entre las pérdidas de suelo medias anuales de una parcela con una determinada vegetación y las pérdidas que esa misma parcela tendría en condiciones de barbecho continuado y laboreo según la máxima pendiente.

En ambientes forestales, zonas de pasto o áreas de matorral adquieren gran importancia otros aspectos, como la altura de la copa, fracción de cabida cubierta o las variaciones estacionales en la producción de hojarasca u otro tipo residuo.

Se determinó el factor C para cada uso del suelo, empleando las tablas propuestas por ICONA (1982) y Rubio et.al.(1984).

Tabla 44. Factor C para los diferentes usos del suelo de la cuenca.

Usos del suelo	Factor C
Cultivos anuales y herbáceos (Fcc 12%)	0,25
Pradera buena (Fcc 20%)	0,3
Cultivos arbóreos y viñedos (Fcc 18%)	0,4
Cítricos (25%)	0,3
Arbolado forestal claro (Fcc 60%)	0,03
Matorral ralo y eriales (Fcc 30%)	0,2
Matorral con buena cobertura (Fcc 50%)	0,08
Arbolado forestal denso (Fcc 70-80%)	0,01
Improductivo	1

6.2.5. Factor 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. Por tanto, los valores de P varían con la pendiente del terreno y el tipo de práctica de conservación que se realice.

Para el cálculo de este factor, se ha tenido en cuenta las tablas propuestas por Wischmeier y Smith (1988), la cual se muestra en el ANEXO Erosión. Los valores adoptados para los cultivos han sido de 0,055, ya que la mayor parte de estos, han sido sometidos a prácticas de conservación en forma de bancales y terrazas. Las áreas forestales actuales, han sido afectadas por actividades agrícolas en la antigüedad y en muchos casos se conserva la

influencia de dichos bancales. Por ello, se ha propuesto un valor de 0,2 para las áreas forestales en base a los datos de la tabla de Wischmeier y Smith.

6.2.6. Cálculo de pérdida de suelo

El cálculo ha sido a través del programa ARGIS. En las capas vectoriales, se asignaron los valores expuestos anteriormente cada campo en su tabla de atributos. Tras esta asignación, se convirtieron a "raster", dando lugar a 4 capas referentes a los factores: R, K, C y P.

Por otro lado, el factor LS, ya se encontraba en formato raster. Por tanto, para obtener la pérdida de suelo general de la cuenca se empleó la calculadora de mapas, aplicando la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo (USLE).

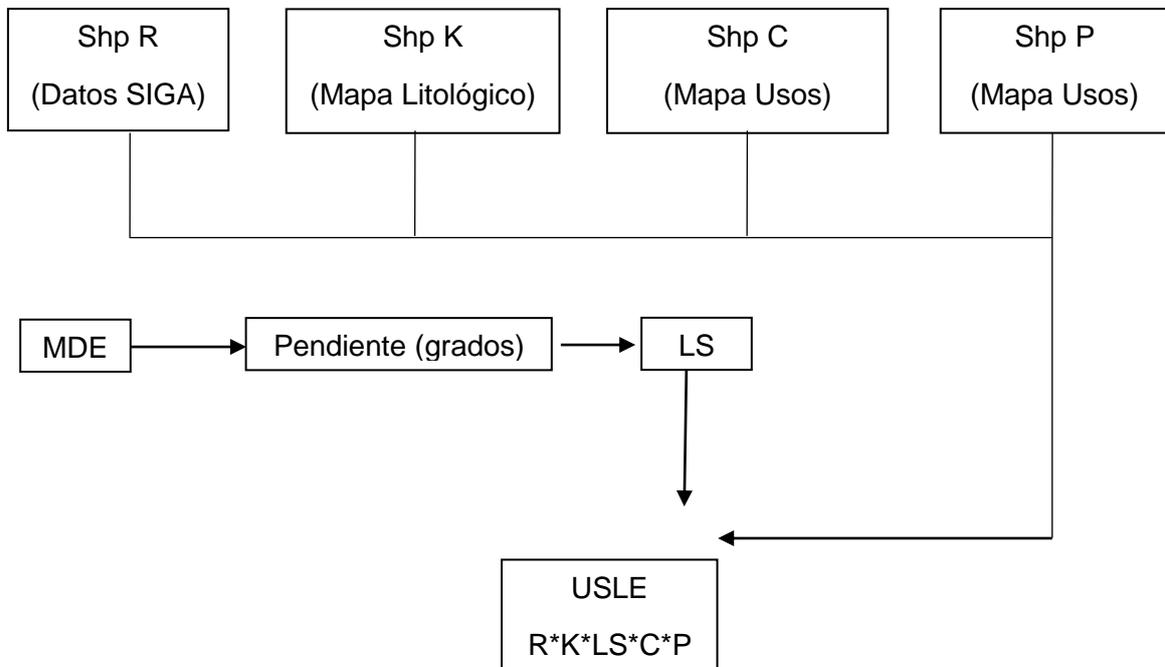


Figura 30. Esquema de cálculo de la USLE en el programa ARGIS.

Se realizó una reclasificación por intervalos de pérdida de suelo propuestos por la FAO, la cual dio el siguiente resultado para toda la superficie de la cuenca:

Tabla 44. Pérdida de suelo en la Rambla La Vall de Gallinera.

Nivel de erosión	(tn/ha/año)	Área (%)
Nula o ligera	<10	26%
Moderada	10-50	23%
Fuerte	50-200	48%
Muy Fuerte	>200	4%

Teniendo en cuenta la pérdida de suelo correspondiente a los usos del suelo en las Unidades Hidrológicas, se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 45. Pérdida de suelo media para los diferentes usos del suelo.

	Pérdida de suelo Tn/ha/año							
	Pradera pobre	Eriales	Olivares	Cítricos	Matorral denso	Masa Forestal Clara	Masa Forestal Media	Masa Forestal Espesa
UH I	-	-	5,8	5,1	19,7	4,1	-	3,0
UH II	-	-	39,8	2,9	84,9	40,9	-	15,2
UH III	28,4	53,1	37,1	4,1	32,7	70,8	48,4	14,3

7. ORDENACIÓN AGRO-HIDROLÓGICA

7.1. Antecedentes

El esquema de la ordenación de una cuenca se inicia constatando los ciclos del agua y de los sedimentos en la misma, por ello se asumen las ecuaciones físicas que rigen el movimiento del agua, es decir, la ecuación de continuidad y las ecuaciones de la dinámica; pero, además, para adecuarse a las especificidades de la cuenca, se debe atender también a otras dos cuestiones: a) el conocimiento del estado físico de la cuenca y b) la previsión de su comportamiento ante diferentes tipos de eventos que se produzcan en la misma, especialmente los torrenciales.

En este contexto resulta fundamental diferenciar en la cuenca vertiente sus áreas dominantes o de cabecera de sus áreas dominadas o valles, porque el mero gradiente de altitud representa un factor esencial en el movimiento del agua y de los sedimentos. A lo que se añade que las áreas dominantes, por sus mayores altitudes y porque con frecuencia presentan pendientes elevadas, son las más propensas al arranque del geodinamismo torrencial; mientras que las áreas dominadas son las principales receptoras de los efectos provocados por dichos fenómenos en la cuenca, que pueden derivar en inundaciones y aterramientos de las áreas anegadas e impactos por deslizamientos de tierras, con los consiguientes daños producidos por ellos.

La solución técnica para conseguir la mejor protección posible para una cuenca ante un evento torrencial extraordinario, se encuentra en una adecuada combinación de medidas hidráulicas de obra civil (encargadas de evacuar el flujo sobrante de la cuenca en esos momentos) y de mantenimiento de unas cubiertas arboladas permanentes en los lugares estratégicos de la cuenca (áreas dominantes de elevadas pendientes), para que el terreno resista en ellos las tracciones generadas por las fuertes escorrentías que tienen lugar en los mismos en los momentos del evento, evitando así la incorporación de un importante caudal sólido al flujo, que añade problemas a la evacuación de la corriente fuera de la cuenca.

Ante las precipitaciones torrenciales, los efectos del bosque y de las demás cubiertas vegetales mecánicamente actúan basándose en los mismos

principios y sus resultados pueden suponer una mayor efectividad. La cuestión difiere para los periodos que transcurren entre precipitaciones torrenciales, sobre todo cuando éstos se prolongan y en ellos tampoco se prodigan las lluvias normales, es decir, durante los periodos de sequía. En tales momentos los aspectos fisiológicos de la vegetación pueden estar incidiendo sobre los recursos hídricos de la cuenca vertiente; pero no necesariamente variando las características mecánicas de la vegetación en relación con la protección del suelo, siempre y cuando ésta conserve su estructura, tanto aérea como radical.

Con el fin de estudiar las características de las cuencas hidrográficas y las medidas a llevar a cabo para la mejora de sus condiciones ante episodios extremos, surgen dos conceptos, la ordenación y la restauración. Ambos son diferentes, están perfectamente definidas en el ámbito de las cuencas vertientes de montaña y tienen su razón histórica. Para explicarlo, se remonta al inicio de las obras hidráulicas de corrección de los torrentes de montaña en la Europa del siglo XIX. Los ingenieros encargados de las mismas se percataron muy pronto que, para asegurar la efectividad en el tiempo de dichas obras, tenían que rehabilitar simultáneamente las cuencas vertientes a los torrentes corregidos. De este modo los términos corrección de torrentes y restauración de cuencas de montaña o simplemente restauración de montañas surgen simultáneamente. Como lo habitual en la restauración de las cuencas de montaña era su repoblación forestal, en España se acuñó la palabra restauración hidrológico-forestal, cuya acepción se fue ampliando conforme las cuencas vertientes objeto de restauración se extendían a mayores superficies y, por tanto, sobrepasaban su ámbito primitivo restringido a las montañas.

Por un lado, 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.

Por otro lado, 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, así como para asegurar su buen funcionamiento hidrológico y la correcta conservación de sus suelos en los periodos que transcurren dichos eventos.

7.2. Objetivos

El objetivo principal de la ordenación agrohidrológica 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 propios, 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 (miel, setas, ...), etc.

En resumen, todo esto supone un modelo de desarrollo sostenible que da respuestas a la problemática ambiental, social y económica de las zonas rurales.

7.3. Criterios de ordenación

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 tabla 45 .

Tabla 46. Ordenación agro-hidroógica por el método de Mintegui.

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				
>30%	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Estado en el que se encuentra la vegetación: Denso Acarado No degradado Afectado o no por razones sociales	Dependencia de su vulnerabilidad a la erosión	FORESTAL	Según si $A < At$ ó $A > At$	Dado que $i > 30\%$ se propone con carácter general mantener, restaurar o crear el monte alto arbolado. No obstante se analizan las situaciones singulares y se proponen soluciones concretas en general transitorias.
12-30%	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Denso Acarado No degradado Con o sin prácticas de conservación de suelos Afectado o no por razones sociales	Dependencia de su vulnerabilidad a la erosión	FORESTAL Ocasionalmente AGRÍCOLA	Según si $A < At$ ó $A > At$	De existir arbolado se propone su continuidad y mejora Los matorrales y pastizales no degradados pueden permanecer, pero a los degradados se propone restaurarlos o transformarlos en monte alto De existir cultivos, siempre es necesario prácticas de conservación Para situaciones singulares se ofrecen soluciones concretas en general transitorias
<12%	Arbolado Matorral Pastizales Cultivos	Denso Acarado No degradado Con o sin prácticas de conservación de suelos Afectado o no por razones sociales	Dependencia de su vulnerabilidad a la erosión	AGRÍCOLA Ocasionalmente FORESTAL	Según si $A < At$ ó $A > At$	No existen limitaciones para el uso del suelo en función de la pendiente Pr situaciones singulares se ofrecen soluciones concretas

7.3.1. Pendiente

En primer lugar, Mintegui define la vocación del territorio de forma general en base a la pendiente, de tal manera que a las zonas de mayor pendiente les corresponderá tener mayor vegetación y por tanto, serán de vocación forestal. A las zonas de pendientes bajas, puesto que su vulnerabilidad ante procesos erosivos es menor, les corresponderá una vocación más propicia a los cultivos. En el caso del presente estudio, la vocación general de la cuenca en base a la pendiente fue la siguiente:

Tabla 47. Vocación general de la cuenca en base a la pendiente.

Vocación	Pendiente	Área (%)
Forestal	>30%	57%
Forestal/Ocasionalmente agrícola	0-12%	25%
Agrícola/Ocasionalmente Forestal	12-30%	18%

7.3.2. Pérdida de suelo

Posteriormente, se realizó una comparación entre los usos del suelo actuales y la erosión calculada para sus parcelas, de tal forma que, se mantendrán cuando las pérdidas no superen las 10 tn/ha/año, que se consideran pérdidas tolerables (A_t). Si por el contrario, las pérdidas de suelo superan este valor, se plantean actuaciones y/o prácticas de mejora o sustitución para cada uso particular, en función de la vocación del suelo establecida por este criterio, en base a lo siguiente:

Tabla 48. Criterio de actuación según las pérdidas de suelo tolerables. (x:prácticas de conservación)

Uso actual	Tolerancia	Pendiente	Actuación
Forestal	$A_i < A_t$	<12%	Mantener uso
		>12%	Mejora del uso
	$A_i > A_t$	<12%	Mejora del uso
		>12%	Replacación, Mejora del uso
Agrícola	$A_i > A_t$		Mantener uso
	$A_i > A_t; A_i * x < A_t$		Mantener uso
	$A_i > A_t; A_i * x > A_t$		Mejora de condiciones o cambio uso
Improductivo/Artificial	No se considera		

Como se puede observar en la tabla 48, la actuación depende de la tolerancia a la pérdida de suelo que presenta la superficie y de la pendiente, ya que a pendientes mayores la erosión potencial es mayor.

Con ayuda de las capas vectoriales del Inventario Nacional Forestal, se han podido definir con mayor detalle los usos del suelo a nivel forestal, para posteriormente tenerlos en cuenta en las actuaciones propuestas para la restauración hidrológico-ambiental. De esta manera ha sido posible especificar las medidas en el caso de superficies en las que se debe mejorar el uso actual, es decir, zonas de carácter forestal susceptibles de cambios.

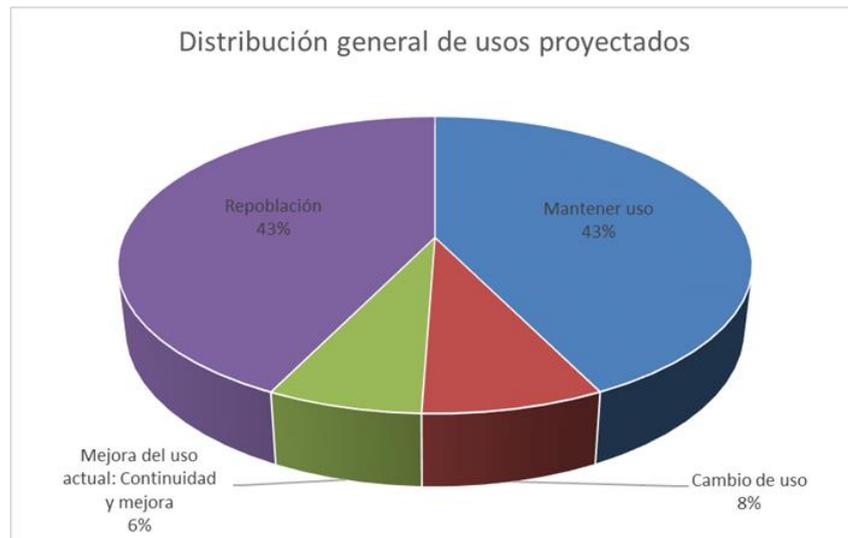


Figura 31. Distribución general de los usos proyectados.

Tabla 49. Superficie de los usos proyectados para la ordenación agro-hirológica.

	Mantener uso	Cambio de uso	Mejora del uso actual: Continuidad y mejora	Repoblación
Superficie (ha)	2302,6	4,2	505	2272

La superficie forestal susceptible de ser repoblada, sería toda aquella que superara el umbral de tolerancia de pérdida de suelo, pero a efectos de implementación de las actuaciones existen restricciones económicas y aspectos de progresión forestal con los que hay que contar.

Las actuaciones a las que se hace referencia con la mejora del uso, están encaminadas a dar continuidad a la masa forestal, tratamiento según la clase natural de edad, defensa ante incendios y el fomento del desarrollo de otras especies como la encina, con el fin de dirigir dicha masa a estados progresivos de evolución.

En relación a los cultivos existentes, los cítricos presentan valores de erosión aceptables (tabla 49) y se encuentran actualmente en uso. Además, todos ellos están vinculados a prácticas de conservación implementadas correctamente.

Por otra parte, se dan muchos casos de cultivos abandonados en áreas representativas de cultivos de secano, como olivos o almendros. Muchos de ellos, a pesar de estar compuestos por bancales en un estado de semi-conservación, están asociados a pérdidas de suelo mayores a las tolerables. Además, en muchos casos, han sido recolonizados por estrato forestal arbóreo y arbustivo, motivado por la carencia de uso. Por ello se ha propuesto algún tipo de mejora o cambio de uso para estas superficies que, cada día se dan más en los territorios agro-forestales de la Comunidad Valenciana.

Las medidas adoptadas según el estrato de masa forestal se han clasificado según criterios de pendiente y pérdida de suelo como se muestra en la tabla 50. Estas serán explicadas en el posterior apartado de Restauración Hidrológica.

Tabla 50. Clasificación de las medidas adoptadas para la superficie forestal.

A Tn/ha/año	Pte (%)	Estrato forestal				
		Matorral pobre	Eriales	Matorral + Estrato arbóreo disperso	Masa forestal media	Masa forestal espesa
<10	<12	Mantener uso	Repoblación	Mantener uso	Mantener uso	Claras
	12-30				Desbroce+Podas	
	>30	Repoblación				
>10	<12	Repoblación		Mantener uso	Desbroce+Podas	-
	12-30			Desbroce+Podas	Podas	
	>30					

El resumen completo de la ordenación para la cuenca de la Vall de Gallinera, se puede observar en la tabla 51, en la se expone el desglose de las medidas según el uso. De esta manera queda reflejada la superficie de actuación específica en cada uso del suelo y su medida.

Tabla 51. Resumen de la ordenación agro-hidrológica. Medidas propuestas y superficie de actuación para cada uso de la cuenca.

Área de actuación (ha)	Mantener uso	Tratamientos silvícolas. Continuidad y mejora							
		Claras	Podas Resalveo encina	Podas	Desbroce + Podas Resalveo Encina	Mejora de banales Cambio uso	Resalveo de Encina	Repoblación	Repoblación Resalveo Encina
Cítricos en regadío	893,8								
Masa Forestal espesa	0,1	0,9							
Masa Forestal media	0,5		3,0	56,4	5,6				
Cultivos de secano (Olivo, Algarrobo...)	293,6					16,4	1,8		
Cultivos de secano + algo de matorral o pinos	75,5					405,6	4,4		
Eriales xerofíticos	0,0							0,9	
Huerta + Cerezos	5,2								
Matorral denso + algo de pino	51,6		271,7				0,1	0,0	
Matorral pobre	982,3						14,8	2271,1	33,6
A total (ha)	2302,6	0,9	274,7	56,4	5,6	422,0	21,1	2272,0	33,6
% TOTAL	42,73%	0,02%	5,10%	1,05%	0,10%	7,83%	0,39%	42,16%	0,62%

Como se observa en la tabla 51, se proponen medidas para algo más de la mitad de la superficie de la cuenca, esto está motivado por el avanzado estado de degradación en que se encuentra el matorral, el cual cubre cerca de un 58% de la superficie total de la cuenca. En cuanto a los cultivos de secano que han sido abandonados, se propone una mejora de las condiciones hidrológicas, es decir, reconstruir los banales; o llevar a cabo un cambio de uso de agrícola a forestal, que en muchos casos está ocurriendo de forma natural.

8. RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL-AMBIENTAL

8.1. Introducción

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 han provocado 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, cuyo número es de 82 para el periodo 1992-2010. (Mapa de Frecuencia de incendios forestales por término municipal, elaborado por el Banco de datos de la biodiversidad, Julio 2010).
- Existe una superficie importante de matorral degradado que como consecuencia presenta pérdidas de suelo importantes. 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.

Hasta ahora, se ha llevado a cabo un análisis de la cuenca, detectándose los puntos más comprometidos y estableciendo unas medidas acordes a la gravedad de estos, encaminadas tanto a corregir el comportamiento de dicha cuenca ante episodios de torrencialidad, como a establecer una mejora de la condiciones de la vegetación, aumentando la calidad forestal y ambiental.

En este apartado de Restauración Hidrológica, se describen las medidas adoptadas en la ordenación, así como la propuesta de implementación según las posibilidades reales en el contexto actual de la cuenca.

8.2. Objetivos

Las actuaciones propuestas tienen el objetivo de mejorar la capacidad de infiltración, la protección del suelo ante procesos de erosión hídrica y la disminución del riesgo de inicio y propagación de incendios forestales.

Por otro lado, el aumento de la calidad ambiental intrínseca de la mejora y evolución de la vegetación, conlleva un beneficio no solo en el plano del geodinamismo torrencial de las cuencas, sino también en el plano de las externalidades positivas generadas a través de enfatizar los aspectos paisajísticos, a los cuales son sensibles tanto la población de las regiones aledañas, como el turismo rural. Por tanto, es un instrumento que aporta beneficios a la socioeconomía de las localidades integrantes, las cuales están afectadas en su mayoría por la despoblación ocasionada por el flujo de éxodo rural hacia las ciudades.

8.3. Descripción de actuaciones

Las técnicas de restauración hidrológico-forestal se basan en los fundamentos de la hidrología forestal, considerada como especialidad de la hidrología que estudia la relación entre el agua y el suelo, dentro del marco de trabajo que constituyen los bosques y montes, y consisten principalmente en la implantación de cubiertas vegetales, en la ejecución de hidrotecnias y en la

realización de tratamientos selvícolas orientados a la mejora de la funcionalidad ecológica de los bosques, con especial atención a la protección y formación de suelo.

8.3.1. Biotécnicas de restauración forestal

Se considera una acción fundamental en la restauración hidrológico-forestal de lucha contra la deforestación, causada en buena parte por los incendios forestales. Incluyen:

- Repoblación forestal con especies autóctonas y protectoras del suelo, con la que se pretende conseguir una mejora de la capacidad retención de agua y, por lo tanto, minimizar las pérdidas de suelo por erosión hídrica.
- Ejecución de tratamientos selvícolas de podas, claras, clareos, desbroces,...etc. sobre la masa forestal existente. Con estas actuaciones se conseguirá reducir el riesgo de incendio y su propagación, mejorar las condiciones previas de establecimiento de la repoblación, reducir el riesgo de plagas y enfermedades, facilitar la plantación y evitar competencias entre la vegetación, acelerando el paso al estrato arbóreo de la misma.

8.3.2. Hidrotécnicas de corrección de cauces

Se consideran una acción complementaria en la restauración hidrológico-forestal, de lucha contra el proceso de erosión y otros ocasionados por el fenómeno torrencial. Este origina caudales líquidos muy elevados, los cuales, junto a los sedimentos y acarreos (caudales sólidos) provenientes de la erosión de las laderas de la cuenca y de los propios cauces, provocan considerables daños en las zonas bajas de los barrancos y ramblas.

Estas incluyen:

- Diques de cierre: son obras transversales al cauce (con altura > 3 m.), situados en la garganta de los cauces torrenciales, cuyo objetivo principal es controlar la erosión en el lecho y márgenes del cauce, evitando la incorporación

de caudales sólidos a la corriente de agua. Entre las funciones de estos, destaca la elevación del cauce que producen por efecto del aterramiento progresivo, que consolida las laderas, con la consecuente disminución de: la pendiente, hasta alcanzar la pendiente de compensación o de equilibrio entre la tensión tractiva del agua y la tensión límite de arrastre de los materiales; del radio hidráulico; y del peso específico del agua, ya que el dique provoca una disminución de la velocidad del flujo, aumentando la sedimentación aguas arriba del mismo (por lo que el caudal de vertido ve disminuido su proporción sólida y, por tanto, su peso específico). Con todo ello se consigue disminuir la tensión tractiva o de arrastre de sedimentos y, por consiguiente, la erosión. Sirven además para retener los caudales líquidos (laminación de avenidas), con el objetivo de aminorar la onda de avenida.

