



Título del Trabajo Fin de Máster:

***ANÁLISIS DE LOS FACTORES
CONDICIONANTES DE LA
REGENERACIÓN ARBOLADA TRAS 2
GRANDES INCENDIOS FORESTALES
EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN***

Intensificación:

ORDENACIÓN, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS

Autor:

Alonso Panadero, Ana Isabel

Director/es:

DR. Del Campo García, Antonio D.

Fecha: Septiembre, 2012



Título del Trabajo Fin de Máster:

**ANÁLISIS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES DE LA
REGENERACIÓN ARBOLADA TRAS 2 GRANDES INCENDIOS
FORESTALES EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN**

Autor: <ALONSO PANADERO, ANA ISABEL>

Tipo	A <input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/>	Lugar de Realización	VALENCIA
Director	ANTONIO D.DEL CAMPO GARCÍA	Fecha de Lectura	SEPTIEMBRE
Codirector1			
Codirector2			
Tutor			

Resumen:

Cada verano se producen incendios forestales en nuestro país, muchos de ellos, de gran consideración. El año 1994, fue un año catastrófico en este sentido, se produjeron infinidad de incendios que arrasaron importantes extensiones forestales.

El interés de este trabajo radica en la importancia que tiene la capacidad de regeneración del arbolado para la recuperación de la cubierta vegetal de forma natural tras una perturbación de este tipo. Es más, para estudiar como regenera una zona quemada se ha tratado de ver qué influencia ejercen determinadas variables fisiográficas en el regenerado arbolado post-incendio.

La metodología seguida ha sido, en primer lugar, la fotointerpretación de la zona de estudio extrayendo información de regenerado arbolado, en segundo lugar, obtener las variables fisiográficas, y finalmente, con la información disponible estudiar qué influencia ejercen éstas en el regenerado arbolado post-incendio.

Los resultados obtenidos han servido para identificar que variable o variables de las estudiadas es la que mayor incidencia desarrolla en la regeneración arbolada tras un incendio. Y con ello, favorecer en el futuro las posibles actuaciones de reforestación.

Cada estiu es produeixen incendis forestals al nostre país, molts d'ells, de gran consideració. L'any 1994, va ser un any catastròfic en aquest sentit, es van produir infinitat d'incendis que van arrasar importants extensions forestals.

L'interès d'aquest treball rau en la importància que té la capacitat de regeneració de l'arbrat per a la recuperació de la coberta vegetal de manera natural després d'una pertorbació d'aquest tipus. És més, per estudiar com regenera una zona cremada s'ha tractat de veure quina influència exerceixen determinades variables fisiogràfiques al regenerat arbrat post-incendi.

La metodologia seguida ha estat, en primer lloc, la fotointerpretació de la zona d'estudi extraient informació de regenerat arbrat, en segon lloc, obtenir les variables fisiogràfiques, i finalment, amb la informació disponible estudiar quina influència exerceixen aquestes en el regenerat arbrat post-incendi.

Els resultats obtinguts han servit per identificar que variable o variables de les estudiades és la que major incidència desenvolupa a la regeneració arbrada després d'un incendi. I amb això, permetre en el futur avantatges per possibles actuacions de reforestació.

Forest fires are taking place every summer in our country, many of them having great importance. The year 1994 was catastrophic in this sense. There were an infinity of fires that devastated

important forest extensions.

The interest of this work is about knowing the capacity of natural regeneration of woodlands in order to recover the forest cover after this kind of disturbance. Moreover, to study how a burned zone regenerates, it was tried to study which influence perform certain physiographic variables in the post-fire woodland regeneration.

The followed methodology has been, first of all, the photointerpretation of the study area, extracting tree regeneration information. Secondly, to obtain the physiographic variables, and finally, with the available information, studying which influence perform those ones in the post-fire tree regeneration. The obtained results have served t to identify which of the studied variables are the ones that have the most influence in the development of tree regeneration after a fire. And according to this result helping to future possible reforestation programs.

Palabras clave:

Incendio Forestal, Regeneración arbolada post-incendio, fisiografía, fotointerpretación

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
2. OBJETIVOS.....	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. JUSTIFICACIÓN	10
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	11
3.2.1. Incendio 1	11
3.2.1.1. Localización.....	11
3.2.1.2. Descripción general de la comarca	12
3.2.1.3. Climatología.....	13
3.2.1.4. Litología.....	16
3.2.1.5. Hidrología	17
3.2.1.6. Edafología.....	18
3.2.1.7. Vegetación	19
3.2.1.7.1. Introducción.....	19
3.2.1.7.2. Vegetación potencial	19
3.2.1.7.3. Vegetación actual.....	20
3.2.1.7.3.1. Usos del suelo.....	20
3.2.1.7.3.2. Mapa Forestal de España	21
3.2.2. Incendio 2	22
3.2.2.1. Localización.....	22
3.2.2.2. Descripción general de la comarca	24
3.2.2.3. Climatología.....	24
3.2.2.4. Litología.....	25
3.2.2.5. Hidrografía.....	27
3.2.2.6. Edafología.....	28
3.2.2.7. Vegetación	28
3.2.2.7.1. Introducción.....	28
3.2.2.7.2. Vegetación potencial	28
3.2.2.7.3. Vegetación actual.....	30
3.2.2.7.3.1. Usos del suelo.....	30
3.2.2.7.3.2. Mapa Forestal de España	30
3.3. MATERIAL EMPLEADO.....	31
3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO	36
3.4.1. Introducción.....	36

3.4.2. Cuantificación del cambio del uso del suelo previa y posteriormente al incendio ...	37
3.4.2.1. Introducción	37
3.4.2.2. Trabajo de gabinete	37
3.4.2.3. Trabajo de campo	44
3.4.3. Influencia de la fisiografía en la regeneración arbolada post-incendio en dos escalas territoriales diferentes	45
3.4.3.1. Introducción	45
3.4.3.2. Identificación de arbolado regenerado	45
3.4.3.3. Modelización de las variables fisiográficas.....	46
3.4.3.4. Análisis estadísticos.....	49
3.4.3.4.1. Escala comarcal	50
3.4.3.4.2. Escala provincial.....	51
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1. INTRODUCCIÓN.....	52
4.2. CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO DEL USO DEL SUELO PREVIA Y POSTERIORMENTE AL INCENDIO	52
4.3. INFLUENCIA DE LA FISIOGRAFÍA EN LA REGENERACIÓN ARBOLADA POST-INCENDIO EN DOS ESCALAS TERRITORIALES DIFERENTES.....	53
4.3.1. Identificación de arbolado regenerado	53
4.3.2. Modelización de las variables fisiográficas	54
4.3.3. Superficie regenerada según categorías fisiográficas.....	56
4.3.1. Análisis estadísticos	60
4.3.1.1. Escala comarcal.....	60
4.3.1.1.1. Análisis de Componentes Principales.....	60
4.3.1.2. Escala provincial	67
4.3.1.2.1. Análisis de Componentes Principales.....	67
5. CONCLUSIONES.....	71
6. RECOMENDACIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS	72
7. BIBLIOGRAFÍA.....	73
7.1. OTRAS FUENTES.....	74
ANEJOS: PLANOS	76

ÍNDICE FIGURAS

FIG. 1.- NÚMERO DE INCENDIOS EN LAS PROVINCIAS DE BARCELONA, TARRAGONA, CASTELLÓN Y VALENCIA DURANTE LOS MESES DE JUNIO A SEPTIEMBRE DE 1970 A 1994, Y NÚMERO DE DÍAS DE ALTO RIESGO DE INCENDIO POR CAUSAS CLIMÁTICAS (SEGÚN EL MODELO DESARROLLADO POR ICONA BASADO EN VALORES DE BAJA HUMEDAD RELATIVA Y ALTA TEMPERATURA) (MODIFICADO DE PIÑOL ET AL., 1998).....	4
FIG. 2.- SUPERFICIE TOTAL INCENDIADA DEL PERIODO 1968-2008 EN LA COMUNIDAD VALENCIANA. FUENTE DE DATOS ESTADÍSTICOS DE LA CONSELLERIA DE MEDI AMBIENT, AGUA, URBANISME I HABITATGE (CMAUH).....	5
FIG. 3.- SUPERFICIE TOTAL INCENDIADA DEL PERIODO 1968-2008 EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN. FUENTE DE DATOS ESTADÍSTICOS DE LA CMAUH	6
FIG. 4.- SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DEL INCENDIO 1. (MAPA DE CARRETERAS DE LA C.V.)	12
FIG. 5.- SUBTIPOS FITOCLIMÁTICOS DEL INCENDIO 1 SEGÚN ALLUE (1990).....	14
FIG. 6.- DIAGRAMA CLIMÁTICO DE LA ESTACIÓN DE MORELLA, PÉREZ CUEVA 1994.....	15
FIG. 7.- HIDROGRAFÍA DE LA COMARCA DE ELS PORTS.....	18
FIG. 8.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL INCENDIO 1. (SOIL TAXONOMY).....	18
FIG. 9.- SERIES DE VEGETACIÓN SEGÚN RIVAS MARTÍNEZ.....	20
FIG. 10.- ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EXISTENTE EN EL INCENDIO 1 (RUIZ DE LA TORRE, 1986).....	22
FIG. 11.- SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DEL INCENDIO 2. (MAPA DE CARRETERAS DE LA C.V.)	23