- Albarradas: Las albarradas son obras transversales de pequeña altura (≤ 3 m), generalmente de mampostería en seco o gavionada, que se suelen emplear en gran número para que sean efectivas. Se utilizan normalmente de apoyo al dique principal, situándose aguas arriba del mismo, en la cuenca de recepción (cabecera) de los cauces torrenciales. En zonas con procesos erosivos avanzados, se utilizan también para estabilizar cárcavas, junto con otras acciones biológicas.

Respecto a las hidrotécnicas de acción en laderas:

- Zanjas de infiltración:

Las zanjas de infiltración, son canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, disminuyendo los procesos erosivos, al aumentar la infiltración del agua en el suelo. Estas obras de recuperación de suelos, pueden ser construidas de forma manual o mecanizada, y se sitúan en la parte superior o media de una ladera, para capturar y almacenar la escorrentía proveniente de las cotas superiores.

La justificación principal de las zanjas de infiltración descansa en el efecto que producen sobre la estabilización del suelo; es decir, son agentes propiciadores de almacenamiento de humedad para los vegetales, a través del

almacenamiento temporal de escorrentías superficiales. Debe señalarse eso sí, que un sistema de zanjas de infiltración por sí solo, no controla totalmente el fenómeno erosivo. Además, es necesario revegetar con pastos, o forestar los espacios intermedios entre zanjas, o adoptar otras prácticas conservacionistas como la aradura, el subsolado y la siembra en contorno (Carlson, 1990).

8.4. Estado legal

A los efectos de la Ley 3/1993, de 9 de diciembre de la Generalitat Valenciana, Forestal de la Comunidad Valenciana, son montes o terrenos forestales todas las superficies cubiertas de especies arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, de origen natural o procedentes de siembra o plantación, que cumplan o puedan cumplir funciones ecológicas, de protección, de producción, de paisaje o recreativas (artículo 2). Igualmente, se considerarán montes o terrenos forestales:

- a) Los enclaves forestales en terrenos agrícolas
- b) Los terrenos que, aun no reuniendo los requisitos señalados anteriormente, queden adscritos a la finalidad de su transformación futura en forestal, en aplicación de las previsiones contenidas en esta u otras leyes y en los planes aprobados en ejecución de las mismas.
- c) Las pistas y caminos forestales

Los terrenos forestales, en razón de su pertenencia, se clasifican en públicos y privados. Los montes o terrenos forestales de propiedad pública pueden ser o de dominio público o patrimoniales, pudiendo ser estos últimos de utilidad pública. Se declararán de utilidad pública los terrenos forestales de propiedad pública que deban ser conservados y mejorados por su trascendencia hidrológico-forestal o por sus funciones ecológicas o sociales.

Los montes o terrenos forestales declarados de dominio público o de utilidad pública están inscritos en el Catálogo de Montes de Dominio Público y de Utilidad Pública de la Comunidad Valenciana. Los terrenos forestales

declarados protectores se inscribirán en el Catálogo de Montes Protectores de la Comunidad Valenciana, de naturaleza análoga al que se refiere el apartado anterior.

El estado legal identifica un monte en los aspectos jurídico y administrativo, analizando la naturaleza y alcance de los derechos de los propietarios frente a terceros.

El estado legal comprende los siguientes apartados:

- 1.- Posición administrativa y Pertenencia
- 2.- Límites
- 3.- Enclavados
- 4.- Cabidas

Las biotecnias se llevarán a cabo únicamente en las superficies que ocupan los montes gestionados por la Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda (CMAAUV) de la Generalitat Valenciana, en la cuenca La Vall de Gallinera. Son un total de tres:

- AL052

Municipio: Vall de Gallinera

Comarca: La Marina Alta

Pertenencia: Generalitat Valenciana

Especies: *P.halepensis*, *P.pinaster*, *Ceratonia silicua*, *Rhamnus alaternus*, *Q.coccifera*, *Chamaerops humilis*

Superficie total: 2663,0 ha

Superficie ocupada en la cuenca: 1767,5 ha

- AL086

Municipio: Vall de Gallinera

Comarca: La Marina Alta

Pertenencia: Ayuntamiento

Especies: *P.halepensis*, *Q.ilex*, *Q.coccifera*, *Rhamnus alaternus*, *Pistacia lentiscus*

Superficie total: 1400 ha

Superficie ocupada en la cuenca: 195 ha

- V127

Municipio: Vall de Gallinera

Comarca: La Marina Alta

Pertenencia: Ayuntamiento

Especies: *P.halepensis*, *Q.ilex*, *Q.coccifera*, *Rhamnus alaternus*, *Pistacia lentiscus*

Superficie total: 518 ha

Superficie ocupada en la cuenca: 275 ha

8.5. Caracterización de las áreas de actuación

Para la descripción de las áreas de actuación y consecuente elección de especies potenciales para la repoblación se emplean en primera instancia, factores ecológicos referentes a la fisiografía, climatología y edafología.

8.5.1. Factores Fisiográficos

Altitud

Generalmente, al aumentar la altitud, a latitud constante, el clima de las sucesivas estaciones cambia según las siguientes reglas generales:

- disminuyen: presión atmosférica, temperatura (según el conocido gradiente térmico de altura de 0,65 °C/100 m), y déficit hídrico.

- aumentan: las radiaciones del espectro visible y ultravioleta, y la precipitación.

Consecuencia de estas variaciones sobre la distribución de la vegetación son los pisos de vegetación, que se pueden definir como conjunto ordenado de agrupaciones vegetales presentes en una latitud constante al variar la altitud.

Lógicamente, las agrupaciones de cotas inferiores tienden a ser más termófilas y más xerofíticas que las de cotas superiores.

Tabla 52. Área y porcentaje representativo de cada intervalo de altitud, en los montes de Utilidad Pública considerados. Hm (Altura media).

AL086			AL 052			V127		
(m)	ha	%	(m)	ha	%	(m)	Area_ha	%
-	-	-	-	-	-	50-100	356,3	9,0%
-	-	-	150-200	3,2	0,2%	100-150	428,0	10,8%
-	-	-	200-250	27,2	1,5%	150-200	467,2	11,8%
-	-	-	250-300	78,1	4,4%	200-250	388,6	9,8%
-	-	-	300-350	104,1	5,9%	250-300	475,6	12,0%
350-400	0,1	0,0%	350-400	129,6	7,3%	300-350	524,1	13,2%
400-450	6,1	3,2%	400-450	162,9	9,2%	350-400	430,6	10,9%
450-500	15,9	8,2%	450-500	192,7	10,9%	400-450	469,1	11,8%
500-550	22,5	11,6%	500-550	253,2	14,3%	450-500	428,4	10,8%
550-600	25,6	13,2%	550-600	419,4	23,7%	Hm	306 m	
600-650	20,3	10,5%	600-650	277,5	15,7%			
650-700	19,1	9,8%	650-700	96,9	5,5%			
700-750	17,1	8,8%	700-750	22,3	1,3%			
750-800	5,6	2,9%	Hm	484,5 m				
800-850	26,0	13,4%						
850-900	24,8	12,8%						
>900	10,9	5,6%						
Hm	706,6 m							

Pendiente

En una estación determinada, sin variar la altitud y dentro de una disposición orográfica concreta, la influencia de la pendiente sobre la vegetación es muy trascendente. Esta influencia se manifiesta en los factores edáficos a través de la posibilidad de evolución, de la capacidad de retención de agua y de la sensibilidad frente a la erosión. También influye en relación con la cantidad de radiación recibida, aumentada o disminuida según la exposición, y con la velocidad de propagación de incendios.

Tabla 53. Pendiente de los montes considerados distribuida en intervalos y pendiente media.

Pte	AL 059		AL086		V127	
	ha	%	ha	%	ha	%
0-30%	776,77	44%	11,3	6%	61,7	22%
30-60%	643,21	36%	54,6	28%	122,5	44%
>60%	347,11	20%	127,9	66%	91,3	33%
Media	38,7%		82,2%		48,7%	

Exposición

Este factor se refiere a la orientación que tiene un terreno. Tiene gran importancia sobre todo por que influye en combinación con otras variables, en las temperaturas y en la radiación solar.

Las exposiciones en umbría en el Hemisferio Norte, se ubican en las laderas orientadas al Nor-Oeste. Son más frescas y por ello pueden generar heladas en zonas frías. Las poblaciones vegetales suelen tener un mayor nivel de desarrollo, siendo más biodiversas.

Por el contrario, las exposiciones en solana se presentan en laderas del Sur-Este, y las formaciones vegetales suelen ser más xerófilas, adaptadas a estaciones más extremas, con restricciones de humedad y profundidad de suelo.

Tabla 54. Orientación en los MUP de la cuenca.

	AL052		AL086		V127	
	ha	%	ha	%	ha	%
Umbría	684,7	39%	145,3	75%	128,8	47%
Solana	1075,2	61%	48,2	25%	145,1	53%

8.5.2. Factores climáticos

Los factores climáticos tienen un peso muy importante a la hora de definir la calidad de estación. Estos datos vienen definidos en el Anexo I.

En general los problemas a los que están expuestos los montes en cuestión, son los representativos del termo-mediterráneo y meso-mediterráneo, es decir, las temperaturas extremas durante los meses de Julio y Agosto, junto con un déficit hídrico presente en dichos meses.

En este contexto, los montes en cuestión no presentan tantos problemas en cuanto al déficit hídrico por parte de las precipitaciones, ya que es una zona con buena pluviometría anual, potencialmente adecuada para el desarrollo de la vegetación natural o establecimiento de repoblaciones.

8.5.3. Factores edafológicos

La vegetación está condicionada por los factores edafológicos relacionados con la geología o naturaleza del mismo, y otras características como la textura, estructura, profundidad y propiedades físico-químicas que pueden determinar un grado de fertilidad.

El suelo es un componente muy importante en cuanto a la definición de la calidad de estación, ya que es el medio de crecimiento para los vegetales, de tal manera que, en muchos casos puede ser el factor limitante de un emplazamiento concreto, pese a que los factores climáticos reúnan las condiciones para un establecimiento potencial adecuado.

A continuación se expone tanto la distribución taxonómica como la geológica, de los suelos que componen las unidades de actuación. Mapa 12 Documento de Planos.

Tabla 55. Distribución taxonómica de suelos en los MUP de la cuenca.

Suelo	AL052		AL086		V127	
	ha	%	ha	%	ha	%
Entisol Orthent	2863,8	63%	2863,8	100%	1043,4	73%
Inceptisol Xerept	1691,3	37%	-	-	-	-
Entisol Fluvent	-	-	-	-	2863,8	27%

Tabla 56. Distribución de estrato geológico en las Unidades Hidrológicas.

Estrato geológico	AL052		A086		V127	
	ha	%	ha	%	ha	%
Arcillas de descalcificación. Arcillas rojas sueltas	6,69	0,2%	-	-	-	-
Biomicitas y margas amarillas	475,7	12%	167,7	88%	-	-
Calcirruditas con cemento arcilloso rojo	2252	59%	-	-	-	-
Calizas y dolomías	1008,4	26%	10,3	5%	78,7	29%
Dolomías masivas	21,4	1%	6,9	4%	142	52%
Margas blancas	70,2	2%	0,1	0,1%	-	-
Margas con Inoceramus	14,4	0,4%	5,5	3%	-	-
Aluvial: Depósitos de fondo de rambla	-	-	-	-	21,2	8%
Coluvión antiguo: Arcillas rojas, cantos cementados superficialmente	-	-	-	-	10	4%
Coluvión moderno: Cantos angulosos y arcillas	-	-	-	-	4,2	2%
Conglomerados	-	-	-	-	6,5	2%
Depósito marino: Arenas grises	-	-	-	-	0,9	0,3%
Manto aluvial antiguo: Conglomerados de cantos de caliza encostrados	-	-	-	-	0,15	0,1%
Margas ocres con Orbitolinas	-	-	-	-	3,9	1,4%
Terraza 10m. Arenas, limos, cantos	-	-	-	-	6,6	2%

Las propiedades edáficas que con mayor frecuencia son determinantes en este proceso son: presencia de caliza activa, que descarta a las especies calcífugas; permeabilidad, cuyo defecto impide el desarrollo de los sistemas radicales y respecto de la cual es conocido el comportamiento de la mayor parte de las especies forestales; y salinidad, que en caso de estar presente excluye a muchas especies arbóreas.

La cuenca de La Vall de Gallinera es de estrato puramente calizo, propiedad que reduce la lista de selección. Por otro lado, se tuvo en cuenta la permeabilidad por las propiedades indicadas anteriormente, lo que condicionará la dimensión espacial de la repoblación.

Tabla 57. Distribución de la permeabilidad en los MUP considerados.

Permeabilidad	AL052		AL086		V127	
	ha	%	ha	%	ha	%
Alta	28,1	2%	-	-	264,7	98%
Media	1419,0	81%	186,2	100%	5,8	2%
Baja	313,7	18%	-	-	-	-

En general, la permeabilidad en las áreas de actuación no es un factor limitante, excepto en el MUP AL052, donde un 18% de su superficie posee una permeabilidad baja.

La profundidad del suelo y su capacidad de retención de agua pueden ser modificadas favorablemente y hasta cierto punto por las labores de preparación del suelo, como se verá con detalle más adelante. Sin embargo, graves limitaciones en lo referente a profundidad y pedregosidad pueden conducir al diagnóstico de la imposibilidad de repoblar el rodal con especies arbóreas. La fertilidad es una propiedad de difícil modificación a corto plazo y su valoración debe hacerse en términos relativos al tipo de selvicultura (intensiva o extensiva) que se pretenda aplicar. A falta de una analítica precisa de los nutrientes, se puede evaluar a través del contenido en materia orgánica, de la composición química de los minerales que forman la roca madre y de la reacción.

8.6. Biotécnicas de restauración: Desarrollo técnico de la actuación

Las biotécnicas se han llevado a cabo mediante actuaciones específicas en cada monte, ya que cada uno de ellos se ubica en un lugar diferente en la cuenca.

Por ello, a través de técnicas GIS se obtuvieron las superficies de actuaciones de restauración en cada uno de los Montes de Utilidad Pública integrados en la cuenca.

8.6.1. Repoblación

A) Selección de especies

Para la elección de especies a repoblar, se tuvieron en cuenta los criterios climáticos clasificados en distintas escalas:

- Escala de eco-región: Clasificación fitoclimática de Allué

Tabla 58. Clasificación fitoclimática de Allué.

Monte	Índice Allué	Vegetación potencial	Especie Climática Max.
AL052	IV4	Lentiscares Coscojares Encinares (<i>Q ilex subsp. Rotundifolia</i>) Encinares alsinares <i>Q.ilex subsp.ilex</i>	<i>Quercus ilex subsp.ilex</i>
	IV2		
	VI(IV)3		
AI086	IV4	Encinares alsinares <i>Q.ilex subsp.ilex</i>	<i>Quercus ilex subsp.ilex</i>
	VI(IV)3		
V127	IV2	Acebuchares	<i>Quercus ilex subsp.ilex</i>
	IV(V)2		

En los montes AL052 y AI086, más próximos al interior, se dan zonas con un clima mediterráneo menos seco, típicas de formaciones Sub-Nemorales, como se explica en el apartado 3.6. A la parte más baja de la cuenca (V127), le caracteriza un clima más termófilo en el que tiene predominio la formación de Acebuchares. Todos los fitoclimas tienen como especie climática la *Q.ilex subsp.ilex*.

En base esta clasificación, las especies seleccionadas fueron las siguientes:

- *Pistacia lentiscus*
- *Quercus coccifera*
- *Q.ilex subsp.ilex*
- *Olea europea var.sylvestris*

- Escala de cuenca: Series de vegetación de Rivas Martínez.

Tabla 59. Distribución de las series de vegetación de Rivas Martínez en los MUP de la cuenca.

AL052	22b 27c 22ba
AL086	22b 27c 22ba
V127	27c

- Serie mesomediterranea manchega y aragonesa basofila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*). Vegetación potencial encinares (22ba/22b).

Se distribuye por la parte alta de la cuenca (serie 22b: facción típica, propia de las zonas altas), así como por algunas zonas de la cuenca media (serie 22ba: facción termófila, representada en las cotas más bajas).

- Serie termomediterranea valenciano-tarraconense, murciano-almeriense e ibicenca basofila de *Quercus rotundifolia* o encina (*Rubio longifoliae-Querceto rotundifoliae sigmetum*). Vegetación potencial encinares (27c). Se distribuye por la parte bajade la cuenca, en altitudes menores a 400m.

Tabla 60. Series de vegetación actual para las series de Rivas Martínez.

22b	22ba	27c
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Arbutus unedo</i>	<i>Arbutus unedo</i>
<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Chamaerops humilis</i>	<i>Ceratonia siliqua</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Chamaerops humilis</i>
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Crataegus monogyna</i>
<i>Juniperus phoenicea</i>	<i>Juniperus phoenicea</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Olea europaea spp.. sylvestris</i>
<i>Olea europaea</i>	<i>Olea europaea</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Pistacia lentiscus</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>	<i>Phyllirea angustifolia</i>
<i>Phyllirea angustifolia</i>	<i>Phyllirea angustifolia</i>	<i>Phyllirea latifolia</i>
<i>Phyllirea latifolia</i>	<i>Phyllirea latifolia</i>	<i>Pinus halepensis</i>
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Quercus coccifera</i>
<i>Quercus coccifera</i>	<i>Quercus coccifera</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>
<i>Rhamnus alaternus</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>	<i>Rhamnus lycioides</i>
<i>Rhamnus lycioides</i>	<i>Rhamnus lycioides</i>	

A continuación se muestran las tablas de juicio de Rivas Martínez, las cuales informan acerca tanto de de la viabilidad de desarrollo de diversas especies en el ámbito del estudio, como del aporte ecológico que representan.

a) Tablas de juicio biológicas de Rivas Martínez

En la restauración de la cubierta vegetal, las tablas de juicio biológicas orientan sobre la capacidad de adaptación al medio que tiene una especie. A continuación se recogen las mencionadas tablas para la región mediterránea, con las series presentes en las zonas de estudio:

Tabla 61. Tablas de juicio biológicas de Rivas Martínez. (Pu): *Pinus uncinata*, (Psy): *Pinus sylvestris*, (Pn): *Pinus nigra*, (Ppt): *Pinus pinaster*, (Pp): *Pinus pinea*, (Ph): *Pinus halepensis*, (Pr): *Pinus radiata*, (E.g): *Eucalyptus globulus*, (Cs): *Castanea sativa*, (Qr): *Q.rotundifolia*, (Qf): *Quercus faginea*.

Serie	Pu	Psy	Pn	Ppt	Ppn	Ph	Pr	Eg	Cs	Qr	Qf
22b	-	-	-	d	p	p	-	d	-	p	d
22ba	-	-	-	d	d/p	p	-	p/d	-	p	-/d
27c	-	-	-	d	d/p	d	-	p/d	-	p	-

d:dudoso; p:posible; -:no viable

b) Tablas de juicio ecológicas de Rivas Martínez

Las tablas ecológicas informan sobre la posible mejora ecológica que supone la implantación de una especie en una determinada zona. A continuación se recogen las mencionadas tablas con las series presentes en las zonas de estudio:

Tabla 62. Tablas de juicio ecológicas de Rivas Martínez. (*Pu*): *Pinus uncinata*, (*Psy*): *Pinus sylvestris*, (*Pn*): *Pinus nigra*, (*Ppt*): *Pinus pinaster*, (*Pp*): *Pinus pinea*, (*Ph*): *Pinus halepensis*, (*Pr*): *Pinus radiata*, (*E.g*): *Eucalyptus globulus*, (*Cs*): *Castanea sativa*, (*Qr*): *Q. rotundifolia*, (*Qf*): *Quercus faginea*.

Serie	<i>Pu</i>	<i>Psy</i>	<i>Pn</i>	<i>Ppt</i>	<i>Ppn</i>	<i>Ph</i>	<i>Pr</i>	<i>Eg</i>	<i>Cs</i>	<i>Qr</i>	<i>Qf</i>
22b	-	-	-	d-	p-	p-	-	d-	-	p+	d+
22ba	-	-	-	d-	d-/p-	d+/p+	-	p-/d-	-	p+	-/d+
27c	-	-	-	d-	d-/p-	p+	-	p-	-	p+	-

p+= posible positivo; p-= posible negativo; d+= dudoso positivo; d- = dudoso negativo; - = no viable.

✓ Series de regresión de Luís Ceballos

Las "Tablas de regresión climática" de Luis Ceballos parten del óptimo de vegetación que representa el bosque denso de frondosas, presentando una etapa intermedia de los pinares como paso necesario para alcanzar la climax. Considerando el óptimo de la vegetación potencial de la zona de estudio el bosque de encina (*Quercus ilex*), Ceballos establece la siguiente serie de regresión climática o phyllum:

Considerando que el óptimo de la vegetación potencial de la zona de estudio es el bosque de encina (*Quercus ilex*), se presenta la Tabla de Regresión de la serie Nº 9 (*Quercus ilex L.*), correspondiente a la vegetación climática de Luis Ceballos, en la que considera distintas etapas de regresión y bioindicadoras de la serie 22b, de Rivas y Martínez. Ceballos incluye una etapa intermedia de pinares. En los dos casos, la dinámica de la vegetación se reduce a lo mismo: encinares, lentiscales, romerales, coscojares y jarales.

Tabla 63. Serie de regresión de Ceballos.

I Óptimo. Bosque denso.	9 ENCINA (<i>Quercus ilex</i>) sobre terreno calizo
II Bosque aclarado con abundante intervención de arbustos. Sotobosques con numerosas plantas leguminosas.	<i>Ceratonia siliqua</i> <i>Celtis australis</i> <i>Juniperus phoenicea</i> <i>Pistacia terebinthus</i> <i>Coronilla glauca</i> <i>Anthyllus cytisoides</i> <i>Jasminum fruticosum</i> <i>Smilax aspera</i> <i>Spartium junceum</i>
III Invasión heliófila. Etapa de los pinares. Invasión de matorral colonizados a base de Ericáceas o Cistáceas.	LENTISCARES (<i>Pistacia lentiscus</i>) ROMERALES (<i>Rosmarinus officinalis</i>) COSCUARES (<i>Quercus coccifera</i>) <i>Pinus halepensis</i> <i>Pinus pinaster</i> JARALES <i>Cistus libanotis</i> <i>Cistus albidus</i>
IV Matorral en estado avanzado de degradación. Frecuencia de plantas espinosas. Predominio de labiadas.	<i>Phlomis lychnites purpurea</i> <i>Teucrium capitatum</i> <i>Lavandula vera</i> <i>Rhamnus lycioides</i> <i>Ruta bractosa</i>
V Asociaciones de herbáceas del último estado de regresión.	Pseudo-estepas de gramíneas. <i>Euphorbia plantago</i> <i>Brachypodium ramosum</i> <i>Stipa tenacissima</i>
VI Desierto	Roquedo, arenales

Según los criterios fitosociológicos mostrados anteriormente, se ha seleccionado las siguientes especies:

Tabla 64. Especies seleccionadas a partir de los criterios fitosociológicos.

Arbóreas	Arbustivas
- <i>Pinus halepensis</i>	- <i>Juniperus phoenicea</i>
- <i>Pinus pinaster</i>	- <i>Pistacia lentiscus</i>
- <i>Quercus ilex</i> ce	- <i>Quercus coccifera</i>
- <i>Celtis australis</i>	- <i>Rhamnus lycioides</i>
	- <i>Pistacia therebintus</i>

- Escala de Monte:

Criterios en relación con la vegetación existente:

A partir de los datos en formato vectorial del Inventario Nacional Forestal III, obtenidos a través Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, las unidades de actuación presentan en general masas en las que la especie

dominante es el Pino Carrasco mezcladas con algunos individuos de Pino rodeno y en pocos casos con piñonero. Estos dos últimos proceden de repoblaciones mientras que el Pino Carrasco se ha regenerado naturalmente.