FIG. 12.- TIPOS FITOCLIMÁTICOS DEL INCENDIO 2 SEGÚN ALLUE (1990)	24
FIG. 13.- DIAGRAMA CLIMÁTICO DE LA ESTACIÓN DE ARAÑUEL, PÉREZ CUEVA 1994.	25
FIG. 14.- HIDROGRAFÍA DE LAS COMARCAS DEL ALTO MIJARES Y ALTO PALANCIA.	27
FIG. 15.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS DEL INCENDIO 2. (SOIL TAXONOMY)	28
FIG. 16.- SERIES DE VEGETACIÓN SEGÚN RIVAS MARTÍNEZ	29
FIG. 17.- ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EXISTENTE EN EL INCENDIO 2 (RUIZ, 1986)	31
FIG. 18.- PLANTILLA DE MUESTREO EMPLEADA	34
FIG. 19.- PARCELAS DE MUESTREO SUBDIVIDIDAS	34
FIG. 20.- TRAMA PARA LA APRECIACIÓN VISUAL DE LA TASA DE COBERTURA VEGETAL (VAN LAAR ET AL., 2007)	36
FIG. 21.- MUESTREO SISTEMÁTICO.	38
FIG. 22.- CURVATURA LONGITUDINAL	48
FIG. 23.- CURVATURA TRANSVERSAL	48
FIG. 24.- MODELO DIGITAL DEL TERRENO DE LA PROVINCIA DE CASTELLÓN	54
FIG. 25.- SUPERFICIE SEGÚN LA PENDIENTE DEL TERRENO	54
FIG. 26.- SUPERFICIE SEGÚN LA ALTITUD	55
FIG. 27.- SUPERFICIE SEGÚN LA ORIENTACIÓN	55
FIG. 28.- SUPERFICIE SEGÚN LA RADIACIÓN SOLAR	55
FIG. 29.- SUPERFICIE SEGÚN LA CURVATURA DEL TERRENO	56
FIG. 30.- GRÁFICO DE ORIENTACIONES SEGÚN LOS GRADOS.	57

ÍNDICE TABLAS

TABLA. 1.- CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁMBITOS FITOCLIMÁTICOS DEL INCENDIO 1, ALLUE 1990.....	14
TABLA. 2.- ÍNDICE E INTERVALOS TERMOCLIMÁTICOS DE DIAGNÓSTICO DE LOS PISOS BIOCLIMÁTICOS SEGÚN RIVAS MARTÍNEZ	16
TABLA. 3.- UNIDADES LITOLÓGICAS DEL INCENDIO 1.	17
TABLA. 4.- USOS DEL SUELO DEL INCENDIO 1. INSTITUTO CARTOGRÁFICO VALENCIANO.....	21
TABLA. 5.- CARACTERÍSTICAS DE LOS ÁMBITOS FITOCLIMÁTICOS DEL INCENDIO 2, ALLUE 1990.....	25
TABLA. 6.- UNIDADES LITOLÓGICAS DEL INCENDIO 2. (ICV).....	26
TABLA. 7.- USOS DEL SUELO DEL INCENDIO 2. INSTITUTO CARTOGRÁFICO VALENCIANO.....	30
TABLA. 8.- RESULTADOS DE LA FOTOINTERPRETACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO (% DE LA SUPERFICIE TOTAL)	52
TABLA. 9.- COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS (HECTÁREAS DE SUPERFICIE TOTAL PROVINCIA).....	53
TABLA. 10.- CATEGORÍAS DE LA VARIABLE CURVATURA.....	57
TABLA. 11.- CATEGORÍAS DE LA VARIABLE RADIACIÓN SOLAR.....	58
TABLA. 12.- SUPERFICIE REGENERADA (%) SEGÚN LA PENDIENTE	58
TABLA. 13.- SUPERFICIE REGENERADA (%) SEGÚN LA ALTITUD	59
TABLA. 14.- SUPERFICIE REGENERADA (%) SEGÚN LA ORIENTACIÓN.	59
TABLA. 15.- SUPERFICIE REGENERADA (%) SEGÚN LA RADIACIÓN.....	59
TABLA. 16.- SUPERFICIE REGENERADA (%) SEGÚN LA CURVATURA DEL TERRENO	59
TABLA. 17.- MATRIZ DE CORRELACIONES ANTI-IMAGEN. INCENDIO 161	
TABLA. 18.- COMUNALIDADES. INCENDIO 1.....	62

TABLA. 19.- VARIANZA TOTAL EXPLICADA. INCENDIO 1.....	63
TABLA. 20.- MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS. INCENDIO 1	63
TABLA. 21.- MATRIZ DE CORRELACIONES ANTI-IMAGEN. INCENDIO 2 65	
TABLA. 22.- COMUNALIDADES. INCENDIO 2.....	65
TABLA. 23.- VARIANZA TOTAL EXPLICADA. INCENDIO 2.....	66
TABLA. 24.- MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS. INCENDIO 2	66
TABLA. 25.- MATRIZ DE CORRELACIONES ANTI-IMAGEN. AMBOS INCENDIOS.....	68
TABLA. 26.- COMUNALIDADES. AMBOS INCENDIOS	68
TABLA. 27.- VARIANZA TOTAL EXPLICADA. AMBOS INCENDIOS	69
TABLA. 28.- MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS. AMBOS INCENDIOS	69

ÍNDICE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1.- FOTOGRAFÍA AÉREA TOMADA EN EL VUELO DEL 1957 (“VUELO AMERICANO”). SERVICIO FOTOGRAMÉTRICO DEL EJÉRCITO NORTEAMERICANO	32
FOTOGRAFÍA 2.- FOTOGRAFÍA AÉREA TOMADA EN EL VUELO DE 1984. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL.	32
FOTOGRAFÍA 3.- ORTOFOTOGRAFÍA AÉREA TOMADA EN EL AÑO 2007. INSTITUTO CARTOGRÁFICO VALENCIANO.....	33
FOTOGRAFÍA 4.- EJEMPLO PARCELA DE MUESTREO SUBDIVIDIDA Y SUPERPUESTA CON LA ORTOFOTO.....	35
FOTOGRAFÍA 5.- CLASE: FORESTAL MATORRAL.....	40
FOTOGRAFÍA 6.- CLASE: FORESTAL REPOBLACIÓN.....	40
FOTOGRAFÍA 7.- CLASE: PASTIZAL.....	41
FOTOGRAFÍA 8.- CLASE: AGRÍCOLA ABANDONADO.....	41
FOTOGRAFÍA 9.- CLASE: AGRÍCOLA.....	42
FOTOGRAFÍA 10.- CLASE: ZONAS RESIDENCIALES.....	42
FOTOGRAFÍA 11.- CLASE: ZONA INDUSTRIAL	43
FOTOGRAFÍA 12.- CLASE: INFRAESTRUCTURAS: CARRETERA COMARCAL.	43
FOTOGRAFÍA 13.- CLASE: OTROS (MOVIMIENTOS DE TIERRA).....	44
FOTOGRAFÍA 14.- CLASE: FORESTAL ARBOLADO DE REGENERACIÓN.	46

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El **territorio español** está constituido por una variada morfología, dilatadas llanuras, extensas altiplanicies, elevadas cordilleras, con toda clase de rocas y suelos de diferentes composiciones, sometido a climas muy diversos, dando lugar a una gran diversidad de especies vegetales y ecosistemas (Font i Quer, 1954).

Los **montes** juegan un importante papel en el medio natural del territorio nacional. Albergan una buena parte de la fauna y de la flora, temperan el clima, generan aire y agua puros, previenen la erosión de los suelos, regulan las escorrentías, absorben el gas carbónico y ofrecen extensiones naturales y silvestres a las demandas culturales, espirituales, económicas y recreativas de los ciudadanos, según el Tercer Inventario Forestal Nacional. Según la Estrategia Forestal Española los montes ocupan en España unos 26 millones de hectáreas, lo que representa el 51.4% de la superficie total.

A partir del tercer tercio del siglo XX, las formaciones forestales se expanden, reflejado en los **Inventarios Forestales Nacionales** (1966-2007), como consecuencia del cambio socioeconómico y de las migraciones rurales hacia las áreas metropolitanas. Del Primer al Tercer Inventario Forestal Nacional el uso forestal se ha incrementado casi en 2 millones de hectáreas.

Según el **Tercer Inventario Forestal Nacional**, elaborado entre los años 1996-2007, los montes españoles ocupan algo más de 27 millones de hectáreas, cerca de un 54% de la superficie nacional. Concretamente, los montes arbolados se extienden sobre los 18 millones de hectáreas, mientras que unos 9 millones de hectáreas están ocupadas por sistemas forestales arbustivos, de matorral y de herbazal. El 35% de la superficie forestal arbolada está dominada por coníferas, el 44% por frondosas y el 21% restante por sistemas forestales mixtos. Las coníferas principales son el pino carrasco, el pino negral y el pino silvestre. Las mezclas de coníferas, básicamente pinos, cubren 673.968 hectáreas. Las frondosas dominantes están representadas por la encina, el rebollo y el haya. Las mezclas de frondosas, básicamente robles, encinas, alcornoques, castaños y hayas, ocupan 1.776.301 hectáreas.

Según la **Estrategia Forestal Española**, aprobada en 1999, los factores que afectan a la estructura y distribución de las formaciones forestales españolas se distinguen entre factores naturales y no naturales (acción humana). Los **factores naturales** a los que hace referencia son la situación geográfica, el relieve, la altitud, la orientación, la pendiente, el clima y el suelo. La situación de España en una zona templada da lugar a estructuras intermedias, coexistiendo las masas pluriespecíficas y monoespecíficas de coníferas y frondosas. Como norma general, las altitudes bajas, las disposiciones de valle y la orientación de umbría favorecen la codominancia de especies. Por el contrario, las disposiciones de ladera y gran altitud caracterizan las masas monoespecíficas. En cuanto al clima en España, la existencia de temperaturas suaves, con poca variación entre estaciones y precipitaciones altas y regulares, corresponde al extremo noroeste de la península, y en grado algo inferior, en la cuenca del Pirineo Oriental. Por el contrario, en toda la parte sureste, las condiciones climáticas son opuestas, donde existe una irregularidad en las precipitaciones y una acusada variación estacional.

Los **factores no naturales** son originados por la intervención del hombre sobre la vegetación. Estos vienen condicionados por invasiones, guerras, revoluciones, crisis motivadas por epidemias, escaseces y migraciones que se han ido desarrollando a lo largo de la historia. A causa del abandono rural, el **fuego**, que durante años fue solamente una herramienta más para la transformación de bosques y creación de pastos, se constituye en la actualidad como el principal agente de perturbación y de degradación de la capacidad de los hábitats para sostener este bosque. A partir de los años 70 del siglo XX los Grandes Incendios Forestales han tomado un papel importante en forma de catástrofes naturales desconocidas hasta entonces. La importancia de los incendios forestales es percibida de manera alarmante por la sociedad, muy especialmente cuando se asocian al calentamiento global y a los evidentes procesos de desertificación por los que estamos amenazados, fruto de la combinación entre condiciones climáticas y la abrupta geomorfología del reborde litoral de la meseta.