El territorio forestal de la cuenca Vall de Gallinera se encuentra en la etapa de invasión heliófila o etapa de pinares, y se corresponde con la situación de la vegetación actual, ya que el matorral leñoso está formado por especies xerófilas como la coscoja, romero, lentisco y aliaga; con diferente densidad según en emplazamiento. También se dan zonas con mayor nivel de degradación, siendo la jara blanca (*Cistus albidus*),

También se encuentran pequeños enclaves donde a exposiciones de umbría aparece el fresno de flor, o áreas de ribera pobladas de sauces.

La especie climácica perteneciente los pisos de vegetación de la cuenca es la Encina (*Q.ilex*). Esta tiene una baja representación dentro de las áreas de actuación, ya que en la cuenca se presentan en terreno de uso agrícola abandonado y abancalados, sobre suelos profundos donde pueden desarrollarse de manera más eficiente.

A continuación se muestran, las especies existentes en las superficies de actuación contempladas:

Tabla 65. Especies existentes en MUP AL054.

AL054			
Parcelas	Especies	ha	%
1	<i>Matorral: Q.coccifera, Pistacia lentiscus, Rosmarinus officinalis, Genista scorpius, erica multiflora, cistus albidus</i>	1556,2	88,2%
2	<i>Olea europaea Fraxinus ornus</i>	0,4	0,01%
3	<i>P.halepensis Q.ilex</i>	132	7,5%
4	<i>P.halepensis Ceratonia silicua</i>	43,8	2,5%
5	<i>P.halepensis Olea europaea</i>	11,1	0,6%
6	<i>P.halepensis P.pinaster Q.ilex</i>	3,5	0,2%
7	<i>P.halepensis P.pinaster J.Oxycedrus</i>	0,4	0,01%
8	<i>P.halepensis P.pinea</i>	12,5	0,7%
9	<i>P.halepensis Salix sp.</i>	4,6	0,3%

Tabla 66. Especies existentes en MUP AL082.

AL082			
Parcelas	Especies	ha	%
1	<i>Ceratonia silicua</i> <i>Olea Europaea</i>	0,8	0,4%
2	<i>Ceratonia silicua</i> <i>Prunus avium</i>	0,6	0,3%
3	Matorral: <i>Q.coccifera</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Genista scorpius</i> , <i>Erica multiflora</i> , <i>cistus albidus</i>	174,8	92,1%
4	<i>P.halepensis</i>	3	1,6%
5	<i>P.halepensis</i> <i>Ceratonia silicua</i>	1,7	0,9%
6	<i>P.halepensis</i> <i>Chamaerops humilis</i> <i>Juniperus oxycedrus</i>	0,2	0,1%
7	<i>P.halepensis</i> <i>Fraxinus ornus</i>	6,4	3,4%
8	<i>P.halepensis</i> <i>Juniperus oxycedrus</i>	2,3	1,2%

Tabla 67. Especies existentes en MUP V127.

V127			
Parcelas	Especies	ha	%
1	Matorral: <i>Q.coccifera</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Genista scorpius</i>	184,4	67%
2	<i>P.halepensis</i>	89,7	33%

Criterios fisiográficos, edafológicos y vegetación actual:

Como se ha comentado anteriormente, tanto los factores fisiográficos altitud, orientación y pendiente, como los factores edafológicos, condicionan la distribución de las especies en el monte. Además de estos factores, es importante recoger información de la vegetación actual, ya que esta es un buen indicador de la potencialidad de desarrollo de ciertas especies en una estación determinada. Es por este motivo que, se ha incluido en la lista la especie *Pinus pinaster* procedente de repoblación, el cual se ha desarrollado con éxito. Además, se han sumado otras especies que son compatibles con los criterios fisiográficos y edafológicos presentes en las zonas de actuación:

- *Juniperus oxycedrus*: Con un rango ecológico similar a *J.phoenicea*.
- *Arbutus unedo*: Su hábitat natural son bosques mixtos de barrancos y desfiladeros fluviales, laderas, encinares o roquedales, desde el nivel del mar hasta 1200 m de altitud.

- *Fraxinus ornus*: Se desarrolla en umbrías con clima suave y no muy seco en verano, de 200 a 1500 metros de altitud. Prefiere los terrenos calizos y los suelos frescos, por lo que se sitúa con frecuencia en los barrancos.

En la tabla siguiente se muestra el rango de preferencia que tienen las especies seleccionadas anteriormente en base a los criterios fisiográficos y edafológicos.

Tabla 68. Rango ecológico de las especies preseleccionadas, en base a criterios fisiográficos, edafológicos y de vegetación actual.

ESPECIES	Altitud (m)	Temperamento	Suelo
<i>Juniperus phoenicea</i>	< 1000	Indif. (pref.umbría)	Indiferente. Soporta suelos poco profundos y desarrollados.
<i>Olea europea var. Sylvestris</i>	< 1200	Solana	Indiferente
<i>Pinus halepensis</i>	< 1200	Indiferente	Calizo
<i>Pinus pinaster</i>	400 -1000	Indiferente	Silíceo o calizo descalcificado. Pref.sueltos y profundos
<i>Pistacia lentiscus</i>	< 800	Solana	Indiferente. Pref.calizos
<i>Quercus coccifera</i>	< 1000	Solana	Indiferente. Soporta suelos secos y pedregosos.
<i>Quercus ilex</i>	200 -1500	Indiferente	Indiferente. Rehúye de los suelos encharcados
<i>Rhamnus lycioides</i>	<1500	Indiferente	Indiferente. Prefiere calizos
<i>Celtis australis</i>	<1200	Umbría	Indiferente. Pref.suelos húmedos, profundos
<i>Salix sp.</i>		Indiferente	Requiere humedad
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<1500	Solana	Indiferente
<i>Arbutus unedo</i>	<1200	Indif. (pref.umbría)	Indiferente. (pref.silíceos)
<i>Fraxinus ornus</i>	200-1500	Umbría	Calizos y húmedos
<i>Ceratonía silicua</i>	<1000	Solana	Todos(pref.calizos)
<i>Rhamnus alaternus</i>	200-1200	Indiferente	Todos (pref.calizos)

Selección definitiva de especies

A partir del listado de especies presentes en la tabla 68, se ha determinado las especies definitivas a emplear en la repoblación. Ya que las repoblaciones tienen lugar en unidades de actuación distribuidas en zonas con condiciones fisiográficas diferentes, no se emplearán todas las especies mostradas en la

tabla 68 en una misma unidad de actuación. Aun así, el último filtro para determinar las especies definitivas, fue el económico, ya que un número elevado de especies puede generar dificultades en cuanto a obtención de germoplasma y trabajos a realizar. Por tanto, se decidió eliminar a la especies de *Rhamnus alaternus* y *Ceratonia silicua*.

Por otro lado, se han incluido otras consideradas interesantes para la repoblación de zonas específicas como las áreas de ribera.

Se tuvo en cuenta el criterio de diversidad de especies con el objetivo de fomentar el desarrollo de masas pluriespecíficas, ya que estas representan un ecosistema más rico y que además genera protección frente a los incendios, rompiendo la continuidad horizontal.

Tras el análisis y selección en base a todos los criterios descritos anteriormente, la selección de especies para llevar a cabo la repoblación en los Montes de Utilidad Pública integrantes de la cuenca, es la siguiente:

Tabla 69. Especies seleccionadas para la repoblación de los MUP considerados.

Arbóreas	Arbustivas
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i>
<i>Pinus pinaster</i>	<i>Quercus coccifera</i>
<i>Quercus ilex</i>	<i>Rhamnus lycioides</i>
<i>Juniperus phoenicea</i>	<i>Pistacea lentiscus</i>
<i>Salix sp.</i>	<i>Arbutus unedo</i>
<i>Celtis australis</i>	
<i>Fraxinus ornus</i>	
<i>Olea europaea</i>	

Ya que cada monte tiene unas características particulares, las especies y la distribución no son las mismas para cada una de las unidades de actuación.

Ya que en ciertas zonas el suelo se encuentra en un estado de erosión muy grave, esqueléticos y litosuelos, se ha planteado la repoblación empleando especies únicamente arbustivas capaces de desarrollarse en suelos pedregosos y de bajo espesor. Estas han sido *Q.coccifera* y *R.lycioides*.

En función de la exposición, se ha seleccionado especies de con un temperamento acorde. En zonas de umbría se han incluido especies arbóreas y arbustivas como el *Fraxinus ornus* y *Arbutus unedo*, respectivamente. Esta última especie también se ha proyectado para las zonas de barrancos

encajonados, donde se hace más propenso un ambiente microclimático más húmedo.

Las especies de *P.halepensis* y *P.pinaster* se han propuesto como plantaciones mixtas junto con estrato arbustivo formado por *Juniperus phoenicea* y *oxycedrus* según el monte, en base a los criterios fisiográficos y edafológicos. Por este motivo, en el MUP V127 de carácter litoral, con rangos de altitud menores; se plantearon repoblaciones mixtas de *P.halepensis*, *J.oxycedrus* y *Olea europea*; frente a los MUP AL052 y AL086, situados más al interior, donde se planteó la repoblación mixta con las especies *P.halepensis*, *P.pinaster*, *P.lentiscus* y *J.phoenicea*; esta última en zonas de umbría con afloramientos rocosos ya que se desarrolla bien en este terreno ejerciendo un buen cosido del suelo.

Para la repoblación de la especie *Quercus ilex*, se propusieron dos opciones:

- Repoblación bajo cubierta: se lleva a cabo en zonas arboladas, mediante la plantación bajo el dosel arbóreo, de tal forma que este estrato protege al brinzal en sus primeras etapas de desarrollo de la insolación directa. Esta medida exige el compromiso de llevar a cabo futuras claras, con el fin de asegurar el éxito de la repoblación, ya que la encina es una especie de temperamento solar en su edad adulta.
- Repoblación en fondos de valle y zonas con mayor espesor de suelo, ya que es una especie que demanda suelos profundos para su correcto desarrollo.

También se incluyeron especies típicas de ribera como son *Celtis australis* y *Salix eleagnos*, para pequeñas áreas donde las condiciones de humedad e influencia del cauce (intermitente), permiten el desarrollo de estas especies.

Las tablas 70, 71 y 72, expuestas a continuación, informan sobre la ubicación de las especies seleccionadas para cada MUP en función del estrato donde se vaya a intervenir, pendiente y exposición.

Tabla 70. Distribución de la especies de repoblación para el MUP AL052.

Estrato	Pendiente	Exposición	Especie de Repoblación	Observaciones
Arbolado	-	-	<i>Q.ilex</i>	Plantación bajo cubierta
Matorral	>60%	Solana/umbría	<i>Q.coccifera</i> <i>R.lycioides</i>	Laderas más erosionadas
	30-60%	Umbría	<i>Pistacia lentiscus</i>	Barrancos
			<i>Arbutus unedo</i> <i>P.halepensis</i>	
			<i>J.phoenicea</i>	Gran protección en laderas rocosas
	<30%	Solana/umbría	<i>P.pinaster</i>	Suelos calizos lavados
			<i>P.halepensis</i>	
			<i>J.phoenicea</i>	Gran protección en laderas rocosas
Riberas	-	-	<i>Salix sp</i> <i>Celtis australis</i>	Repoblación mixta en ribera

Tabla 71. Distribución de la especies de repoblación para el MUP AL086.

Estrato	Pendiente	Exposición	Repoblación	Observaciones
Arbolado	-	-	<i>Q.ilex</i>	Plantación bajo cubierta
Matorral	Todas	Solana	<i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperus oxycedrus</i> <i>Pistacea lentiscus</i>	Pte>60% en casi toda superficie
		Umbría	<i>Fraxinus ornus</i>	Laderas en umbría
			<i>Arbutus unedo</i>	Barrancos y umbrías
			<i>Pinus halepensis</i>	

Tabla 72. Distribución de la especies de repoblación para el MUP V127.

Estrato	Pendiente	Exposición	Repoblación	Observaciones
Arbolado	-	-	<i>Q.ilex</i>	Plantación bajo cubierta
Matorral	Todas	Todas	<i>Pinus halepensis</i> <i>Juniperus oxycedrus</i> <i>Olea europaea</i>	
			<i>Q.ilex</i>	Suelos profundos
Ribera	-	-	<i>Salix sp.</i> <i>Celtis australis</i>	Repoblación mixta en ribera

B) Método de repoblación

El método de repoblación será la plantación, que consiste en colocar plantas (a raíz desnuda o en envase) de las nuevas especies mediante enterramiento adecuado del sistema radical. En este caso los brinzales provendrán de envase, con unos parámetros de calidad determinados y adecuados a la estación de destino.

Las ventajas de método de plantación son:

- Mayor probabilidad de éxito en la repoblación de medios difíciles pues las plantas de 1, 2 o 3 savias son más resistentes a los riesgos meteorológicos que las plántulas recién nacidas.
- Ganancia de tiempo equivalente a la de la edad de las plantas introducidas.
- Ocupación más rápida y regular del terreno.
- Se hace más fácil mezclar especies de temperamentos diferentes.
- Menor costo de los cuidados culturales. En función de la densidad de plantación se puede demorar la primera clara a los 20 años o más.
- Menor riesgo de plagas y enfermedades en las primeras edades.

Densidad de plantación

En general, ya que se trata de una repoblación protectora, lo ideal sería establecer repoblaciones con una densidad de 2500 pies/ha. Esto incurre en inversiones elevadas, y dada la importancia del factor económico, se disminuirá esta densidad hasta un mínimo de 1600 pies/ha, perteneciendo dos tercios de éste a las coníferas y un tercio a las frondosas. El estrato arbustivo ocupará la misma proporción que las frondosas frente a los pinares, si no hay dificultad en las condiciones edafológicas. En el caso de darse espesores muy bajos y litosuelos, se empleará una proporción de especies arbustivas robustas mayor, ya que estas toleran mejor las estas condiciones.

En el caso áreas de repoblación donde existe un estrato arbustivo previo, las densidades pueden ser más bajas, alrededor de 1000 pies/ha.

La densidad de plantación para *Q.ilex* bajo cubierta será de 600 plantas/ha. En las repoblaciones de ribera, al ser superficies pequeñas, se estudiará el caso en concreto. Por lo general, se proponen plantaciones mixtas de *Salix sp.* y *Celtis australis*, en marcos de plantación de 2x2, dispuestos al tresbolillo. En las siguientes tablas se muestran las proporciones que tienen las repoblaciones mixtas propuestas dentro de cada unidad de actuación:

Tabla 73. Proporciones de especies de repoblación en las unidades de actuación.

MUP	Repoblación Mixta	Proporción (%)
AL052	<i>Q.coccifera-R.lycioides</i>	50-50
	<i>P.lentiscus-A.unedo-P.halepensis-J.phoenicea-P.pinaster</i>	10-5-40-5-40
	<i>P.halepensis-P.pinaster-J.phoenicea</i>	50-40-10
AL086	<i>P.halepensis-J.oxycedrus-P.lentiscus</i>	60-20-20
	<i>F.ornus-A.unedo-P.halepensis</i>	20-10-70
V127	<i>P.halepensis-J.oxycedrus-O.europaea-Q.ilex</i>	70-10-10-10

La proporción de los pinos es mucho mayor a la de las demás especies, ya que el fin que se persigue es obtener un estrato arbóreo protector en el menor tiempo posible. Por ello, se debe programar un seguimiento de la repoblación y evaluar si es necesario realizar tratamientos selvícolas dependiendo de la espesura obtenida a los años.

Tipo de planta

Se demandará plantas de una savia, con índices de esbeltez bajos, para asegurar su desarrollo radical, ya que las condiciones xéricas del destino suponen altas tasas de evapotranspiración y condiciones edáficas deficientes. El envase será de polietileno, de base rectangular, con los siguientes volúmenes:

- Coníferas: 240 cm³
- Frondosas: 400 cm³
- Matorral (*Rhamnus lycioides*, *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*): 240 cm³

Técnica de plantación

La plantación será manual en todas las unidades de actuación, y se llevará a cabo entre Octubre y Febrero, ya que en este periodo la planta se encuentra en para vegetativa. Para asegurar el éxito del establecimiento, el suelo debe tener tempero y evitar la plantación en periodo de heladas o con vientos fuertes.

C) Tratamiento de la vegetación preexistente

La vegetación del lugar objeto de la repoblación, puede generar problemas a la hora del establecimiento de la planta que se desea repoblar, ya que va a suponer una relación de competencia entre el estrato existente y el introducido. Esta competencia se manifiesta: por la luz; y por la humedad y los nutrientes del suelo.

Por lo tanto, en muchos casos es necesario para asegurar la vida de las plantas introducidas reducir la presencia y retrasar el crecimiento de la vegetación preexistente.

En el caso de las repoblaciones que se proponen en este trabajo, únicamente se contempló el desbroce para las áreas de repoblación de *Q. ilex* bajo cubierta de pinares. Se proyectó un desbroce manual con motodesbrozadora, en casillas, y atendiendo a los criterios de la composición florística, es decir, conservando especies que favorezcan la calidad ecológica del entorno.

En las demás zonas de repoblación no se consideró desbroce, puesto que son áreas desarboladas, pudiendo influir negativamente en el complejo suelo-vegetación, ya que lo haría más vulnerable a la erosión hídrica.

D) Preparación del suelo

La preparación del suelo tiene por un lado, la justificación para poder alojar la planta o semilla, y por otro facilitar el arraigo debido a posibles condiciones edáficas deficientes.

Los objetivos de la preparación del suelo son los siguientes:

1 - Aumentar la profundidad útil del perfil, disgregando capas profundas mediante acción mecánica, para conseguir una mayor profundización de los sistemas radicales.

2 - Aumentar la capacidad de retención de agua del perfil, a través del aumento de profundidad explicado en el punto anterior.

3 - Aumentar la velocidad de infiltración de agua en el perfil mediante un mullido que posibilite anular la escorrentía y por tanto la erosión hídrica. Esta reducción de la escorrentía se puede reforzar con cambios en la forma de la superficie del suelo, creando estructuras que contengan el agua.

4 - Facilitar la penetración mecánica de las raíces de las plantas introducidas mejorando transitoriamente la permeabilidad mediante las labores, de modo que un sistema radical más extenso pueda compensar la baja fertilidad y las posibles sequías. El mullido también facilita la aireación de las capas profundas del perfil mejorando el ambiente edáfico.

5 - Reducir las posibilidades de invasión del matorral después de la plantación o siembra que había sido conseguida con los desbroces.

6 - Facilitar las labores de plantación o siembra y mejorar la supervivencia de las plantas introducidas.

Con la preparación del terreno en el clima mediterráneo se busca el mayor aporte de agua para la planta. La dimensión del hoyo tiene una gran importancia en las zonas con sequía estival. Así, una mayor dimensión reduce las posibilidades de marras y facilita las posibles reposiciones de plantas.

La problemática detectada en la zona es, por un lado, la elevada pedregosidad del terreno, lo cual dificulta o imposibilita las labores de previas de preparación del suelo; y por otro lado, las elevadas pendientes de muchas zonas afectadas por la repoblación, superiores al 50%.

Para la preparación del suelo se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Pendiente:
 - <25%→Tractor agrícola
 - <70%→Retroaraña
 - >70%→Ahoyado manual

- Vegetación preexistente: Respetar las especies de alto valor ecológico para el entorno, del tipo de las especies arbustivas con las que se va a repoblar.

- Material rocoso: Es un factor limitante, ya que incide negativamente tanto en el trabajo de la maquinaria en fuertes pendientes, como en la dificultad o imposibilidad de realizar el ahoyado manual.

Se propone una preparación puntual, y mecanizada mediante excavadora en las áreas donde la pendiente no supere el 70%. Para pendientes mayores, se recurre al ahoyado manual, llevando a cabo este también en la repoblación de *Q.ilex* bajo cubierta, dadas las condiciones de espesura del emplazamiento.

Ahoyado con retroaraña

La máquina avanza contrapendiente abriendo hoyos con dimensiones de 60x60x60 cm. Se distribuyen de forma puntual y aleatoria, irregularmente por el terreno, en aquellos lugares donde se observe la existencia de una bolsa de suelo, donde no existan afloramientos rocosos y se pueda hacer el hoyo de las dimensiones especificadas, y donde la pendiente permita trabajar a la máquina. La retroaraña lleva una cuchilla que desbroza al mismo tiempo que prepara el terreno. Dos rejonos permiten realizar el hoyo, retener la pedregosidad y dejar en el hoyo la tierra exclusivamente.

Con esta operación concluye la preparación del suelo propiamente dicha, pero se puede complementar con la elaboración de una plataforma horizontal o con contrapendiente y de unos canales laterales en ángulo de 45° que parten de los vértices superiores y que tienen la misión de recoger el agua de escorrentía. Todas estas últimas operaciones se realizan manualmente y con azada y la resultante se denomina también banquetas con microcuenca.

Ahoyado manual

Se procederá a la apertura de hoyos de 40 cm. de profundidad, de forma tronco piramidal, con 40x40 cm. en su base superior y 20x20 en su base inferior, en suelos pedregosos y/o compactos, con pendiente del terreno superior al 70 %, en función de las condiciones del suelo, ya que para pendientes del 60% y con afloramientos rocosos el empleo de la retroaraña puede estar comprometido, lo que obliga al ahoyado manual. Para la apertura de los hoyos se utilizará la azada o el zapapico si el terreno es muy duro, auxiliándose de la pala en caso de ser necesario.

D) Trabajos complementarios a la plantación

Se llevará a cabo una serie de cuidados culturales necesarios para completar el proyecto y asegurar el éxito, que hacen referencia a la protección y aumento de calidad de establecimiento de los brinzales.

Tubos protectores

Para los fines de protección individual, eficaces frente a roedores, se fabrican en la actualidad protectores individuales de plantas de los que hay dos modelos básicos. Uno de ellos es una malla de plástico de forma cilíndrica, que se coloca alrededor de la planta con la ayuda de una o dos cañas o palos clavados en el suelo. Son recuperables una vez superada la edad de peligro. El otro modelo se construye en plancha de plástico rígido, con forma cilíndrica o prismática, que se ancla al suelo con la ayuda de una vara metálica o un palo. También reciben el nombre de tubos invernadero. En climas cálidos deben ir perforadas para evitar un excesivo calentamiento del aire alrededor de la

planta. Introducen una modificación de la forma de la parte aérea de la planta, haciéndola más esbelta y aumentando el desarrollo longitudinal en las primeras edades.

Las ventajas de los tubos invernadero son:

- Protección eficiente, mientras no supera la altura de la planta a la del tubo, frente a la predación por herbívoros.
- Creación de un microclima tal que: aumenta la duración del periodo vegetativo por calentamiento; mantiene una atmósfera con mayor humedad relativa; disminución de la velocidad del viento y de la evaporación; reducción de las radiaciones de onda corta, produciendo todo ello una mayor probabilidad de arraigo o reducción del número de marras en condiciones de extremado estrés hídrico.
- Aumento relativo, frente a plantas sin tubo, del crecimiento longitudinal en las primeras edades.

Los inconvenientes de los tubos invernadero son:

- Elevado coste, de modo que su instalación puede duplicar el presupuesto de ejecución de la repoblación.
- Exceso de calentamiento de la planta dentro del tubo, con incremento de las temperaturas interiores del orden de hasta 15°C en algunos modelos, lo que puede suponer, si se superan los 50°C en el interior, causa de muerte de las plantas.
- Inducción de deformaciones o desequilibrios morfológicos sobre las plantas protegidas. Se produce un exceso de esbeltez que puede desembocar en que cuando se retira el protector al cabo de cuatro o cinco años, el tallo no tenga resistencia suficiente y tienda a doblarse. Por otra parte, la proporción entre

biomasa radical y aérea puede no ser la adecuada para resistir las nuevas condiciones microclimáticas tras la retirada del protector.

- Cuando se han ensayado los tubos invernadero con planta de máxima calidad y en años climáticamente normales, no se han producido diferencias en el número de marras por el hecho de instalar protectores.