Actualmente, son considerados como grandes incendios forestales aquellos que mantienen de forma sostenida una velocidad, intensidad y longitud de llama que supera la capacidad del sistema de extinción, que afectan a más de 500 hectáreas o que pueden peligrosamente afectar de forma importante a la población (Ministerio de Medio

Ambiente, 2000). Estos incendios forestales representan sólo un 0.8% del total de España, pero han sido responsables del 60.5% del total de la superficie quemada durante el periodo 1968-1994 (Terradas *et al*, 1996).

El número y probabilidad de estos incendios ha aumentado de forma importante en las últimas décadas, por diferentes causas. La principal, ya esbozada, es la extensión y la densificación general de la cubierta forestal, donde antes se veía interrumpida por la acción de la agricultura, y que desde la década de los años 50 del siglo XX fue abandonada masivamente en las zonas de interior (Valladares, 2004).

El clima mediterráneo presenta una marcada estacionalidad, con un periodo estival de elevadas temperaturas y humedad relativa del aire baja. Si además se le añade viento seco y cálido, propio de estas regiones mediterráneas en determinados episodios climáticos, se crea un escenario óptimo para los incendios catastróficos. Los **incendios forestales** se consideran uno de los principales problemas de los **bosques mediterráneos** y representan desde el punto de vista ecológico una pérdida de individuos o biomasa que se produce de forma súbita o episódica (Valladares, 2004).

En la siguiente figura se observa el número de incendios y de días de alto riesgo de incendio en un estudio realizado para varias provincias del litoral mediterráneo.



Fig. 1.- Número de incendios en las provincias de Barcelona, Tarragona, Castellón y Valencia durante los meses de Junio a Septiembre de 1970 a 1994, y número de días de alto riesgo de incendio por causas climáticas (según el modelo desarrollado por ICONA basado en valores de baja humedad relativa y alta temperatura) (Modificado de Piñol et al., 1998)

El año **1994** fue especialmente negativo en la incidencia de incendios forestales. Estuvo marcado por un periodo de fuerte sequedad que venía sufriendose ya el año anterior. Esta carencia de precipitaciones fue especialmente acentuada en Cataluña, Aragón, Valencia, Castilla-La Mancha, Murcia y algunas zonas de Andalucía donde la lluvia fue inferior al 50% de la cifra media interanual del período 1 de enero a 31 de agosto. En algunos puntos de Castilla-La Mancha y la Comunidad Valenciana las precipitaciones no alcanzaron un tercio de sus valores normales.

En esta situación, la vegetación para cumplir con sus procesos fisiológicos de crecimiento y floración, ambos con gran demanda de agua, al no encontrar humedad en el suelo procedió a dejar morir sus partes inferiores para trasladar el agua que contienen a los tejidos en crecimiento. Así durante la primavera hubo en la vegetación un incremento de la proporción de partes muertas (arden fácilmente) que en años anteriores (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 1994).

Con la llegada del verano, la situación de déficit hídrico se acentuó descendiendo el contenido de humedad de los tejidos vivos de las plantas hasta niveles en torno al 50%, cuando los valores normales en estas fechas son alrededor del 100%. En estas circunstancias, gran cantidad de combustible muerto y seco y baja humedad de los tejidos vivos, el combustible forestal presentaba un estado explosivo, bastando que se produjera viento para que el comportamiento del fuego fuese muy virulento. Durante ese verano se midieron velocidades de propagación y longitudes de llama de gran magnitud y muy superiores a las de otros años, facilitando el paso de las llamas desde el matorral a las copas de los árboles y siendo los incendios muy difíciles de apagar (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 1994). Durante los primeros días del mes de julio se produjo una ola de calor asociada a vientos del oeste

que afectó a la mitad oriental de la península y fue causante del desarrollo de espectaculares incendios simultáneamente.

A mediados de septiembre se inició un período de lluvias generalizadas en toda España que hizo descender el riesgo de forma drástica. Los meses de noviembre y diciembre fueron secos, excepto en la cornisa cantábrica, lo que supuso una nueva desecación de los combustibles aunque en general la estabilidad atmosférica no favoreció el desarrollo de más incendios (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 1994).

Se quemaron entorno a 437.635 hectáreas de bosque y vegetación arbustiva en la totalidad de España (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 1994). En la Comunidad Valenciana hubo 751 incendios con una superficie forestal afectada de 138.404 hectáreas. La figura 2 muestra la estadística de incendios referente a la Comunidad Valenciana para la serie temporal de 1968-2008 de la que existen datos estadísticos actualmente. Se puede observar la superficie total incendiada en el periodo que va desde el año 1968 al 2008 en cada una de las provincias de la Comunidad Valenciana:

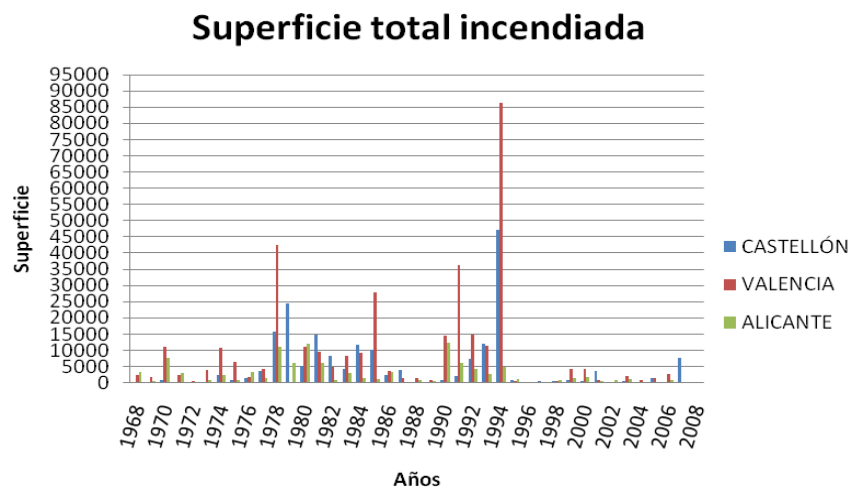


Fig. 2.- Superficie total incendiada del periodo 1968-2008 en la Comunidad Valenciana. Fuente de datos estadísticos de la Conselleria de Medi Ambient, Agua, Urbanisme i Habitatge (CMAUH)

El presente trabajo se encuadra territorialmente en la provincia de **Castellón**. Según el Tercer Inventario Forestal Nacional y siguiendo el hilo de los párrafos anteriores, el

monte ocupa el 64% del total de la provincia. Del total del monte un 64% es monte arbolado y un 36% desarbolado. Las especies predominantes son el *Pinus halepensis*, *Quercus ilex* y *Pinus nigra*. Respecto a los incendios forestales, la superficie incendiada de la provincia se refleja en la siguiente figura:

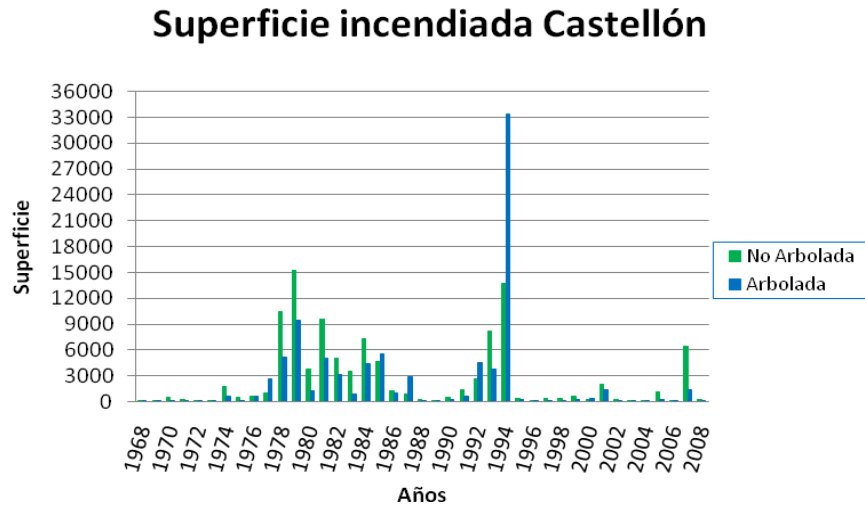


Fig. 3.- Superficie total incendiada del periodo 1968-2008 en la provincia de Castellón. Fuente de datos estadísticos de la CMAUH

Como se puede comprobar en ambos gráficos, el año 1994 fue realmente catastrófico en toda la Comunidad Valenciana.

Después de un incendio forestal se produce un proceso de **recuperación** del ecosistema hasta alcanzar los parámetros anteriores a la perturbación. A veces este proceso da como resultado la aparición de formaciones paraclimáticas no arbóreas, que cubren a duras penas una parte del suelo, y que no producen los beneficios ambientales que da el bosque (Valladares, 2004). En otras ocasiones la **regeneración** forestal es satisfactoria, y se da en un plazo de tiempo razonable, según las condiciones de cada estación forestal.

La recuperación de la vegetación, y especialmente del arbolado, es un proceso que depende de diversos factores, principalmente ligados a las características de la estación y la intensidad y la permanencia de las llamas (Folch *et al.*, 1993). En todo caso, resulta fundamental el estudio de la regeneración posterior a un incendio para, en un futuro, diseñar la posible reforestación.

La capacidad de las comunidades vegetales de recuperarse después del incendio se fundamenta en la respuesta individualizada de las especies (Valladares, 2004). Existen especies que mantienen órganos o yemas protegidas de las altas temperaturas. Otras especies que no se hallan en la comunidad quemada y encuentran unas condiciones ambientales apropiadas para establecerse después del fuego.