- el microclima peculiar dentro del tubo favorece la presencia de insectos en su interior. Las aves insectívoras entran en los tubos y su forma les impide salir, provocando la muerte de numerosos ejemplares. También es frecuente la aparición de avisperos dentro de los tubos, con el riesgo que se deriva para los operarios.

- En algunos casos, la presencia del tubo favorece especialmente a herbáceas y leñosas adventicias que se desarrollan con profusión dentro del protector compitiendo con la planta principal, lo que obliga a escardas individuales de alto costo.

La decisión de instalar tubos invernadero se debe tomar tras un análisis detallado de las condiciones estacionales (régimen térmico e hídrico), del coste en relación con la densidad de plantación y de la superficie a repoblar, y de la morfología juvenil, temperamento y crecimiento de la especie principal. Todo ello en el contexto definido por el objetivo preferente de la repoblación.

Una vez estudiada las ventajas e inconvenientes de la implementación de tubos invernadero, el empleo de estos se realizará de acuerdo a las características de cada rodal y tipo de planta.

Se propone el empleo de tubos invernadero para la repoblación de Qilex bajo cubierta, a modo de protección ante la predación que suponen los roedores, y el aumento de la esbeltez de las plantas con el fin de fomentar el crecimiento en altura y poder tener mayor acceso a la luz directa.

En las repoblaciones con exposición de solana, se desestima el empleo de tubos invernadero, ya que en la cuenca se alcanzan temperaturas elevadas en periodos cálidos, lo que desemboca en un calentamiento excesivo del microclima producido por dicho tubo, y que afecta negativamente a la planta. Además, el hipotético aumento de la esbeltez para estas zonas, puede ser una desventaja, ya que esto implica una proporción mayor de biomasa aérea respecto a la radical, y en un contexto donde las condiciones edafológicas son deficientes y las condiciones climáticas producen altas tasas de evapotranspiración, es más adecuado que la planta desarrolle un buen sistema radical.

En las exposiciones de umbría y barrancos, se propone el empleo de tubos invernadero, para que el aumento de esbeltez represente una ventaja ante el estrato colindante con el que compiten las plantas, además de funcionar como medio de protección frente a la predación.

Castillete de piedras

Se propone instalar un conjunto de piedras procedentes de las inmediaciones, mediante las cuales se proteja la base de la planta de los vientos y produzca un aumento de la humedad.

Incendios forestales

En el apartado 8.6.2 de tratamientos de continuidad y mejora se explica con detalle las labores a realizar en las áreas de colindantes a la repoblación, y en la repoblación de *Q. ilex* bajo cubierta, donde se dan espesuras mayores. En el general, la superficie propuesta para la repoblación está desarbolada en su mayoría, y su espesura se debe a las especies de matorral, que en la mayoría de casos tienen pérdidas de suelo por encima de las tolerantes. Por tanto, se propone la no actuación sobre este estrato, a causa del efecto hidrológico que supone.

Reposición de marras

Con el fin de cumplir con un buen plan de seguimiento, se propone la revisión periódica de la evolución de la repoblación, con el fin llevar a cabo reposición de marras y un análisis sobre las posibles causas. A través de las conclusiones de estos estudios, es posible determinar la influencia de diferentes parámetros que intervienen en el éxito de una repoblación, como por ejemplo la climatología, planificación, ejecución o la calidad del material forestal de reproducción.

En base a la densidad de la repoblación protectora y las condiciones del terreno en que se va actuar, se fijará un porcentaje de marras admisible del 10%.

Hidrogel

Se trata de mejoradores de suelo, que tienen la capacidad de absorber y ceder agua, lo que mejora las condiciones de arraigo de las plantas. Según la climatología de la zona, las plantas sufren una sequía estival, produciéndose un estrés hídrico. El aporte de hidrogel produce un aprovechamiento mayor de las lluvias y ayuda en la reducción de las marras.

Se incluirá aporte de hidrogel de textura gruesa, con una dosis de 5 gramos por planta, colocándose en contacto con las raíces, para todos aquellos suelos que no presenten textura arcillosa. Los hidrogeles son funcionales a bajas tensiones matriciales, lo que les hace inapropiados para suelos muy arcillosos, dando una baja capacidad de retención (Del Campo, 2008).

8.6.2. Actuaciones de Continuidad y Mejora de la Masa Forestal

Las actuaciones correspondientes a fomento de la continuidad y mejora de la masa, hacen referencia a todas aquellas labores silvícolas que persiguen el objetivo de mejorar el estrato arbolado de la cuenca, así como la defensa ante incendios. De esta manera se obtiene un incremento de la calidad ambiental, favoreciendo el desarrollo y evolución de las masas forestales, sin descuidar el carácter protector que estas deben representar para la cuenca.

Desbroce

Se propone el desbrozado con dos objetivos principales:

- Restar competencia a las especies repobladas: Esto ha sido explicado en el apartado 6.8.1, en la descripción del tratamiento de la vegetación existente.
- Protección antincendios

El desbroce permite disminuir la continuidad horizontal del fuego, al eliminar material combustible herbáceo y arbustivo, los cuales están asociados a un modelo de combustión determinado. Por otro lado, este estrato tiene una funcionalidad importante en cuanto a cobertura del suelo, mejorando las condiciones hidrológicas y llevando a cabo una acción protectora frente a la erosión. Ya que uno de los objetivos del presente trabajo es disminuir la erosión en la zona de estudio, a través del manejo del complejo suelo-vegetación, se analizaron los casos en los que aplicar el desbroce sin hacer vulnerable al suelo ante la erosión hídrica. Por tanto, únicamente se propone desbroce para las zonas con pérdidas de suelo inferiores a 10 tn/ha/año.

Por otro lado, dentro del Dominio Público Hidráulico, se propone la limpieza de cauces donde exista vegetación excesivamente densa, dando lugar a cauces bien acondicionados que protejan las riberas de posibles desbordamientos y ofrezcan una buena calidad paisajística.

Los desbroces se llevarán a cabo mediante motodesbrozadora en pendientes mayores del 20%, y con desbrozadora de cadenas acoplada a un tractor agrícola en pendiente menores.

Podas

La poda consiste en la supresión de ramas de los árboles en pie, sean muertas o vivas, de forma artificial, para conseguir un objetivo concreto. En este caso, se persigue los siguientes objetivos:

- Atender a una mejora sanitaria suprimiendo ramas afectadas por plagas o enfermedades
- Reducir el riesgo de incendio forestal en determinadas masas

En las zonas de actuación, se llevarán a cabo podas de formación sobre arboles jóvenes, eliminando las ramas inferiores con el objetivo de lograr una copa equilibrada y una buena morfología del fuste. También se realizarán podas en los individuos más adultos, eliminando las ramas inferiores hasta una altura de 2 metros, ya que el *Pinus halepensis* carece de autopoda. De esta forma se disminuye la continuidad vertical del fuego en un incendio.

La poda de ramas puede interferir en mayor o menor medida en la interceptación que producen las copas de los árboles en eventos lluviosos. En este caso se considera despreciable, ya que la intensidad de la actuación es leve. Por tanto, las podas podrán ejercerse en zonas donde la pérdida de suelo sea mayor que la admisible (10 tn/ha/año).

La maquinaria a emplear será la motosierra para árboles adultos, y tijeras en los árboles más jóvenes.

Claros

Las claras se definen como la corta de parte de los pies de la masa principal regular en los estados de latizal y fustal. Los objetivos perseguidos con este tipo de actuaciones son:

- Reducir la competencia dentro de la masa para procurar su estabilidad biológica, anticipándose en lo posible a dicho fenómeno.
- Regular o mantener la composición específica de la masa.
- Protección antincendios.

Se aplicaran dos tipos de claras:

- Bajas: Se intervendrá sobre el estrato dominado, es decir, los árboles que tengan comprometido su crecimiento, presentando una morfología deficiente, a causa de la competencia que sufren con los individuos del entorno. De esta manera se disminuye la competencia y se mejora la sanidad en general. Tras esta actuación, se incorporará la especie *Q.ilex* mediante repoblación bajo cubierta, ya que se le habrá retirado competencia a nivel de sotobosque, y tendrá como protección el dosel arbóreo en sus primeras etapas de desarrollo.

- Altas: Esta actuación únicamente se llevará a cabo en las zonas pobladas con la especie *Q.ilex* en su estado adulto, con el fin de intervenir sobre el estrato dominante de pinos, para favorecer el desarrollo de dicha especie climática.
- Mixtas: Serán mixtas cuando se combinen los dos tipos de claras explicados anteriormente.

Las claras únicamente afectarán a zonas donde la pérdida de suelo sea menor a la admisible, ya que el objetivo de la intervención es eliminar espesura, y por tanto se aumenta la superficie de influencia de la lluvia en el suelo.

La intensidad o peso de la clara será débil, es decir, un 20% del área basimétrica inicial.

El apeo será manual mediante motosierra, y la retirada se efectuará con mulos de carga, debido a la reducida área de actuación en que tendrá lugar esta medida.

Resalveo de *Q.ilex*

Consiste en extraer los pies dominados, deformes, inclinados y puntisecos, que conforman las cepas de encina, ya que la máxima competencia que la especie tiene en el entorno son los propios chirpiales que conforman dicha cepa. Se persigue fomentar el desarrollo de la especie climática transformando dicha masa en monte alto, dando lugar a individuos más vigorosos y competentes con el pinar.

Se cortarán las ramas de tal manera que la altura de copa represente 1/3 del total, de esta forma se estimula el crecimiento en altura y una buena morfología.

Se realizará mediante una desbrozadora manual o motosierra, en época de parada vegetativa y evitando heladas.

Eliminación de despojos

Los restos procedentes de las claras que presenten un diámetro mayor a 5 cm, se emplearán para la construcción de pequeñas albarradas. Estas se ubicarán en lugares afectados por erosión en cárcavas existentes en el margen izquierdo de la parte alta de la cuenca, pudiendo ser apoyadas también con la incorporación de material vegetal de repoblación, en estrato arbustivo de matorrales de especies *Quercus coccifera* y *Pistacia lentiscus*, capaces de establecerse en suelos degradados.

Los diámetros inferiores a 5 cm serán triturados con desbrozadora de cadenas. Esta actuación tiene efectos positivos en relación a:

- Diminución del riesgo de incendios
- Menor probabilidad de afección de plagas
- Incorporación de nutrientes al suelo

Restauración y mejora de bancales

Los bancales tienen un efecto hidrológico muy importante en la cuenca, ya que evitan las pérdidas de suelo y suponen un medio propicio para el establecimiento de cualquier tipo de vegetación, dada su profundidad de suelo y buena infiltración.

Como se comentó en el apartado de ordenación, existen áreas que presentan cultivos abandonados, lo cual afecta a la conservación de estos bancales, ya que con el paso del tiempo pierden la funcionalidad si no son conservados. Estas áreas son propiedad privada, y por tanto la actuación depende de la voluntad del propietario. En estos casos se recomienda establecer contacto con éste, y establecer medidas correctoras en las estructuras abancaladas.

Otra opción paralela, es la repoblación de dichas superficies, las cuales tienen un gran potencial para albergar vegetación por las buenas condiciones edáficas que poseen. Ello supondría un cambio de uso, como se ha especificado anteriormente en la ordenación.

El método requeriría una escarificación del suelo previa a la plantación, para mejorar las condiciones hídricas de este, aumentando la profundidad útil y por tanto, la capacidad de retención de agua.

Resumen de las Biotécnicas y Medidas propuestas para los Montes de Utilidad Pública.

Las biotécnicas y medidas propuestas, se han distribuido en cada monte de acuerdo a los factores expuestos en el apartado 8.5. En la tabla 74 se puede observar la superficie ocupada por cada una de ellas.

Tabla 74. Superficie correspondiente a las medidas propuestas para cada MUP.

Medidas	Superficie (ha)		
	AL056	AL082	V127
Desbroce + Podas	5,6	1,4	0,1
Desbroce + Podas + Resalveo	0,5	-	-
Podas	17,1	18,0	0,1
Podas + Resalveo	1,2	6,9	-
Mantener Matorral	685,1	29,8	75,1
Mejora de Bancales	21,2	0,5	-
Repoblación	1019,6	136,1	200,2
Repoblación + Resalveo	8,2	1,3	-
Resalveo	8,7	0,2	-

8.7. Hidrotécnicas de corrección en cauces

La utilización de obras transversales de corrección de cauces (diques, albardas y umbrales de fondo) está enmarcada dentro de la restauración hidrológico-forestal, y en un sentido más amplio se integra en la lucha contra la desertificación desde el punto de vista de la prevención y reducción de la degradación de las tierras y la recuperación de tierras degradadas.

Se emplean para el control del fenómeno torrencial en los cauces en aquellas cuencas caracterizadas por crecidas súbitas y violentas y, en mayor o menor medida, caudales sólidos incorporados a la corriente, bien en forma de suspensiones (materiales finos) originados principalmente por erosión superficial, o bien como acarreos (materiales gruesos) debidos fundamentalmente a la erosión de lechos y márgenes de cauces.

Los diques son obras transversales menores a 15 metros que, ofrecen la solución más efectiva para el control de los caudales sólidos, mediante la consolidación de laderas y la retención de materiales, sólidos o líquidos, evitando que se incorporen a la corriente o una vez ya producidos conseguir que queden reducidos al mínimo por depósito y sedimentación de los mismos.

8.7.1. Objetivos

Se trata por lo tanto de obras de corrección y estabilización de cauces que:

- Establecen un punto fijo en el lecho del cauce, controlando su descenso progresivo.
- Mientras el vaso de embalse que originan se encuentran sin aterrar, el efecto de presa hace que las aguas embalsadas frenen la velocidad de llegada de los sedimentos, se depositen los más gruesos y disminuya en su caudal de vertido la proporción sólida.
- Los depósitos que se producen van formando un aterramiento que eleva el cauce hasta alcanzar la pendiente de compensación (pendiente de equilibrio

entre la tensión tractiva del agua y la tensión límite de arrastre de los materiales), menor que la del cauce natural.

– La elevación del cauce, en el entorno que comprende el aterramiento, da lugar a que el nuevo lecho, elevado y asentado sobre los acarrees retenidos, tenga secciones de mayor anchura, que posibilitan la circulación de caudales por perfiles de amplia base, con disminución del radio hidráulico, igual sensiblemente al calado de las aguas.

– La cuña de aterramiento adosada a la obra ejerce sobre los taludes o laderas que conforman los márgenes del torrente una función consolidadora, ya sea porque tal cuna sirve de apoyo fijo, no erosionable por debajo del plano del aterramiento estabilizado, ya porque el derribo propio de aquellas laderas ira paralizándose al pie de las mismas, remontándose sobre ellas hasta alcanzar el nuevo plano del terraplén natural de equilibrio, con lo que se habrá sensiblemente anulado, en el intervalo de influencia, la aportación lateral más directa de sólidos al cauce.

8.7.2. Tipos de diques

- Diques de consolidación. Tienen por objeto evitar los fenómenos de erosión en cauces y en las laderas marginales afectadas por inestabilidad. Este objetivo se consigue mediante la cuña de aterramiento que se forma sobre el nivel del lecho y que reduce la pendiente del mismo, evitando su profundización. Se colocan inmediatamente aguas abajo de los taludes o márgenes a estabilizar o se disponen escalonadamente a lo largo de aquellos tramos del cauce que más acusadamente presentan fenómenos de erosión lineal.

- Diques de retenida. Destinados a detener la mayor cantidad posible de materiales, sólidos o líquidos. Se emplazan aguas arriba de la zona en que se producen los daños por acarrees o caudales líquidos, aprovechando la existencia de buenas cerradas y de ensanchamientos que definan importantes volúmenes de embalse. En el caso de retención de materiales sólidos, los de retención total suelen colocarse como cierre de garganta de torrentes y los de retención selectiva se suelen emplear en torrentes de tipo alpino que presentan

una mayor granulometría en los materiales que transportan. En cuanto a los diques de retención de caudales líquidos destacan los de recarga de acuíferos cuya función es la de embalsar agua, de tal forma que ésta pueda infiltrarse y pasar a aumentar el volumen del material del acuífero subyacente.

- Diques de laminación, son los que menos incidencia tienen en la lucha contra la desertificación ya que su función principal es la de disminuir la punta de los caudales líquidos de avenida mediante el embalse temporal del caudal de avenida cuando el caudal que llega al dique sea superior al que sea capaz de evacuar por las troneras. Se sitúan en ensanchamientos del cauce que permitan elevados volúmenes de embalse.

El dique propuesto para el presente trabajo es de retención de caudales sólidos y consolidación, en los cuales se distinguen dos etapas básicas de funcionamiento:

- Colmatación: donde el empuje hidrostático del agua con sedimentos actúa sobre el paramento aguas arriba del dique.
- Aterramiento: donde el empuje hidrostático actúa únicamente sobre las alas del dique, estando sometido el resto de la obra al empuje de tierras.

Las albarradas, por su parte, son obras transversales de pequeña altura ($h \leq 3$ m), generalmente de mampostería en seco o gavionada, que se suelen emplear en gran número y definidas por secciones tipo para las correcciones de cabeceras de barrancos o para barranquillas laterales.

En las zonas de fenómenos erosivos avanzados, se utilizan también para estabilizar las cárcavas, junto con otras acciones biológicas. Como se ha explicado anteriormente, se llevarán a cabo pequeñas albarradas a partir del residuo de los trabajos selvícolas. Se llevará a cabo la instalación de vegetación, sostenida por estas estructuras, ubicándose inmediatamente aguas arriba de la albarrada, fomentando así la revegetación de la zona a la vez que se disminuye la escorrentía.

8.7.3. Actuaciones propuestas en la cuenca

En la actualidad está en proceso de construcción la presa de Oliva-Adsubia. Esta se sitúa en las coordenadas UTM 747283 m E 4305033 m N, zona 30 N, ubicada en la Unidad Hidrológica III, en un encajonamiento del cauce:



Figura 31. Localización de la presa de Oliva-Adsubia.

Se trata de una presa de laminación que tiene la finalidad de proteger a los centros poblados ubicados aguas abajo de desbordamientos de la rambla en episodios de fuertes crecidas. Por tanto, además de los objetivos que se persigue con las estructuras transversales propuestas en este trabajo descritos anteriormente, también tienen la finalidad de alargar la vida útil dicha presa, reteniendo material sedimentario.

Para la propuesta de ubicación de diques y albarradas, se ha contado con la información procedente del análisis efectuado a través del HMS, en el cual se describe la aportación de cada subcuenca al cauce principal.

Como se explicó en el apartado 5.4.2 de “cálculo de caudales punta mediante simulación con HEC-HMS”, se ha dado mayor importancia al control en la Unidad Hidrológica III, ya que es la que mayor caudal produce en la cuenca, y también la que peores condiciones posee en cuanto a estados erosivos.

Así pues, se ha contemplado la ubicación de albarradas en los barrancos tributarios al margen izquierdo de la Rambla Gallinera en la Unidad Hidrológica III, ya que a través del análisis de caudales máximos se puede comprobar que su aportación es muy significativa. Este margen se caracteriza por un fuerte encajonamiento de la red fluvial con pendientes muy acusadas y afloramientos rocosos.

Se propone la ubicación de un dique de retención en la propia Rambla Gallinera, con el que se pretende proteger los cultivos presentes en el último tramo de la Unidad Hidrológica III, ya que se encuentran en zonas potencialmente inundables en episodios de crecidas de gran magnitud.

La acción de las albarradas en conjunto con las biotécnicas y medidas propuestas, en concreto para la Unidad Hidrológica III, llevarán a cabo un efecto regulador del caudal de escorrentía tanto desde el cauce, como el procedente de la ladera, lo que a la vez supone una disminución del caudal sólido que desemboca en la Rambla Gallinera.

Respecto a la Unidad Hidrológica II, se han planteado dos albarradas en la parte alta, ya que pese a que el caudal aportante no tiene tanta magnitud como la UH III, sí que presenta valores significativos respecto del drenaje total.

En la Unidad Hidrológica I, se han propuesto albarradas en 2 barrancos de la zona Nor-Oeste, con el objetivo de proteger los cultivos que existen aguas abajo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- **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).
- **Aguilella, A., S. Fos y E. Laguna.** *Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas.* Colección Biodiversidad, 18. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge de la Generalitat Valenciana. Valencia, 2010.
- **Alejandro J. Pérez Cueva.** *Atlas Climático de la Comunidad Valenciana.* Conselleria de Obres Publiques, Urbanisme y Transportes. Valencia, 1994.
- **Allué, J.L.** *Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías.* Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 1990.
- **Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.** *Máximas luvias diarias en la España peninsular.* Ministerio de Fomento. Madrid, 1999.
- **Emilio J. Sanchos Moll.** *Guía de la Naturaleza de la Comunidad Valenciana.* Ed. Levante. Valencia, 1989.
- **F. López Cadenas de Llano.** *Corrección de torrentes y estabilización de cauces.* Colección F.A.O. Fomento de tierras y aguas. Roma, 1988.
- **F. López Cadenas de Llano y J.A. Mintegui Aguirre.** *Hidrología de Superficie. Tomo I.* Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Ed. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid, 1986.
- **F. López Cadenas de Llano.** *Restauración Hidrológico-Forestal de Cuencas y Control de la Erosión.* Ed. Multi-Prensa. Madrid, 1998.
- **J.A. Mintegui Aguirre y J.C. Robredo Sánchez.** *Estrategias para el Control de los Fenómenos Torrenciales y la Ordenación Sustentable de las Aguas, Suelos y Bosques de las Cuencas de Montaña.* Ed. Programa Hidrológico Internacional para América Latina y el Caribe (PHI-LAC), 2008.
- **J.L. Allué Andrade.** *Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías.* Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 1990.
- **Jose Luis Muñoz Martinez.** *AQUALIS: Aplicación sobre el SIG ArcView para el cálculo de precipitaciones máximas diarias en cuencas con MAXPLU.* Ed.

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid, 2002.

- **J.M. Gisbert.** *Taxonomía de Suelos.* Departamento de Producción Vegetal. ETSIA. Ed. UPV. Valencia, 2002.
- **MOPU.** *Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial.* Ed. Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid, 1990.
- **Rivas Martínez, S.** *Mapa de las Series de Vegetación de la Península Ibérica.* ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 1987.
- **U.S. Army Corps of Engineers.** *Hydrologic Engineering Center. HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), versión 3ª, Technical Reference Manual.* Ed. A.D. Feldman. Washington D.C., 2000.
- **Ven Te Chow.** *Hidráulica de Canales Abiertos.* Ed. Martha Edna Suárez R. McGraw-Hill Interamericana, S.A. Colombia, 1994.

REFERENCIAS WEB

- **Atlas Climático Digital de la Península Ibérica.**

<http://opengis.uab.es/wms/iberia/index.htm>

- **Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).**

<http://www.cnig.es/>

- **Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ).**

Principal:

<http://www.chj.es/Organismo/paginas/organismo.aspx>

Cartografía:

<http://www.chj.es/medioambiente/sistemasdeinformacion/Paginas/ListaCartografiacos.aspx>

- **Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda (CMAAUV) de la Generalitat Valenciana.**

Principal:

<http://www.cma.gva.es/web/>

Cartografía:

<http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=1130&idioma=C>

Instituto Cartográfico Valenciano:

<http://www.icv.gva.es/>

- **Global Bioclimatics.**

http://pendientedemigracion.ucm.es/info/cif/book/bioc/global_bioclimatics_9.htm

- **Instituto Geográfico Nacional (IGN) Atlas Nacional de España**

Principal

<http://www.ign.es>

Cartografía

http://www.fomento.gob.es/mfom/lang_castellano/direcciones_generales/instituto_geografico/cartografia/

- **Instituto Geológico y Minero (IGME)**

Principal

<http://www.igme.es/internet/default.asp>

Cartografía:

<http://mapas.igme.es/ServiciosWMS/default.aspx>

- **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)**

http://www.fao.org/index_es.htm

- **Cartografía de suelos:**

<http://www.fao.org/nr/land/suelos/mapa-digital-del-suelo-del-mundo/es/>

- **Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM)**

Principal:

<http://www.marm.es/>

Banco de datos de la biodiversidad:

<http://www.marm.es/es/biodiversidad/temas/Default.aspx>

Sección de cartografía y SIG:

<http://www.marm.es/es/cartografia-y-sig/temas/default.aspx>

ANEXOS

ÍNDICE ANEXOS

ANEXO I: CLIMATOLOGÍA

ANEXO II: HIDROLOGÍA

ANEXO III: EROSIÓN

ANEXO IV: REPORTAJE FOTOGRÁFICO

ANEXO I
CLIMATOLOGÍA

Tabla 1. Datos generales Estación Meteorológica Pego-Convento

Estación Meteorológica: Pego Convento			
Provincia	Alicant e	Años de temperatura	33
Orientación	W	Año inicio de temperatura	1969
Años de precipitación	43	Año fin de temperatura	2003
Año inicio de precipitación	1961	Tipo	Termo- pluviométrica
Año fin de precipitación	2003	Altitud	82
		Latitud	38° 50'
		Longitud	00° 07'

Tabla 2. Temperatura Estación Meteorológica Pego-Convento

Temperatura media estacional y anual (°C)												
Prima vera	Verano	Otoño	Invierno	Anual								
16,3	25,4	19,3	12,2	18,3								
Temperaturas medias mensuales (°C)												
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
11,7	12,4	14,1	15,9	19	23,1	26,3	26,8	23,6	19,2	15,2	12,5	18,3
Temperatura media mensual de las máximas absolutas (°C)												
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Máx Anual
22,8	24,7	27,5	28,9	31,4	35,4	38,3	38,4	34,9	30,5	25,8	22,9	39,3
Temperatura media mensual de las mínimas absolutas (°C)												
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Mín Anual
2,6	2,5	4,3	6,2	9	13,4	17,3	18,1	14,4	10,1	5,6	2,9	1,2
Temperatura media de mínimas del mes más frío: 7,3 Temperatura media de máximas del mes más cálido: 32,1												

Tabla 3. Precipitaciones Estación Meteorológica Pego-Convento

Pluviometría estacional y anual (mm)												
Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual								
211,9	69,4	321,2	233	835,6								
Precipitaciones máximas en 24 horas (mm)												
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Máx
27,4	31,9	40,4	40,5	25,7	18,3	7,8	19,3	47,7	55,4	58	41,1	130,9
Pluviometría media mensual (mm)												
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
70,8	72,1	77,6	73	61,3	31,4	9,8	28,2	87,6	120,5	113,1	90,1	835,6

Tabla 4. Índices climáticos estación Pego-Convento.

Índice de potencialidad agrícola de Turc en regadio																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Primav era	Vera no	Otoñ o	Invier no	Anua l
2,1 4	2, 8	3,8 5	5,0 6	6,4 5	7,5 4	7,6 2	6,8 5	5,5 9	4,1 1	2, 8	2,0 9	15,36	22	12,5	7,03	56,8 9
Índice de potencialidad agrícola de Turc en secano																
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Primav era	Vera no	Otoñ o	Invier no	Anua l
2,1 4	2, 8	3,8 5	5,0 6	6,4 5	0	0	0	2,1	4,1 1	2, 8	2,0 9	15,36	0	9,01	7,03	31,3 9

Tabla 5. Evapotranspiración Anual en estación Pego-Convento.

ETP anual (Thornthwaite) (mm)											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
23	25,6	40,5	54,7	86,6	127,2	166,1	161,5	111,7	69,7	38,2	25,5
Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual							
181,8	454,9	219,7	74,1	930,50							

Tabla 6. Clasificación Papadakis Pego-Convento.

Clasificación climática de Papadakis				
Tipo de Invierno	Tipo de Verano	Régimen de Humedad	Régimen Térmico	Clasificación
Ci	g	ME	Su	Mediterráneo subtropical

Tabla 7. Datos Estación Pego-Convento.

Factor R de erosión	368,33
Periodo seco o árido	3 meses
Periodo cálido	2 meses
Periodo frío o de heladas	0 meses

ANEXO II:
HIDROLOGÍA

Tabla 8. Resultado de Simulación método HEC-HMS (T=10 años)

Resultado Simulación HEC-HMS T=10 años				
Elemento	Área Drenaje (Km ²)	Qpunta (m ³ /s)	Instante (minutos)	Almacenamiento (mm)
Subbasin-1	4,098,680	35,6	01ene2000, 11:28	84,78
Junction-1	4,098,680	35,6	01ene2000, 11:28	84,78
Reach-1	4,098,680	35,6	01ene2000, 11:37	84,78
Subbasin-2	3,258,818	28,5	01ene2000, 11:25	83,1
Junction-2	7,357,498	62,9	01ene2000, 11:32	84,03
Reach-2	7,357,498	62,7	01ene2000, 11:53	84,02
Subbasin-3	4,741,993	34,8	01ene2000, 11:48	85,82
Junction-3	12,099,491	97,4	01ene2000, 11:52	84,73
Reach-3	12,099,491	97	01ene2000, 12:18	84,7
Subbasin-4	10,557,090	71,2	01ene2000, 12:05	87,53
Junction-4	22,656,581	166,7	01ene2000, 12:15	86,02
Reach-4	22,656,581	165,5	01ene2000, 12:43	85,98
Subbasin-6	6,619,661	24,1	01ene2000, 12:32	55,99
Junction-6	6,619,661	24,1	01ene2000, 12:32	55,99
Reach-5	6,619,661	24,1	01ene2000, 12:51	55,98
Subbasin-5	12,112,117	47,6	01ene2000, 11:39	45,6
Subbasin-7	6,266,568	22,5	01ene2000, 11:38	43,49
Junction-5	47,654,927	233,8	01ene2000, 12:40	65,96
Reach-6	47,654,927	233,7	01ene2000, 12:41	65,96
Subbasin-9	1,857,332	7,3	01ene2000, 12:26	60,27
Subbasin-8	0,459783	1,6	01ene2000, 11:14	31,51
Junction-7	49,972,042	241,3	01ene2000, 12:41	65,43
Reach-7	49,972,042	240,9	01ene2000, 12:48	65,43
Subbasin-11	3,585,430	17,3	01ene2000, 11:36	54,53
Subbasin-10	1,433,806	1,6	01ene2000, 12:18	19,05
Junction-8	54,991,278	252	01ene2000, 12:47	63,51
Reach-8	54,991,278	251,7	01ene2000, 12:51	63,51
Subbasin-12	1,017,297	3,3	01ene2000, 11:22	38,97
Sink-1	56,008,575	253	01ene2000, 12:51	63,06

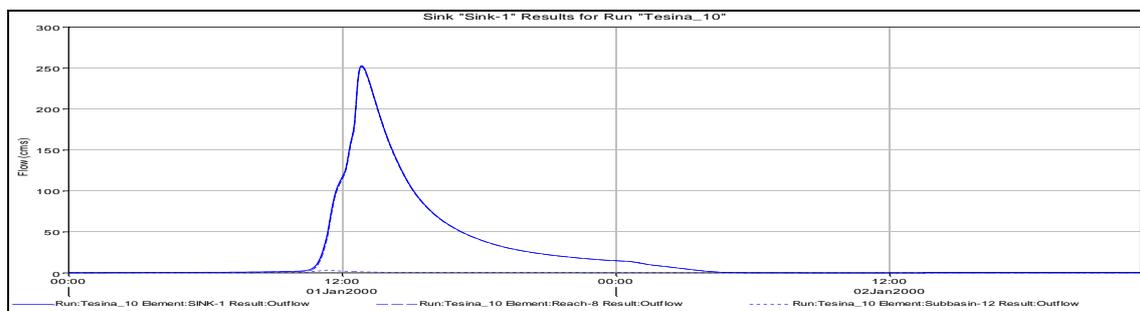


Figura 1. Resultado de Simulación método HEC-HMS (T=10 años)

Tabla 9. Resultado de Simulación método HEC-HMS (T=25 años)

Resultado Simulación HEC-HMS T=10 años				
Elemento	Area Drenaje (Km ²)	Qpunta (m ³ /s)	Instante (minutos)	Almacenamiento (mm)
Subbasin-1	4,098,680	35,6	01ene2000, 11:28	84,78
Junction-1	4,098,680	35,6	01ene2000, 11:28	84,78
Reach-1	4,098,680	35,6	01ene2000, 11:37	84,78
Subbasin-2	3,258,818	28,5	01ene2000, 11:25	83,1
Junction-2	7,357,498	62,9	01ene2000, 11:32	84,03
Reach-2	7,357,498	62,7	01ene2000, 11:53	84,02
Subbasin-3	4,741,993	34,8	01ene2000, 11:48	85,82
Junction-3	12,099,491	97,4	01ene2000, 11:52	84,73
Reach-3	12,099,491	97	01ene2000, 12:18	84,7
Subbasin-4	10,557,090	71,2	01ene2000, 12:05	87,53
Junction-4	22,656,581	166,7	01ene2000, 12:15	86,02
Reach-4	22,656,581	165,5	01ene2000, 12:43	85,98
Subbasin-6	6,619,661	24,1	01ene2000, 12:32	55,99
Junction-6	6,619,661	24,1	01ene2000, 12:32	55,99
Reach-5	6,619,661	24,1	01ene2000, 12:51	55,98
Subbasin-5	12,112,117	47,6	01ene2000, 11:39	45,6
Subbasin-7	6,266,568	22,5	01ene2000, 11:38	43,49
Junction-5	47,654,927	233,8	01ene2000, 12:40	65,96
Reach-6	47,654,927	233,7	01ene2000, 12:41	65,96
Subbasin-9	1,857,332	7,3	01ene2000, 12:26	60,27
Subbasin-8	0,459783	1,6	01ene2000, 11:14	31,51
Junction-7	49,972,042	241,3	01ene2000, 12:41	65,43
Reach-7	49,972,042	240,9	01ene2000, 12:48	65,43
Subbasin-11	3,585,430	17,3	01ene2000, 11:36	54,53
Subbasin-10	1,433,806	1,6	01ene2000, 12:18	19,05
Junction-8	54,991,278	252	01ene2000, 12:47	63,51
Reach-8	54,991,278	251,7	01ene2000, 12:51	63,51
Subbasin-12	1,017,297	3,3	01ene2000, 11:22	38,97
Sink-1	56,008,575	253	01ene2000, 12:51	63,06

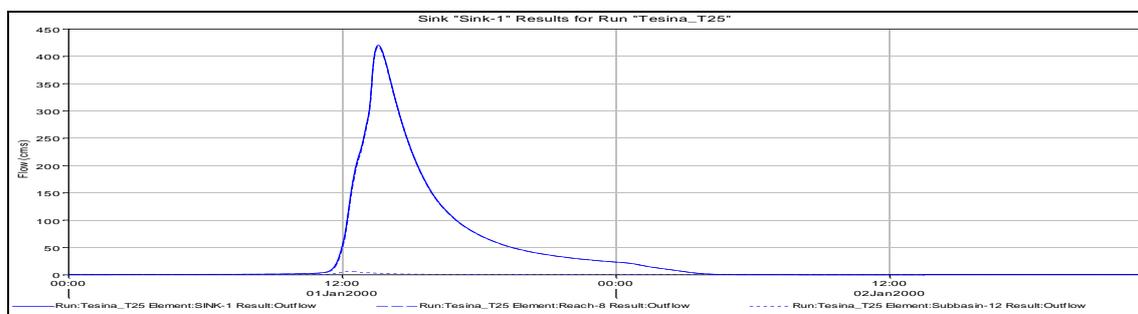


Figura 2. Resultado de Simulación método HEC-HMS (T=10 años)

Tabla 10. Resultado de Simulación método HEC-HMS (T=50 años)

Resultado Simulación HEC-HMS T=50 años				
Elemento	Área Drenaje (Km ²)	Qpunta (m ³ /s)	Instante (minutos)	Almacenamiento (mm)
Subbasin-1	4,098,680	70,5	01ene2000, 11:26	161,88
Junction-1	4,098,680	70,5	01ene2000, 11:26	161,88
Reach-1	4,098,680	70,4	01ene2000, 11:33	161,87
Subbasin-2	3,258,818	56,8	01ene2000, 11:23	159,42
Junction-2	7,357,498	125,8	01ene2000, 11:28	160,79
Reach-2	7,357,498	125,4	01ene2000, 11:44	160,77
Subbasin-3	4,741,993	69,1	01ene2000, 11:44	163,08
Junction-3	12,099,491	194,5	01ene2000, 11:44	161,67
Reach-3	12,099,491	193,7	01ene2000, 12:04	161,63
Subbasin-4	10,557,090	139,9	01ene2000, 12:01	165,54
Junction-4	22,656,581	333,5	01ene2000, 12:03	163,45
Reach-4	22,656,581	331,5	01ene2000, 12:24	163,37
Subbasin-6	6,619,661	56,6	01ene2000, 12:23	121,18
Junction-6	6,619,661	56,6	01ene2000, 12:23	121,18
Reach-5	6,619,661	56,6	01ene2000, 12:36	121,17
Subbasin-5	12,112,117	124,9	01ene2000, 11:33	105,41
Subbasin-7	6,266,568	60,3	01ene2000, 11:32	100,27
Junction-5	47,654,927	508,4	01ene2000, 12:20	134,48
Reach-6	47,654,927	508,2	01ene2000, 12:21	134,48
Subbasin-9	1,857,332	16,6	01ene2000, 12:18	125,66
Subbasin-8	0,459783	4,9	01ene2000, 11:11	82,41
Junction-7	49,972,042	526,6	01ene2000, 12:21	133,67
Reach-7	49,972,042	526,1	01ene2000, 12:25	133,66
Subbasin-11	3,585,430	41,6	01ene2000, 11:32	117,94
Subbasin-10	1,433,806	6,8	01ene2000, 11:50	59,89
Junction-8	54,991,278	557,6	01ene2000, 12:24	130,71
Reach-8	54,991,278	557,3	01ene2000, 12:27	130,71
Subbasin-12	1,017,297	9	01ene2000, 11:20	87
Sink-1	56,008,575	561,6	01ene2000, 12:27	129,92

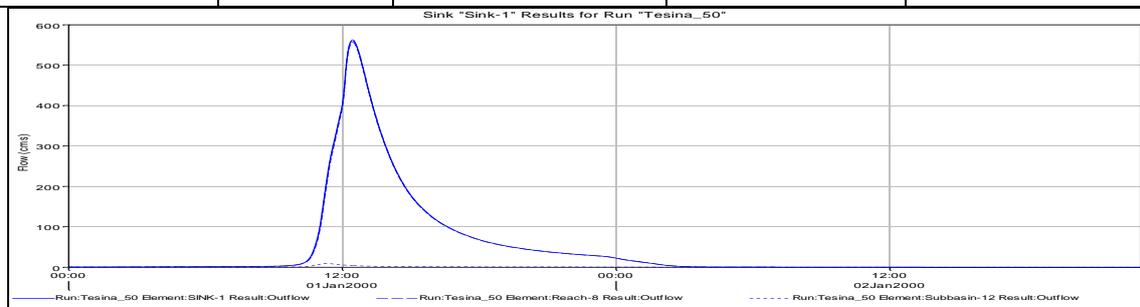


Figura 3. Resultado de Simulación método HEC-HMS (T=10 años)

Tabla 11. Resultado de Simulación método HEC-HMS (T=100 años)

Resultado Simulación HEC-HMS T=100 años				
Elemento	Área Drenaje (Km ²)	Qpunta (m ³ /s)	Instante (minutos)	Almacenamiento (mm)
Subbasin-1	4,098,680	89,1	01ene2000, 12:25	204,45
Junction-1	4,098,680	89,1	01ene2000, 12:25	204,45
Reach-1	4,098,680	89	01ene2000, 12:31	204,44
Subbasin-2	3,258,818	71,8	01ene2000, 12:22	201,69
Junction-2	7,357,498	159,3	01ene2000, 12:27	203,22
Reach-2	7,357,498	158,9	01ene2000, 12:41	203,2
Subbasin-3	4,741,993	87,4	01ene2000, 12:43	205,7
Junction-3	12,099,491	246,2	01ene2000, 12:42	204,18
Reach-3	12,099,491	245,3	01ene2000, 13:00	204,12
Subbasin-4	10,557,090	176,6	01ene2000, 12:59	208,46
Junction-4	22,656,581	421,8	01ene2000, 13:00	206,15
Reach-4	22,656,581	419,5	01ene2000, 13:19	206,06
Subbasin-6	6,619,661	75,5	01ene2000, 13:20	158,95
Junction-6	6,619,661	75,5	01ene2000, 13:20	158,95
Reach-5	6,619,661	75,4	01ene2000, 13:32	158,94
Subbasin-5	12,112,117	170,8	01ene2000, 12:32	140,89
Subbasin-7	6,266,568	83,2	01ene2000, 12:31	134,35
Junction-5	47,654,927	661,7	01ene2000, 13:14	173,52
Reach-6	47,654,927	661,5	01ene2000, 13:15	173,51
Subbasin-9	1,857,332	21,9	01ene2000, 13:16	163,45
Subbasin-8	0,459783	6,9	01ene2000, 12:10	113,92
Junction-7	49,972,042	686,2	01ene2000, 13:14	172,59
Reach-7	49,972,042	685,6	01ene2000, 13:18	172,58
Subbasin-11	3,585,430	55,6	01ene2000, 12:31	154,92
Subbasin-10	1,433,806	10,6	01ene2000, 12:45	86,69
Junction-8	54,991,278	730,2	01ene2000, 13:17	169,19
Reach-8	54,991,278	729,9	01ene2000, 13:20	169,19
Subbasin-12	1,017,297	12,6	01ene2000, 12:19	116,86
Sink-1	56,008,575	736,1	01ene2000, 13:19	168,24

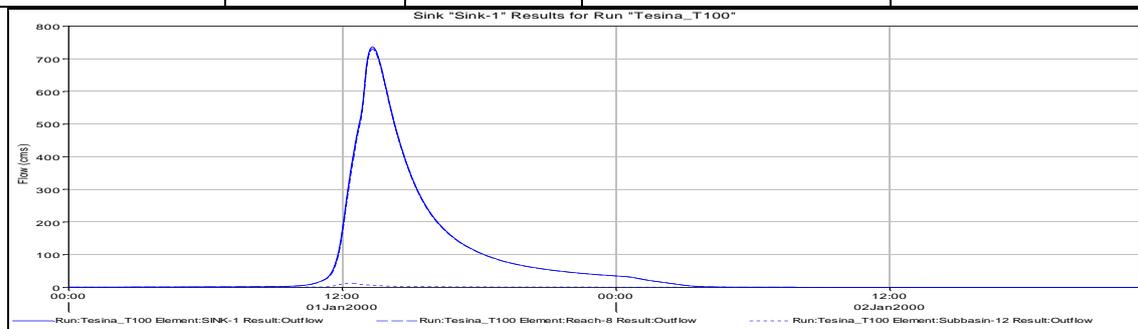


Figura 4. Resultado de Simulación método HEC-HMS (T=10 años)

ANEXO III: EROSIÓN

Factor R

Representa la erosividad de las lluvias. Es la suma de los valores promedio anual (EI) en un año normal de lluvia. El índice de erosión es una medida de la fuerza erosiva de la lluvia para una lluvia determinada. Cuando los otros factores son constantes, las pérdidas debidas a la lluvia son directamente proporcionales al producto de la energía cinética total de la tormenta (E) por la máxima intensidad de lluvia con 30 minutos de duración (I). Las tormentas de menos de 12.5 mm no se incluyen en los cálculos de erosividad ya que estas tormentas generalmente agregan muy poco al valor total de R. El factor R representa la EI de la tormenta promedio y por lo tanto cuanto más largo sea el registro con el que se determina mejor (se considera como mínimo un registro de 8 años). El factor R es una indicación de las características más importantes de la erosividad: la cantidad de lluvia y el pico de intensidad en un período determinado.

En este caso se obtuvo dicho valor a partir del visor SIGA del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, el cual devuelve el valor del factor R un punto de la superficie seleccionada. El valor para cada Unidad Hidrológica se obtuvo a partir del promedio de valores de los puntos representativos de la UH.

R		
UH I	UH II	UH III
343,81	331,24	277,48
346,55	337,8	280,15
340,83	341,42	285
338,63	345,43	289
341,83		295,69
336		308,05
337,8		313,88
330		324,29
		327,68
		331,83
		336,1
		340
339,43	338,9725	306,286364

Factor K

El factor **K** es el factor de erodabilidad del suelo que representa tanto la susceptibilidad del suelo a la erosión como la tasa de escorrentía, medida bajo las condiciones de una parcela estándar unitaria. Los suelos con alto contenido de arcilla tienen bajos valores de K, de cerca de 0.05 a 0.15, por su resistencia al desprendimiento de las partículas de suelo. Suelos con texturas gruesas, como los suelos arenosos, tienen bajos valores de cerca de 0.05 a 0.2, ya que la baja escorrentía, aunque estos suelos son fácilmente erodables. Suelos con texturas medias como los francos, tienen un valor moderado de K, de cerca de 0.25 a 0.4 ya que son moderadamente susceptibles al desprendimiento y producen una escorrentía moderada. Suelos que contienen un alto contenido de limo son los más erodables. Son fácilmente desprendibles, tienden a formar una costra y producir altas tasas de escorrentía. Los valores de K de estos suelos tienden a ser mayores que 0.4.

El factor K fue calculado en base al mapa litológico en formato vectorial, asignando un valor de K de acuerdo con la tabla:

Tabla 12. Tabla factor K.

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

Tabla 13. Factor K UH I.

UH 1					
FID	Shape	DLO	K	Area_Km2	Ponderación
0	Polygon	Abanico aluvial: Arenas arcillosas con cantos redonde	0,2	0,339	0,008
1	Polygon	Aluvial: Depósitos de fondo de rambla	0,2	0,365	0,008
2	Polygon	Arcillita margosa	0,4	0,341	0,015
3	Polygon	Calcarenita y psamita	0,3	0,106	0,004
4	Polygon	Calizas bioclásticas y dolomías	0,3	2,138	0,073
5	Polygon	Calizas microcristalinas	0,3	0,129	0,004
6	Polygon	Calizas y margas	0,3	0,911	0,031
7	Polygon	Coluvión antiguo: Arcillas rojas con cantos heteróme	0,2	0,151	0,003
8	Polygon	Coluvión moderno: Cantos angulosos y arcillas	0,2	0,101	0,002
9	Polygon	Conglomerados	0,2	0,298	0,007
10	Polygon	Depósito marino: Arenas grises con fauna	0,2	0,032	0,001
11	Polygon	Dolomías masivas	0,3	1,964	0,067
12	Polygon	Manto aluvial antiguo: Conglomerados de cantos de	0,2	1,307	0,030
13	Polygon	Margas con Inoceramus	0,5	0,102	0,006
14	Polygon	Margas ocre con Orbitolinas	0,5	0,138	0,008
15	Polygon	Pie de Monte: Arcillas rojas, cantos de caliza angulos	0,2	0,285	0,006
16	Polygon	Terraza 10m. Arenas, limos y cantos	0,2	0,025	0,001
17	Polygon	Terraza 5m. Arenas, limos y cantos	0,2	0,081	0,002
				8,814	0,275

Tabla 14. Factor K UH II.

UH 2					
FID	Shape	DLO		Area_km2	Ponderación
0	Polygon	Aluvial: Depósitos de fondo de rambla	0,2	0,170	0,003
1	Polygon	Arcillas de descalcificación. Arcillas rojas sueltas	0,4	0,151	0,006
2	Polygon	Calizas bioclásticas y dolomías	0,3	0,068	0,002
3	Polygon	Calizas marmóreas blancas con pasados de dolomías	0,3	1,260	0,038
4	Polygon	Calizas microcristalinas	0,3	0,196	0,006
5	Polygon	Calizas y dolomías	0,3	0,537	0,016
6	Polygon	Coluvión antiguo: Arcillas rojas con cantos heteróme	0,2	1,344	0,027
7	Polygon	Coluvión moderno: Cantos angulosos y arcillas	0,2	0,032	0,001
8	Polygon	Cubetas de descalcificación: Terra rosa	0,4	0,324	0,013
9	Polygon	Dolomías brechoides y masivas	0,3	0,942	0,029
10	Polygon	Dolomías masivas	0,3	4,388	0,133
11	Polygon	Manto aluvial antiguo: Conglomerados de cantos de	0,2	0,003	0,000
12	Polygon	Margas con Inoceramus	0,5	0,038	0,002
13	Polygon	Margas ocre con Orbitolinas	0,5	0,053	0,003
14	Polygon	Margas y calizas arenosas con tubos	0,5	0,119	0,006
15	Polygon	Terraza 10m. Arenas, limos y cantos	0,2	0,251	0,005
				9,874	0,291

Tabla 15. Factor K UH III.