En el caso de la vegetación mediterránea, ésta tiene capacidad para regenerarse después de los incendios, puesto que la mayoría de las especies pueden rebrotar o germinar después del fuego. Estas dos estrategias (rebrotadora y germinadora) están asociados a otras propiedades funcionales de las especies, como la utilización y almacenamiento de agua y nutrientes. La coexistencia de ambas estrategias en muchas comunidades refleja la complejidad de la interacción entre estas especies y un régimen de perturbaciones en constante cambio. Además, diferentes estudios demuestran que esta capacidad de regeneración está limitada y depende de las características del medio, y del propio régimen de incendios (Valladares, 2004).

El estudio de los factores que determinan la respuesta regenerativa pone de relieve la existencia de límites en la capacidad de resiliencia (Valladares, 2004). La resiliencia se define como la capacidad de un sistema para retornar a las condiciones previas a la perturbación (Fox y Fox, 1986; Pimm, 1984; Keeley, 1986; *cit. en* Díaz-Delgado, 2002). Estos límites están asociados a las características del régimen de incendios, del entorno físico y biológico, así como de las prácticas de manejo.

El **entorno físico** se considera el causante del desarrollo y distribución de una especie vegetal (Guisan *et al.*, 2000). El estudio de las características del medio sirve para establecer una correlación con la respuesta de la vegetación tras el paso del tiempo. Como se ha comentado anteriormente, según la Estrategia Forestal Española, existen factores naturales que influyen en la estructura y distribución de las formaciones forestales, tales como la altitud, pendiente y la orientación.

Para estudiar las características del medio, generalmente, son derivadas a partir de modelos digitales del terreno (**MDT**). Los modelos digitales del terreno tienden a ser relativamente precisos, por lo que, las variables topográficas derivadas a partir de estos

modelos digitales son generadas sin mucha pérdida de precisión (Fisher, 1990). Aunque, por otra parte, el uso de parámetros topográficos a grandes escalas no tienen tanto poder de predicción como a pequeña escala (Guisan, et al., 2000). La desventaja de utilizar estos parámetros es que un modelo sólo puede ser aplicado sin errores significativos dentro de un ámbito geográfico limitado, ya que si es empleado en un ámbito diferente, la misma posición topográfica puede revelar una combinación diferente de otros parámetros que afecten a la fisiología de las especies o a los recursos allí disponibles. Walter y Walter (1953) describieron el hecho de que las especies tienden a compensar las diferencias regionales en condiciones climáticas seleccionando micrositios similares mediante el cambio de sus posiciones topográficas.

Los MDTs son generados por Sistemas de Información Geográfica (**SIG**). Estos se utilizan para describir y caracterizar la tierra y otras geografías con el propósito de visualizar y analizar información de referencia geográfica. Muchos han caracterizado a un SIG como una de las tecnologías de información más poderosas porque se concentra en la integración del conocimiento desde varias fuentes. *ArcGIS*, un software específico de los SIG, es un sistema para trabajar con mapas e información geográfica. Se utiliza para lo siguiente: crear y utilizar mapas, compilar datos geográficos, analizar la información de los mapas, compartir y detectar información geográfica, utilizar mapas e información geográfica para diversas aplicaciones, administrar la información geográfica de una base de datos.

Como se ha visto anteriormente, diferentes autores opinan que la fisiografía es un factor importante y limitante para la recuperación de las formaciones vegetales tras un incendio. Es por ello que, en el presente trabajo se tratará de, primeramente, modelizar el entorno físico del ámbito del estudio, y posteriormente, estudiar la interacción de dichas variables en la recuperación o regeneración vegetal.

2. OBJETIVOS

El objeto del presente trabajo es analizar cómo se comporta la vegetación a partir de los grandes incendios forestales y cuáles son los factores principales que condicionan su evolución. Como factores principales se ha contemplado la fisiografía del ámbito de estudio, tales como la pendiente, altitud, curvatura del terreno, orientación y radiación solar.

Se trata concretamente de evaluar la cobertura del suelo tras dos incendios forestales ocurridos 13 años antes en dos zonas diferentes de la provincia de Castellón, e intentar analizar si la evolución que ha seguido la vegetación tiene algo que ver alguna de las anteriores variables fisiográficas.

Los objetivos contemplados son los siguientes:

- Cuantificación del cambio de uso del suelo previa y posteriormente a los incendios.
- Detectar qué influencia ejerce la fisiografía en la regeneración arbolada post-incendio en dos escalas territoriales diferentes (comarcal y provincial).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. JUSTIFICACIÓN

El trabajo final de máster (TFM) al que hace referencia este documento, es consecuencia de trabajos de gabinete y de campo precedentes englobados en un proyecto de investigación mediante un convenio de la Universidad Politécnica de Valencia con el Ministerio de Medio ambiente y Medio Rural y Marino (MIMARM). El título del proyecto de investigación es: *Interpretación de los factores incidentes en la intensidad de la recuperación espontánea de formaciones arbóreas pioneras de las zonas más afectadas por incendios en la cuenca mediterránea a través de la comparación de fotografías aéreas, implementación de información ambiental histórica y técnicas estadísticas.*

En el proyecto de investigación se propone estudiar la evolución de la vegetación forestal de la provincia de Castellón desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad mediante técnicas de fotointerpretación. Se realiza a partir de la serie histórica de fotografías aéreas (fotogramas del “vuelo americano” del 1956-1957), la información actual con ortofotografía aérea del año 2007 e información temática diversa en formato digital o de papel. Se realiza también un muestreo de campo con el que se confirma el estado de la vegetación actual en aquellos casos que sea necesario contrastar la información obtenida en gabinete.