UH 3					
FID	Shape	DLO		Area_km2	Ponderación
0	Polygon	Aluvial: Depósitos de fondo de rambla	0,2	0,281	0,002
1	Polygon	Biomicitas y margas amarillas	0,3	8,646	0,070
2	Polygon	Calcirruditas con cemento arcilloso rojo	0,3	2,561	0,021
3	Polygon	Caliza de "Graderio": Calizas micríticas tableadas y ca	0,3	0,394	0,003
4	Polygon	Calizas micríticas con "Inoceramus" en la base y nódu	0,3	0,040	0,000
5	Polygon	Calizas microcristalinas	0,3	1,422	0,011
6	Polygon	Calizas y dolomías	0,3	9,146	0,074
7	Polygon	Coluvión antiguo: Arcillas rojas con cantos heteróme	0,2	0,145	0,001
8	Polygon	Coluvión moderno: Cantos angulosos y arcillas	0,2	0,081	0,000
9	Polygon	Cubetas de descalcificación: Terra rosa	0,4	0,190	0,002
10	Polygon	Dolomías grises masivas	0,3	0,537	0,004
11	Polygon	Dolomías masivas	0,3	2,903	0,023
12	Polygon	Manto aluvial antiguo: Conglomerados de cantos de	0,2	0,036	0,000
13	Polygon	Margas blancas	0,5	0,498	0,007
14	Polygon	Margas blancas y niveles turbidíticos "Facies Tap"	0,5	0,112	0,001
15	Polygon	Margas con Inoceramus	0,5	0,461	0,006
16	Polygon	Margas y margocalizas ocre con "Inoceramus"	0,5	0,056	0,001
17	Polygon	Margas, facies TAP	0,5	0,206	0,003
18	Polygon	Mioceno indiferenciado predominantemente margo	0,5	9,461	0,127
19	Polygon	Pie de Monte: Arcillas rojas, cantos de caliza angulos	0,2	0,012	0,000
20	Polygon	Terraza 10m. Arenas, limos y cantos	0,2	0,098	0,001
				37,284	0,357

Factor 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.

Existen diversas ecuaciones para el cálculo de este factor dada su complejidad. En el presente estudio se ha considerado la ecuación de Moore and Burch 1986:

$$T = \left(\frac{A}{22,13}\right)^m * \left(\frac{\sin \alpha}{0,0896}\right)^n$$

Donde:

A= área específica obtenida a partir de la relación entre el área de contribución aguas arriba, A, y la unidad de ancho de contorno o curva de nivel.

α =Pendiente en grados

m y n= parámetros variables.

m [0,4-0,6] y n [1-1,4]. Valores bajos de estos parámetros serían susceptibles de utilizarse en zonas en que el flujo es de tipo laminar, con buena cobertura vegetal, y con poca probabilidad de escorrentía concentrada en regueros o surcos. Los valores más altos se emplean en zonas con flujo turbulento, con facilidad de aparición de pequeñas cárcavas y regueros.

El cálculo de este factor se llevó a cabo a través del ARCGIS. Partiendo del modelo digital de elevaciones (MDE) y su raster de acumulación de flujo (Flow Accumulation), se llevó a cabo la siguiente sintaxis en la calculadora de mapas, para diferentes zonas de la cuenca:

Power ([Raster_Acc_flujo]*cell/22.13, 0.6) * Power (Sin ([Pte_MDE]*0.01745)/0.0896, 1.3)

Factor C:

El factor C de la USLE representa la efectividad de las plantas como cubierta protectora del suelo frente a la energía de impacto de las gotas de lluvia y a la fuerza del flujo superficial. Su valor expresa la relación que existe entre las pérdidas de suelo medias anuales de una parcela con una determinada vegetación y las pérdidas que esa misma parcela tendría en condiciones de barbecho continuado y laboreo según la máxima pendiente.

En el caso de zonas cultivadas, la asignación del factor C debe de realizarse en base a las prácticas agronómicas de la zona, puesto que el grado de protección ejercido por la vegetación varía a lo largo del año tanto en función del ciclo vegetativo como de las labores agrícolas. Así, por ejemplo, la cobertura del suelo difiere notablemente a lo largo de un año si las plantas pierden la hoja en alguna época del año, o si el ciclo vegetativo es muy corto y el agricultor planta diferentes cultivos durante el año.

En ambientes forestales, zonas de pasto o áreas de matorral adquieren gran importancia otros aspectos, como la altura de la copa o las variaciones estacionales en la producción de hojarasca u otro tipo residuo.

En todo caso siempre es necesario utilizar tablas validadas para las condiciones específicas de vegetación y manejo de la zona de estudio.

Tabla 16. Factor C.

FACTOR C	
TIPO DE CUBIERTA	FACTOR C
Arbolado forestal denso	0,01
Arbolado forestal claro	0,03
Matorral con buena cobertura	0,08
Matorral ralo y eriales	0,2
Cultivos arbóreos y viñedos	0,4
Cultivos anuales y herbáceos	0,25
Cultivos en regadío	0,04

Fuente: ICONA, 1982

FACTOR C			
% Cobertura	Factor C	% Cobertura	Factor C
5	0,807	50	0,045
8	0,600	55	0,034
10	0,613	60	0,023
15	0,466	65	0,017
20	0,319	70	0,012
25	0,242	75	0,009
30	0,166	80	0,006
35	0,129	90	0,003
40	0,086	100	0,001
45	0,065		

Fuente: Rubio et. Al., 1984

Tabla 17. Factor C asignado a usos del suelo.

UH I							
FID	Shape *		GRIDCODE	Fcc	Area	C	A*C
0 Polygon	Cultivos arbóreos y viñedos			47	18 0,034009	0,4	0,001556775
1 Polygon	Cítricos			53	25 3,647977	0,3	0,12524069
2 Polygon	Matorral ralo y eriales			61	30 4,521937	0,2	0,103496725
3 Polygon	Matorral con buena cobertura			67	50 0,271355	0,08	0,002484276
4 Polygon	Arbolado forestal denso			73	80 0,006236	0,01	7,13638E-06
5 Polygon	Improductivo			89	0 0,256805	1	0,029388375
					8,738319		0,262173979

UH II							
FID	Shape *		GRIDCODE	Fcc	Area	C	A*C
0 Polygon	Cultivos arbóreos y viñedos			47	18 0,213714	0,4	0,008692766
1 Polygon	Cítricos			53	25 2,012508	0,3	0,061393713
2 Polygon	Matorral ralo y eriales			61	30 5,33756	0,2	0,108551991
3 Polygon	Matorral con buena cobertura			67	50 1,998021	0,08	0,016253806
4 Polygon	Arbolado forestal denso			73	80 0,004031	0,01	4,099E-06
5 Polygon	Improductivo			89	0 0,268274	1	0,027279953
					9,834108		0,222176327

UH III							
FID	Shape *		GRIDCODE	Fcc	Area	C	A*C
0 Polygon	Cultivos anuales y herbáceos			31	12 0,051504	0,25	0,000346671
1 Polygon	Pradera buena			43	20 0,051856	0,3	0,000418849
2 Polygon	Cultivos arbóreos y viñedos			47	18 2,866378	0,4	0,030869557
3 Polygon	Cítricos			53	25 3,264231	0,3	0,026365687
4 Polygon	Cítricos			59	27 4,854674	0,3	0,039211935
5 Polygon	Matorral ralo y eriales			61	30 23,082325	0,2	0,12429295
6 Polygon	Matorral con buena cobertura			67	50 0,959725	0,08	0,002067158
7 Polygon	Arbolado forestal claro			71	60 0,655492	0,03	0,000529451
8 Polygon	Improductivo			89	0 1,355624	1	0,036498599
					37,141809		0,260600857

ANEXO IV:
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Rambla Gallinera en la parte baja de la cuenca



Encauzamiento artificial Rambla Gallinera en la parte baja de la cuenca



Estructura hidráulica I de laminación en el encauzamiento final de la Rambla Gallinera



Estructura hidráulica II de laminación en el encauzamiento final de la Rambla Gallinera



Rambla Gallinera en la confluencia de las Unidades Hidrológicas III (izquierda) y II (derecha)



Cauce Gallinera en parte media



Barranco Carreixar en la parte baja de la cuenca



Cantera en la parte media de la cuenca



Cítricos en la parte media de la cuenca



Rambla Gallinera en parte media



Parte alta de la cuenca. Barranco Cova Negra.



Barrancos del margen izquierdo de la Rambla Gallinera en la Unidad Hidrológica III



Vista Unidad Hidrológica III



Vista II desde la parte alta de la cuenca



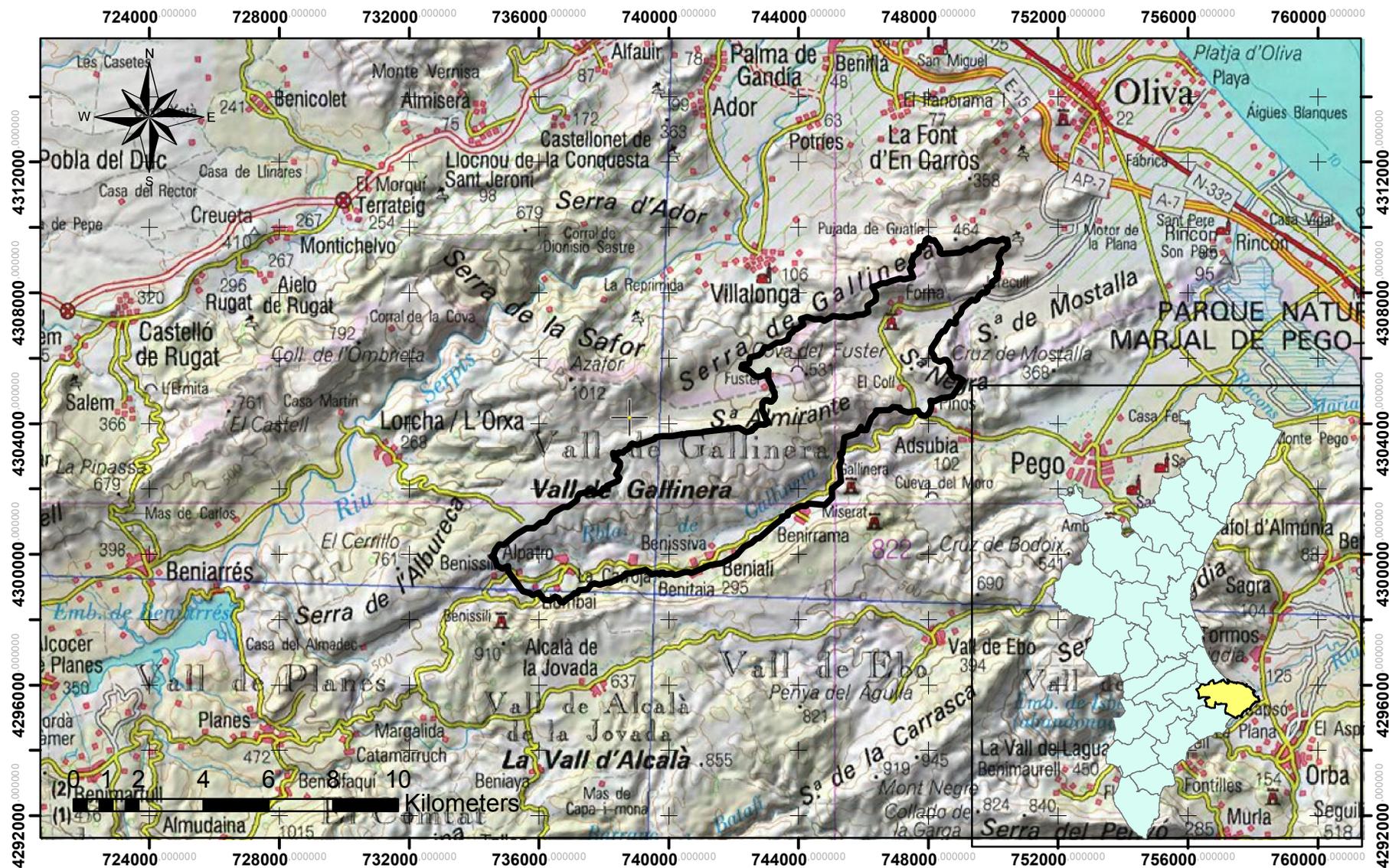
Vista III dese la parte alta de la cuenca

DOCUMENTO II

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

- MAPA 1: Ubicación
- MAPA 2: Geología
- MAPA 3: Vegetación actual
- MAPA 4: Figuras de protección
- MAPA 5: Montes de Utilidad Pública
- MAPA 6: Orientación
- MAPA 7: Unidades Hidrológicas
- MAPA 8: Altitud
- MAPA 9: Pendiente
- MAPA 10: Usos del suelo
- MAPA 11: Estados erosivos
- MAPA 12: Edafología
- MAPA 13: Medidas adoptada en la ordenación
- MAPA 14: Red Hidrográfica
- MAPA 15: Hidrotécnicas

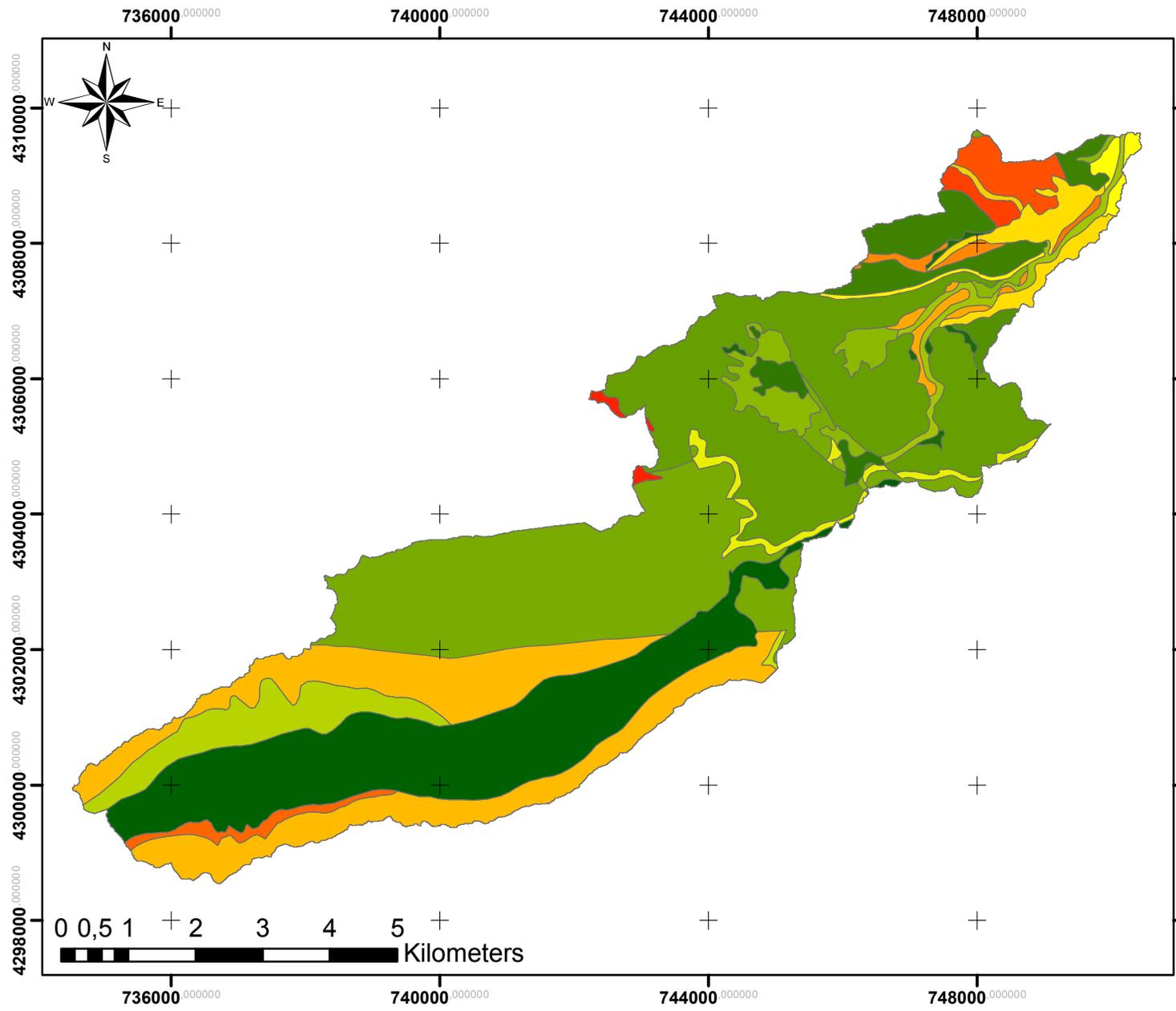


Leyenda

 Cuenca

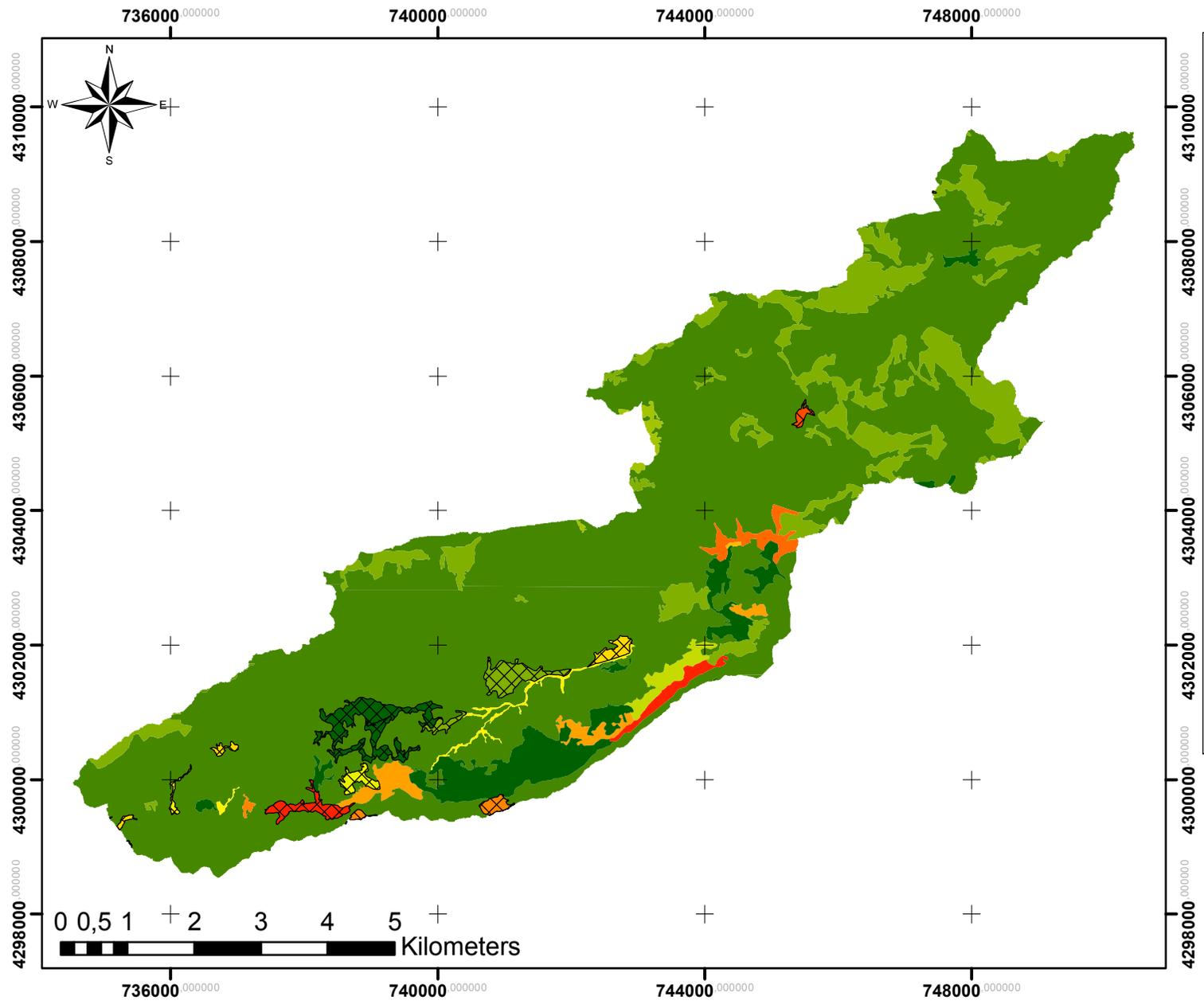


Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
Plano: MAPA SITUACIÓN	Escala: 1:180.000	Nº: 1
Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



- ### Leyenda
- Abanico aluvial: Arenas arcillosas con cantos redondeados
 - Aluvial: Depósitos de fondo de rambla
 - Arcillas de descalcificación. Arcillas rojas sueltas
 - Arcillita margosa
 - Biomicritas y margas amarillas
 - Calcarenita y psamita
 - Calcirruditas con cemento arcilloso rojo
 - Calizas bioclásticas y dolomías
 - Calizas y dolomías
 - Calizas y margas
 - Coluvión antiguo: Arcillas rojas, cantos cementados superficialmente
 - Coluvión moderno: Cantos angulosos y arcillas
 - Conglomerados
 - Cubetas de descalcificación: Terra rosa
 - Depósito marino: Arenas grises con fauna
 - Dolomías grises masivas
 - Dolomías masivas
 - Manto aluvial antiguo: Conglomerados de cantos de caliza encostrados
 - Margas blancas
 - Margas con Inoceramus
 - Margas ocre con Orbitolinas
 - Margas y margocalizas ocre con "Inoceramus"
 - Pie de Monte: Arcillas rojas, cantos de caliza encostrados superficialmente
 - Terraza 10m. Arenas, limos y cantos
 - Terraza 5m. Arenas, limos y cantos

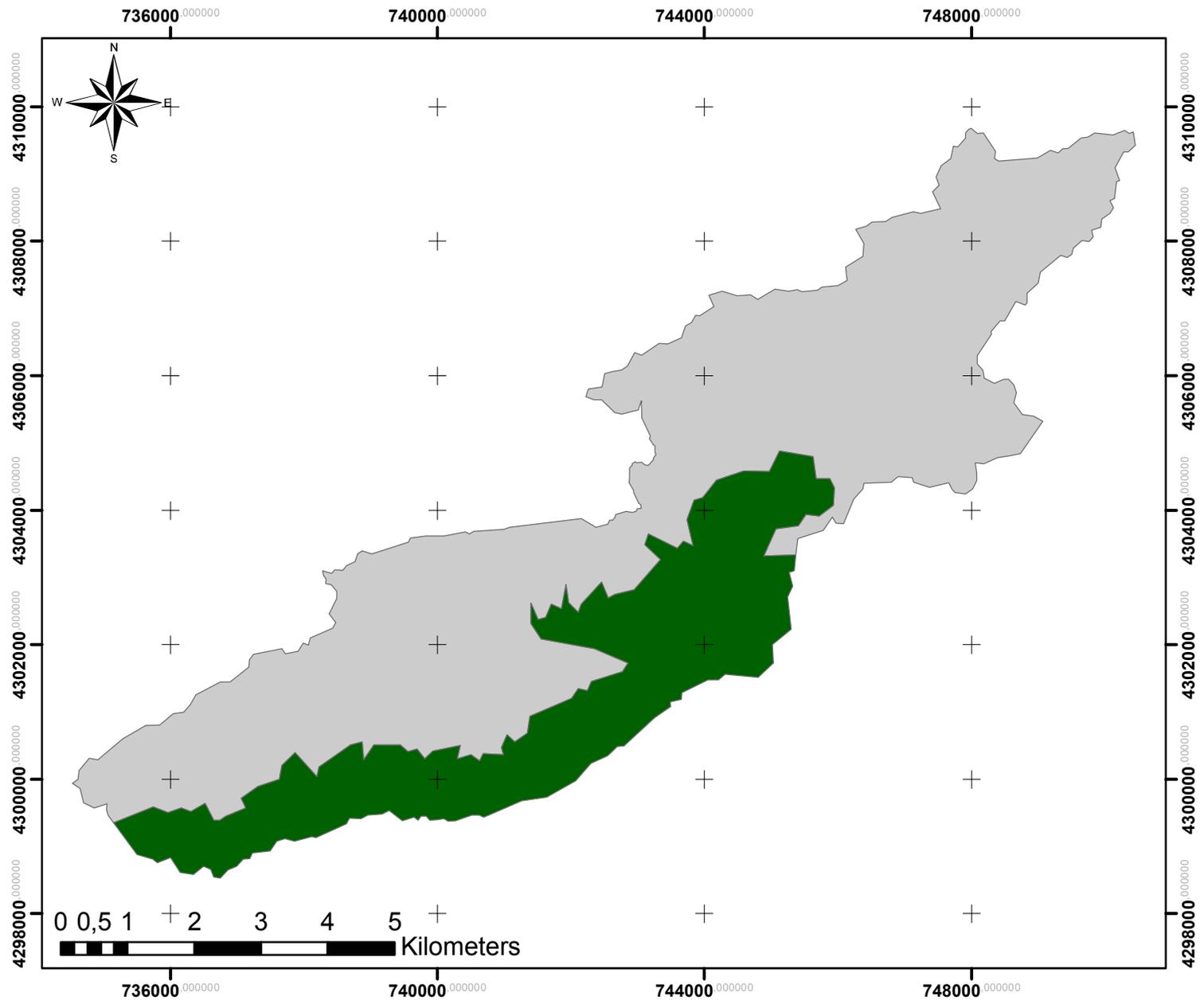
	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: MAPA GEOLÓGICO	Escala: 1:90.000	Nº: 2
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



Leyenda

-  Qilex
-  Ceratonia silicua, Olea Europaea
-  Ceratonia silicua, Prunus avium
-  Desarbolado
-  Olea europaea
-  Olea europaea, Fraxinus ornus
-  P.halepensis
-  P.halepensis, Ceratonia silicua
-  P.halepensis, Chamaerops humilis, Juniperus oxycedrus
-  P.halepensis, Fraxinus ornus
-  P.halepensis, Juniperus oxycedrus
-  P.halepensis, Olea europaea
-  P.halepensis, P.pinaster
-  P.halepensis, P.pinaster, J.Oxycedrus
-  P.halepensis, P.pinea
-  P.halepensis, Salix sp.
-  Prunus spp., P.halepensis

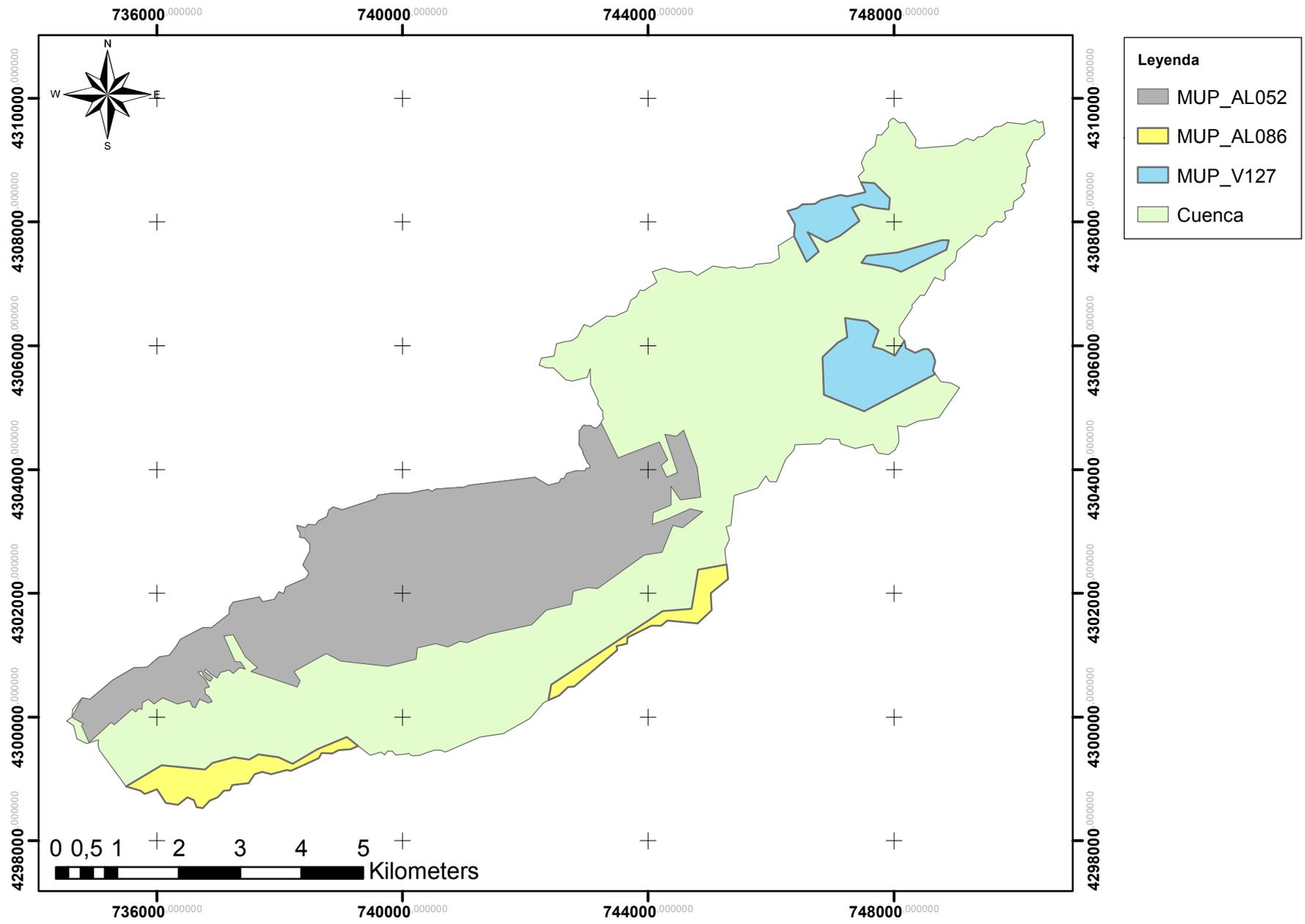
	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: VEGETACIÓN ACTUAL	Escala: 1:90.000	Nº: 3
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



Leyenda

- Cuenca
- LIC Y ZEPA

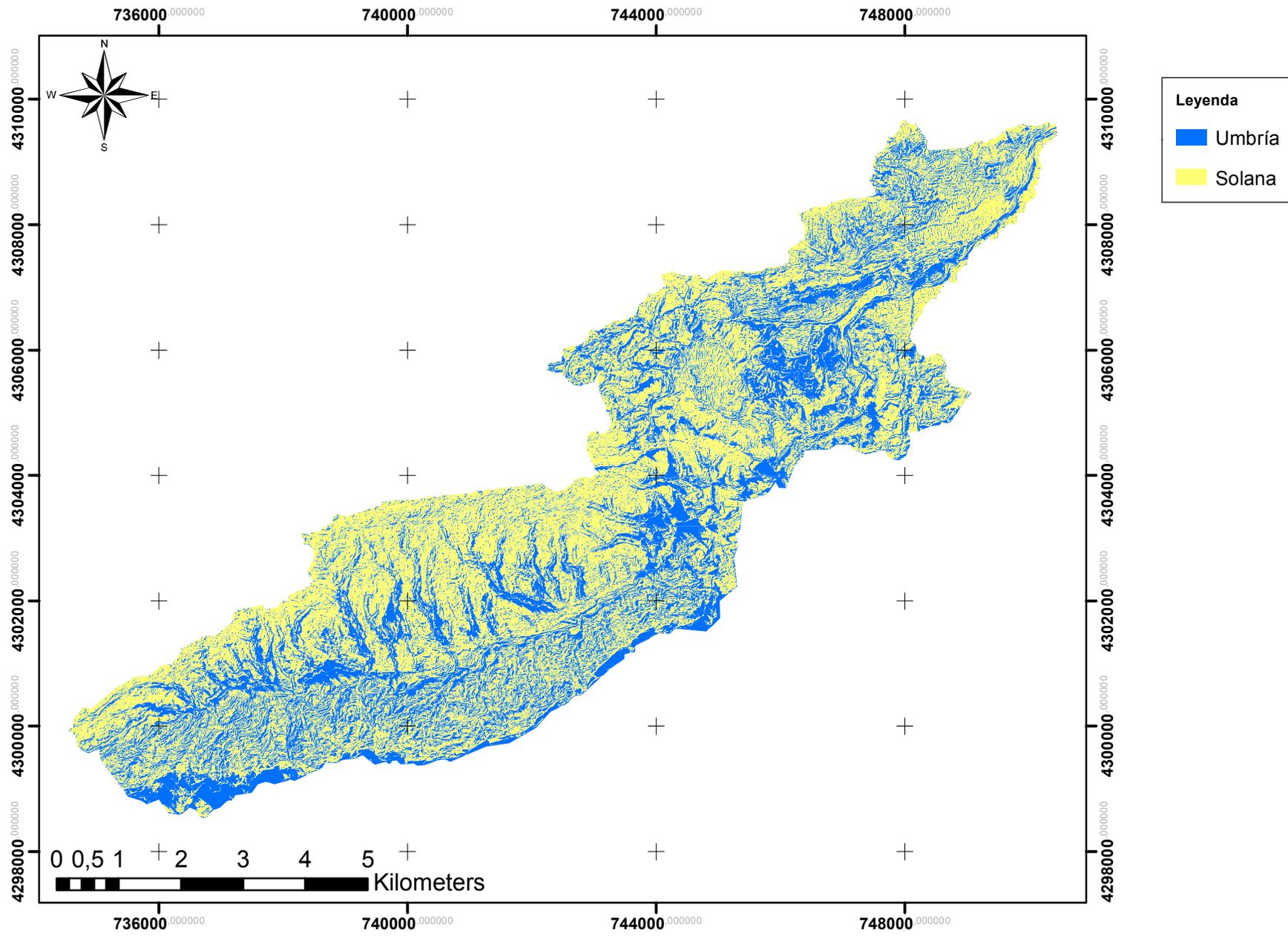
	<p>Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera</p>		
	<p>Plano: FIGURAS DE PROTECCIÓN</p>	<p>Escala: 1:90.000</p>	<p>Nº: 4</p>
	<p>Autor: Bernardo José Martínez Vidal</p>	<p>Fecha: Septiembre 2013</p>	



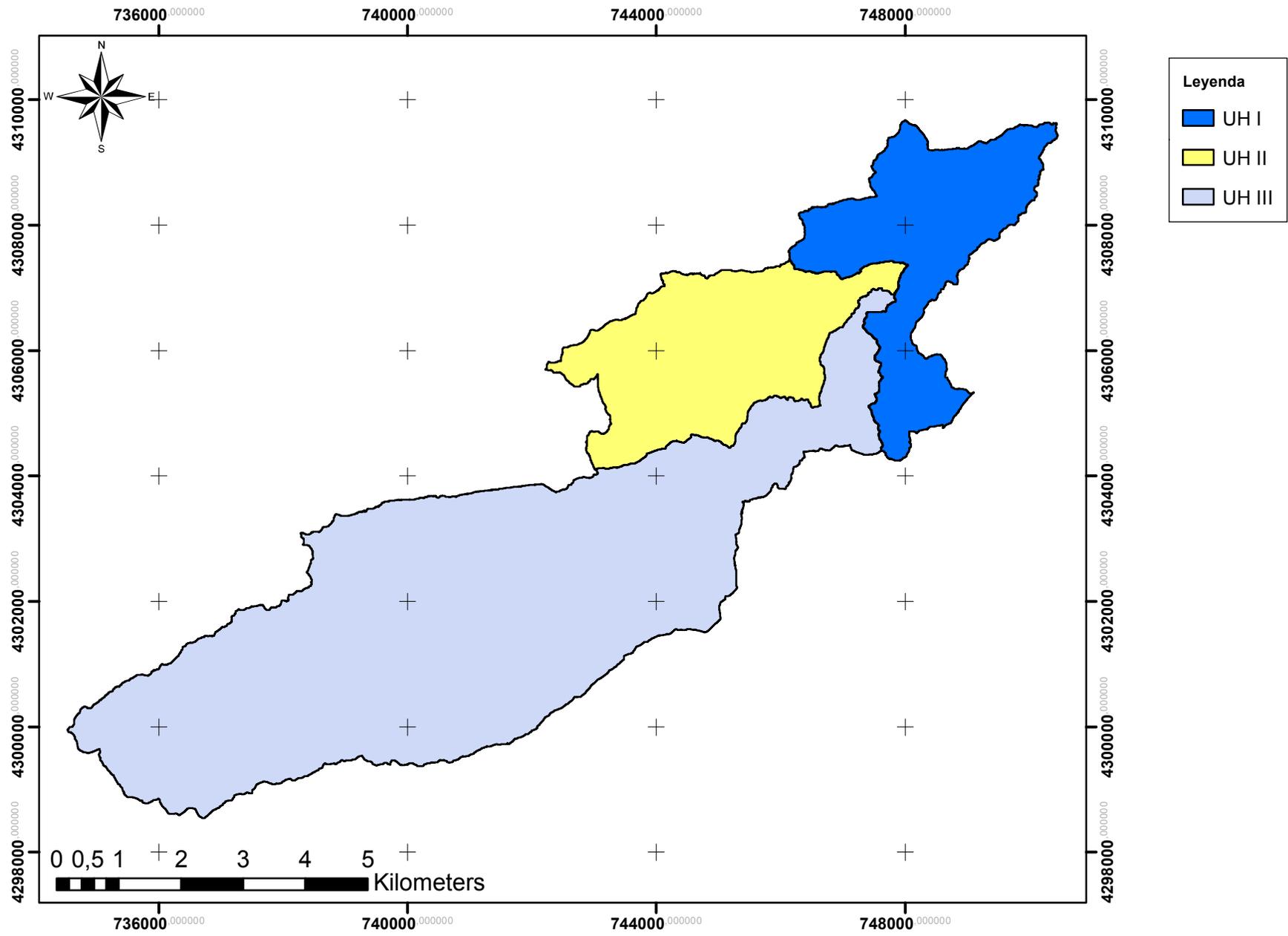
Leyenda

- MUP_AL052
- MUP_AL086
- MUP_V127
- Cuenca

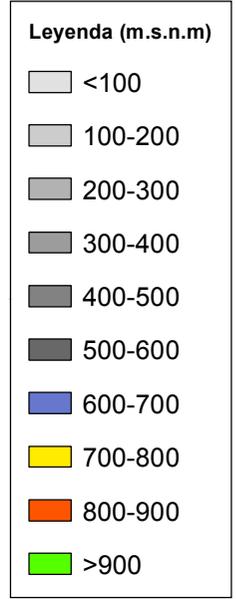
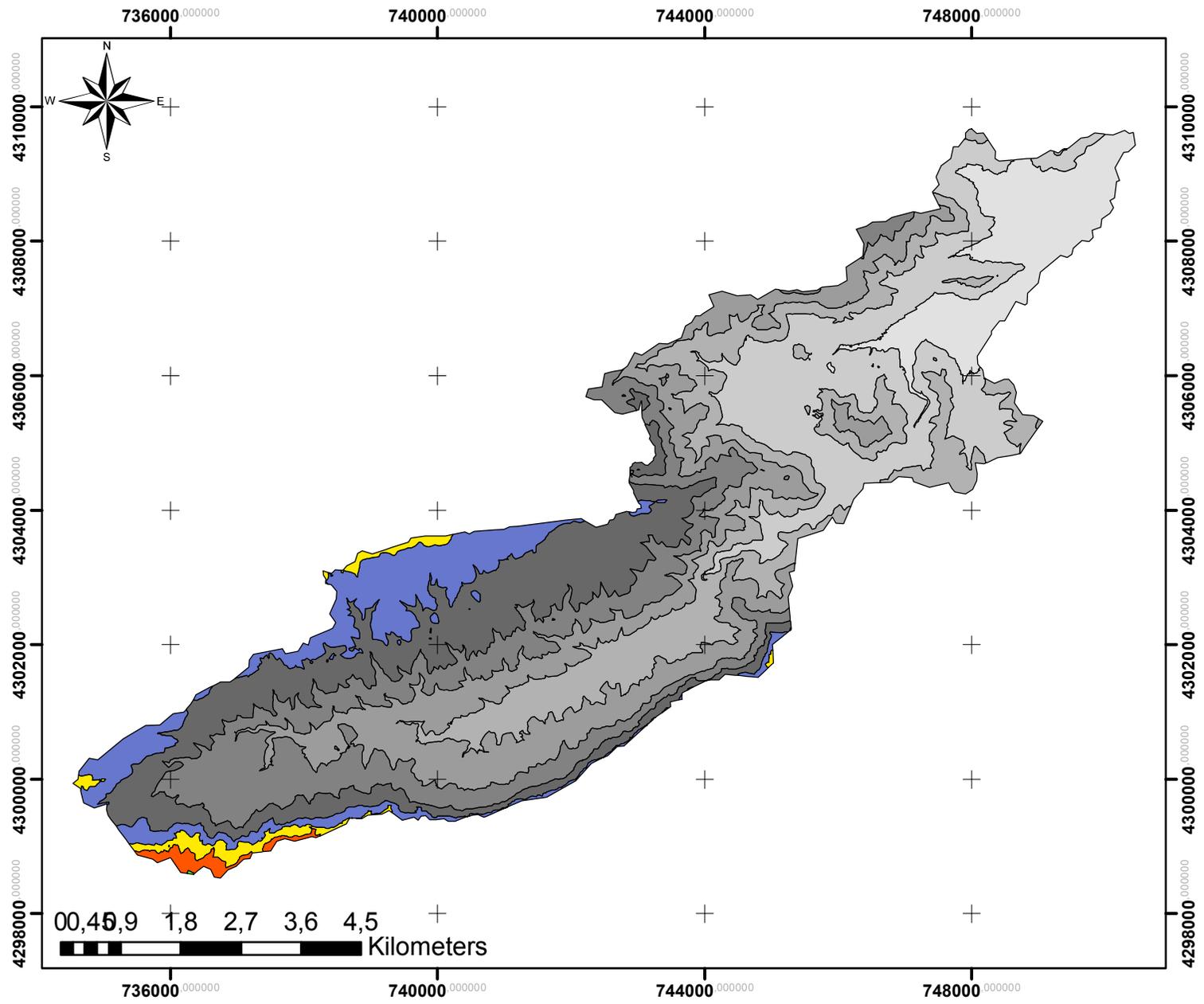
	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: MONTES DE UTILIDAD PÚBLICA	Escala: 1:90.000	Nº: 5
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



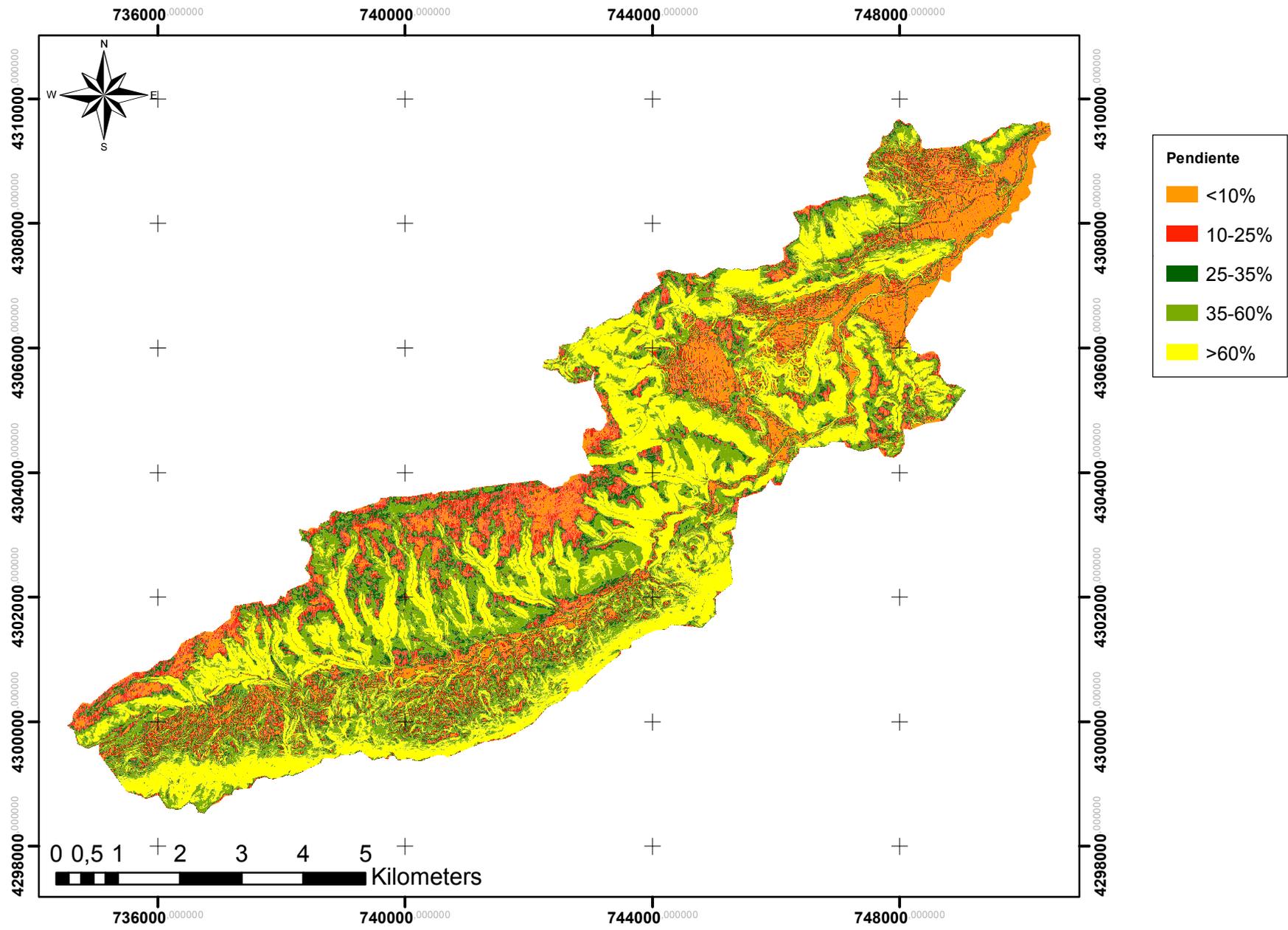
	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: ORIENTACIÓN	Escala: 1:90.000	Nº: 6
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



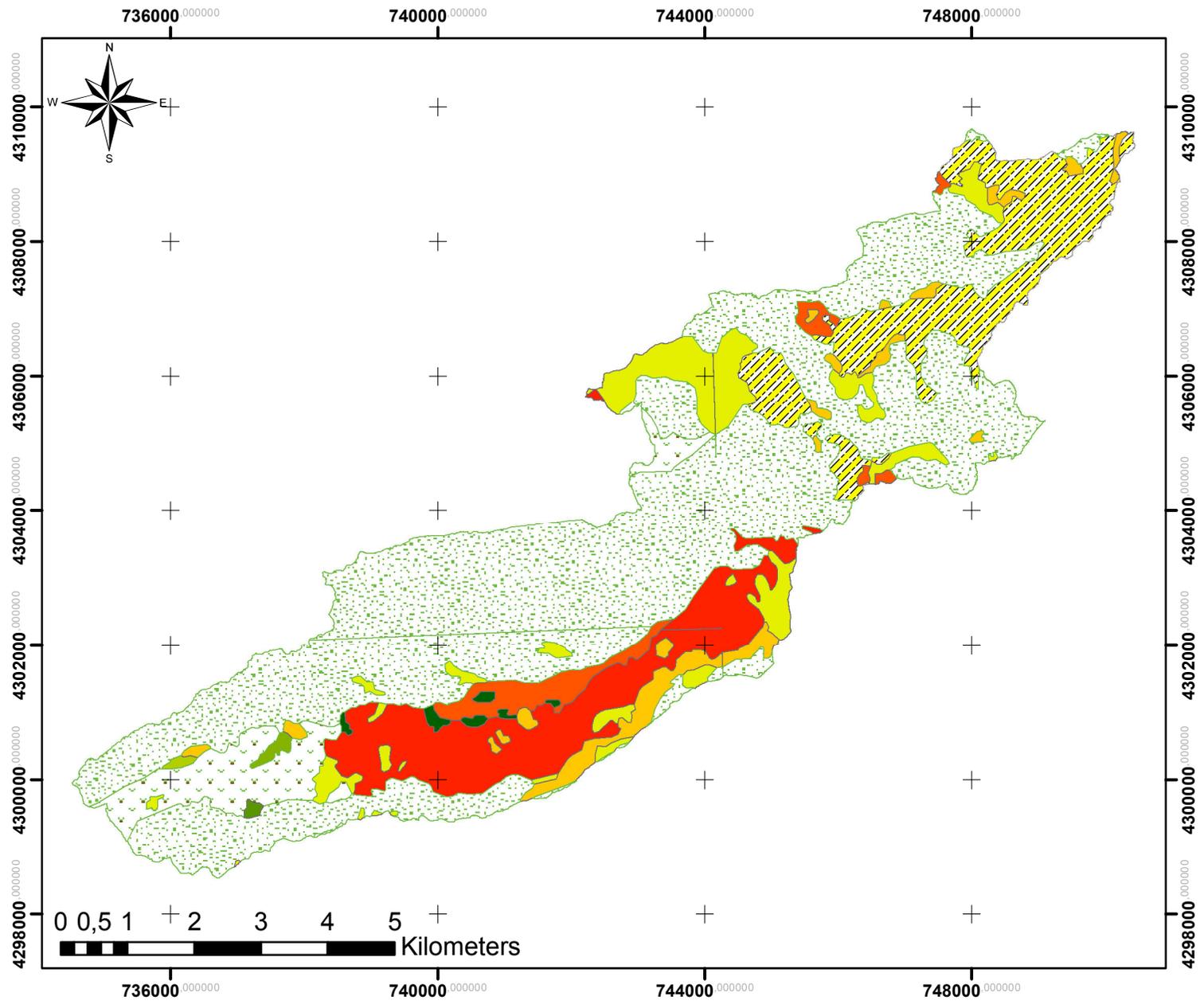
	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: UNIDADES HIDROLÓGICAS	Escala: 1:90.000	Nº: 7
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: ALTITUD	Escala: 1:90.000	Nº: 8
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: PENDIENTE	Escala: 1:90.000	Nº: 9
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	

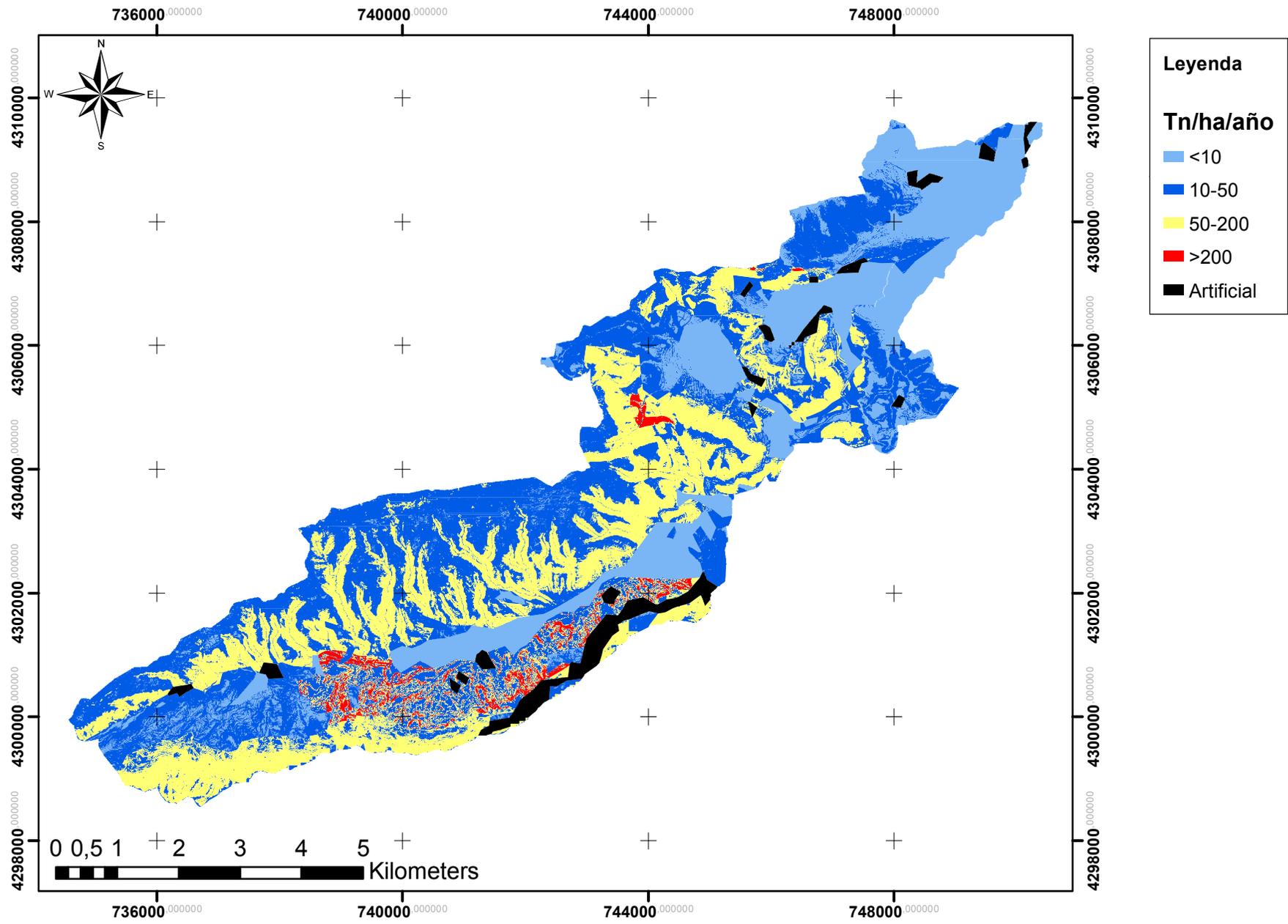


Leyenda

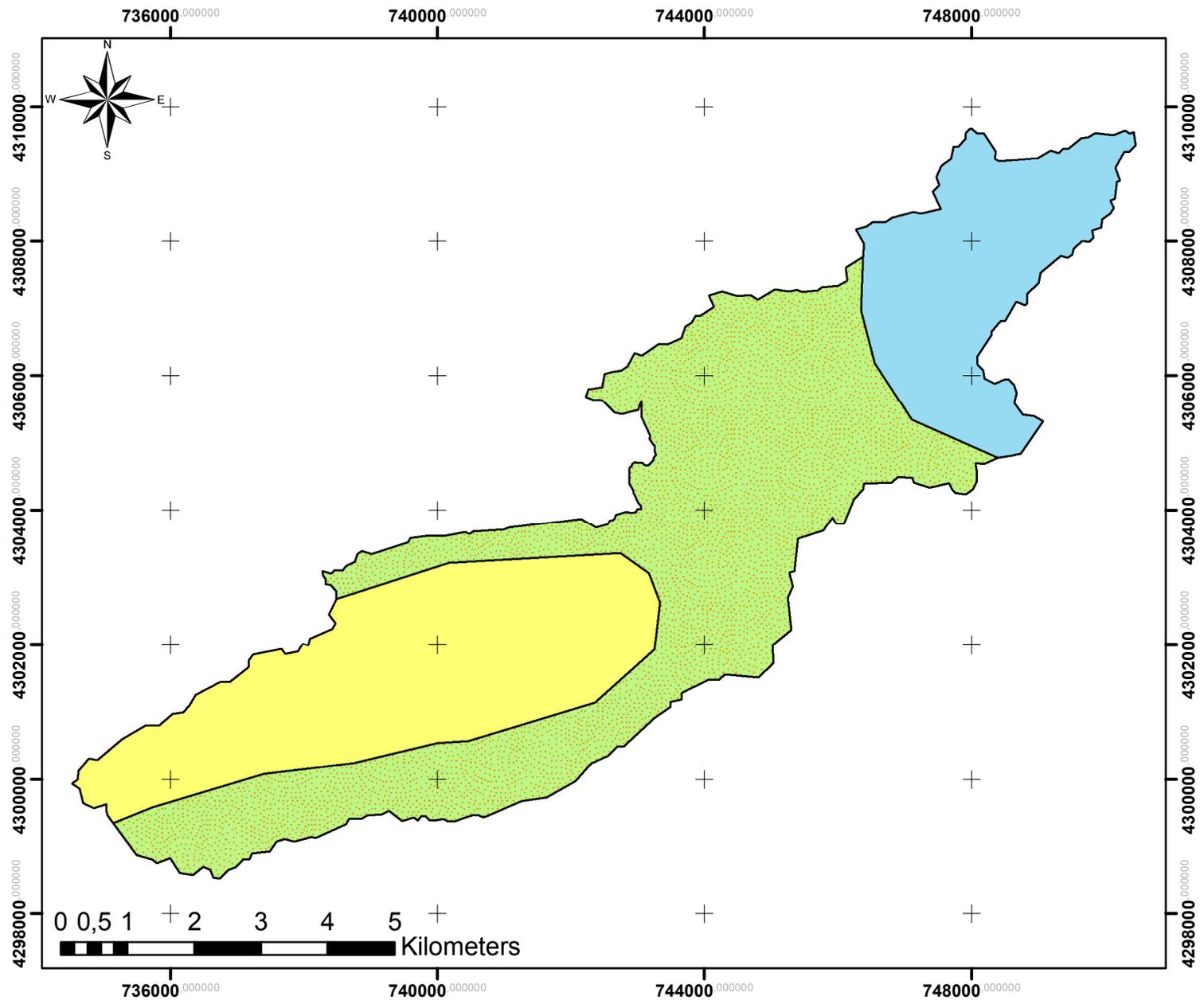
Descripció

- Coníferas
- Cultivos herbáceos en regadío
- Cultivos secano / Coníferas
- Cítricos en regadío
- Frutales en regadío
- Frutales en secano
- Huerta
- Improductivo
- Matorral
- Matorral y coníferas
- Olivar en secano
- Pastizal

	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: CULTIVOS Y APROVECHAMIENTOS	Escala: 1:90.000	Nº: 10
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



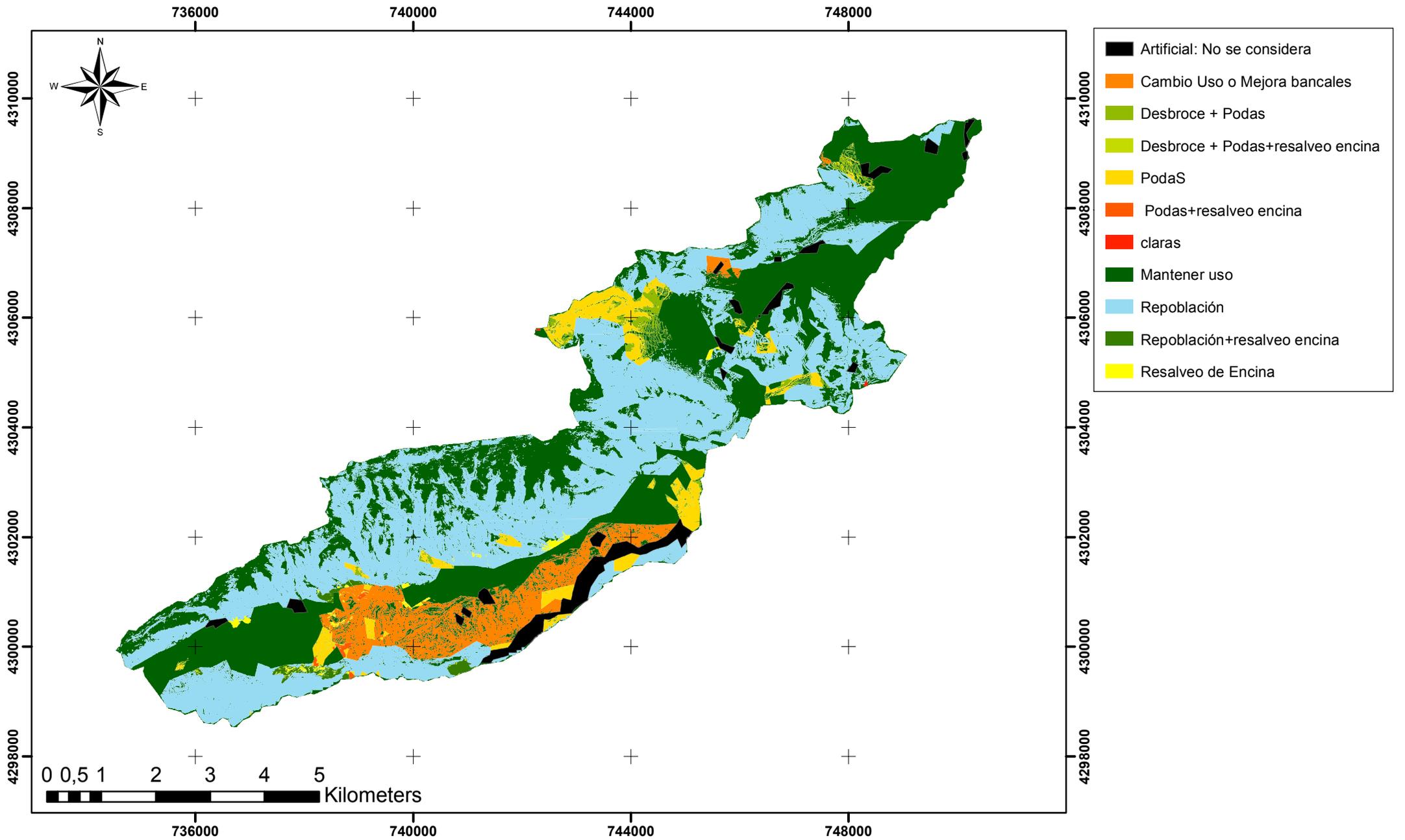
	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: ESTADOS EROSIVOS	Escala: 1:90.000	Nº: 11
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



Leyenda

- Entisol Fluvent
- Inceptisol Xerept
- Entisol Orthent

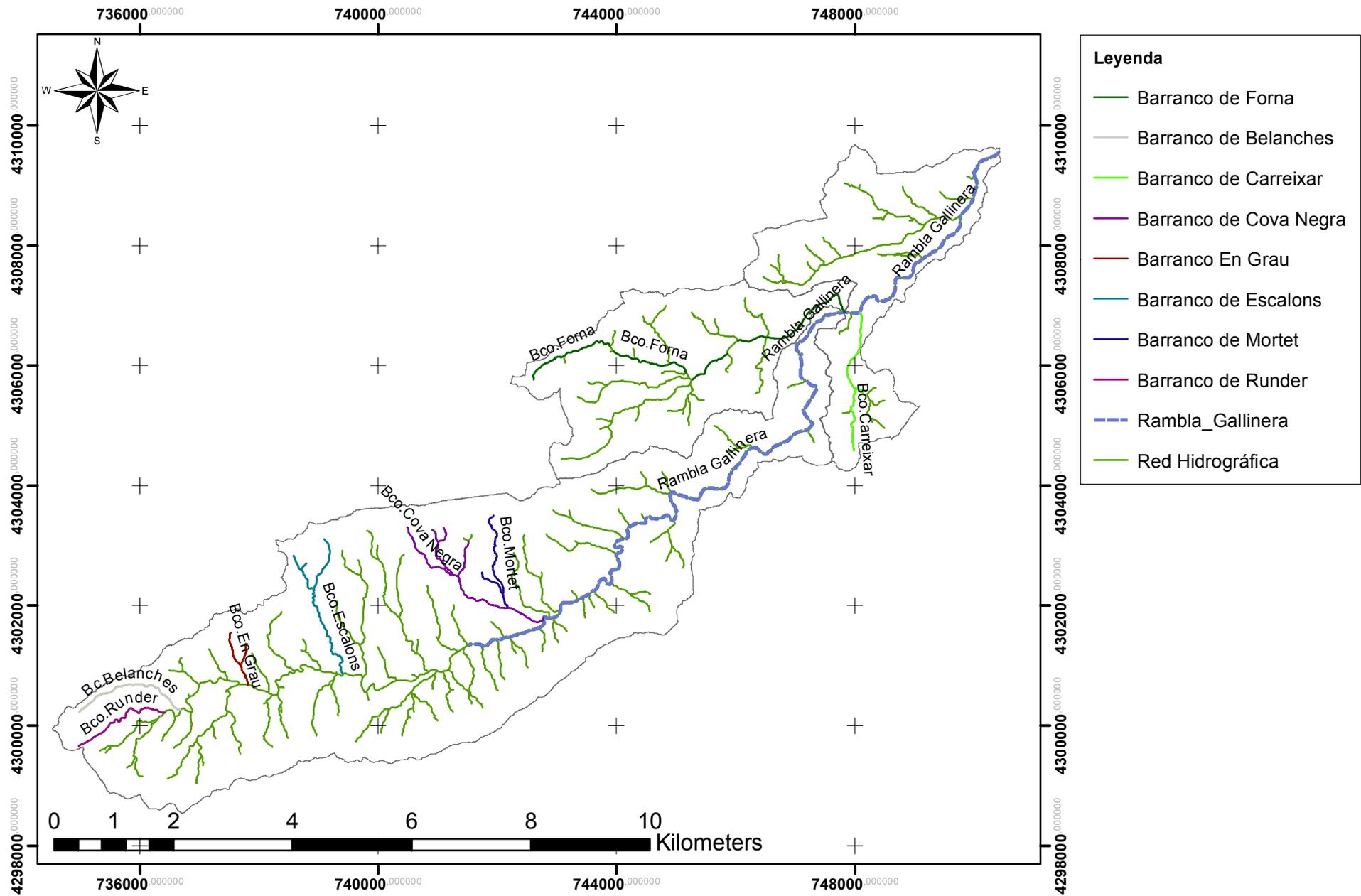
	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: EDAFOLOGÍA	Escala: 1:90.000	Nº: 12
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera

Plano: MEDIDAS ADOPATADAS EN ORDENACIÓN	Escala: 1:90.000	Nº: 13
--	---------------------	------------------

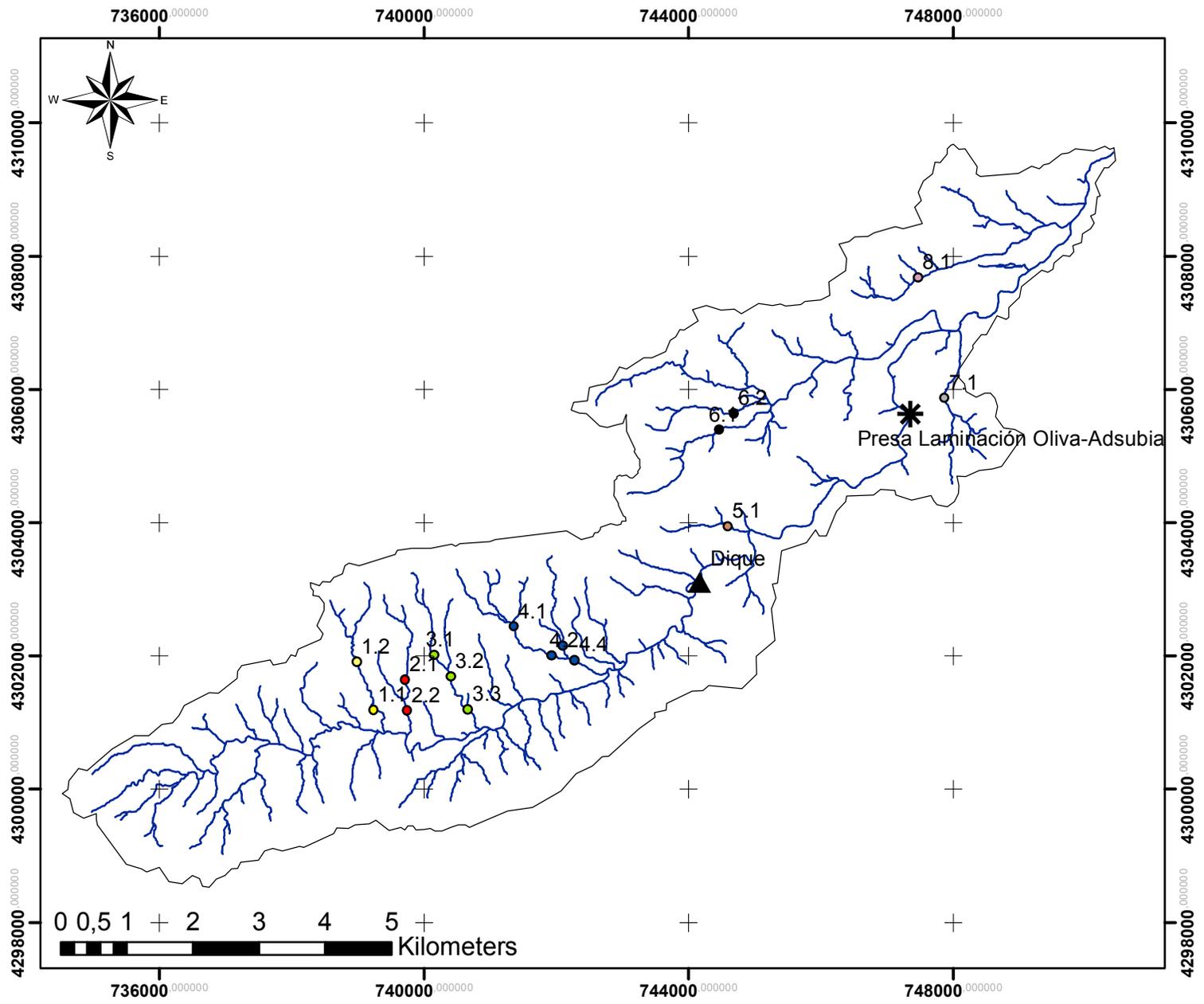
Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013
--	---------------------------



Leyenda

- Barranco de Forná
- Barranco de Belanches
- Barranco de Carreixar
- Barranco de Cova Negra
- Barranco En Grau
- Barranco de Escalons
- Barranco de Mortet
- Barranco de Runder
- Rambla_Gallinera
- Red Hidrográfica

	Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera		
	Plano: RED HIDROGRÁFICA	Escala: 1:90.000	Nº: 14
	Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013	



Leyenda

HIDROTÉCNIAS

- Albarrada 1.1
- Albarrada 1.2
- Albarrada 2.1
- Albarrada 2.2
- Albarrada 3.1
- Albarrada 3.2
- Albarrada 3.3
- Albarrada 4.1
- Albarrada 4.2
- Albarrada 4.3
- Albarrada 4.4
- Albarrada 5.1
- Albarrada 6.1
- Albarrada 6.2
- Albarrada 7.1
- Albarrada 8.1
- ▲ Dique
- * Presa Laminación Oliva-Adsubia



Propuesta de Restauración Hidrológico Forestal Ambiental de la Rambla La Vall de Gallinera

Plano: HIDROTÉCNIAS	Escala: 1:90.000	Nº: 15
------------------------	---------------------	------------------

Autor: Bernardo José Martínez Vidal	Fecha: Septiembre 2013
--	---------------------------