El objeto del trabajo presente plantea el análisis del comportamiento de la vegetación tras el paso de incendios forestales. Por ello, la elección del ámbito viene marcada por la ocurrencia de grandes incendios forestales, es decir, se ha seleccionado zonas donde se originó un gran incendio forestal. Como se ha comentado en la introducción del presente documento, el año 1994 fue un año muy duro en términos climatológicos, en el que se originaron un gran número de incendios forestales, algunos de ellos llegando a considerarse como gran incendio forestal. En la provincia de Castellón, se originaron numerosos incendios forestales ese año, dos de ellos se consideraron como gran incendio forestal, de ahí que se haya utilizado dichas zonas como ámbito de estudio para el Trabajo Final de Máster.

Uno de ellos (de aquí en adelante, *Incendio 1*) se produjo en la comarca de Els Ports, que arrasó **11.456 hectáreas** de superficie y de las que algo más del 60% era superficie arbolada, afectando a varios municipios de la comarca. Fue ocasionado por un rayo, debido a una tormenta eléctrica muy fuerte, y se consideró como un gran incendio forestal puesto que afectó a más de 500 hectáreas. El otro gran incendio (de aquí en adelante, *Incendio 2*) se produjo en la comarca de El Alto Mijares y arrasó **18.261 hectáreas** de superficie y de las que el 75% era arbolado. Afectó a varios municipios, algunos de ellos dentro de la vecina comarca de El Alto Palancia. Fue ocasionado también por un rayo en el contexto de la fuerte tormenta que se desarrolló ese día.

3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.2.1. INCENDIO 1

3.2.1.1. LOCALIZACIÓN

El incendio 1 tuvo lugar el día 2 de julio de 1994 a las 18.30 horas. Se inició en el término municipal de Villarluengo, provincia de Teruel, y avanzó en dirección este alcanzando la comarca de Els Ports perteneciente a la provincia vecina, Castellón. Afectó a la parte noroccidental de esta comarca abarcando parte de los municipios de Olocau del Rey (2506.23 ha), Todolella (1046.88 ha), Forcall (1563.16 ha), Villors (216.82 ha), Palanques (1382.31 ha), Zorita del Maestrazgo (1889.9 ha) y Morella (2851.65 ha).

La siguiente figura muestra la situación y emplazamiento del incendio 1:

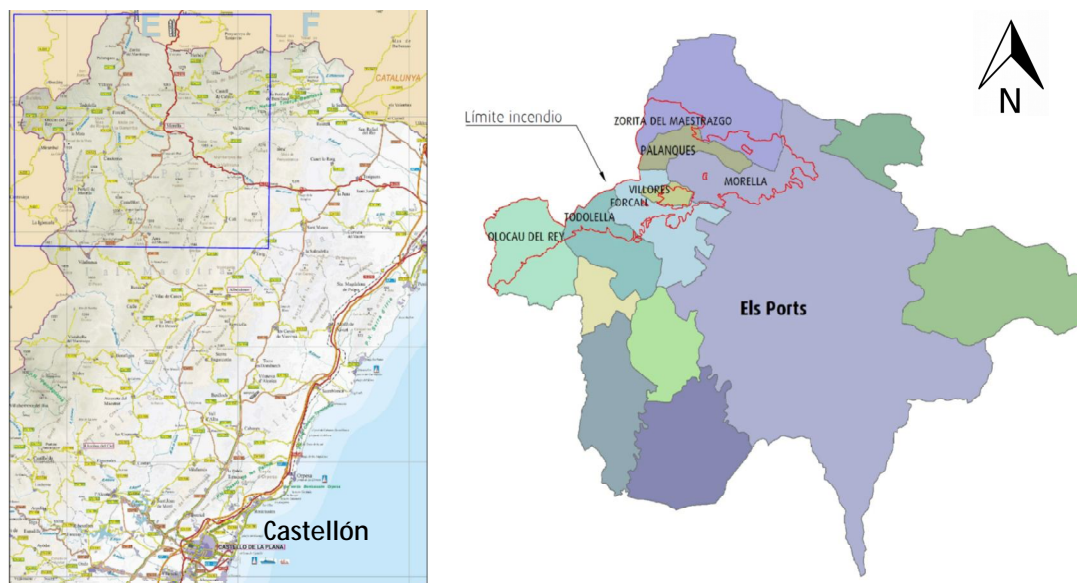


Fig. 4.- Situación y emplazamiento del Incendio 1. (Mapa de carreteras de la C.V.)

El acceso a la zona desde Valencia se realiza desde la AP-7 en dirección a Vinarós, desviándose por la salida 42. Desde allí se toma la N-232 en dirección a Zaragoza llegando a Morella. Otra vía de acceso es la CV-10 que parte de la N-340 a su paso por Castellón de la Plana, en dirección a Sant Mateu y que desemboca en la N-232, dirección Zaragoza, hasta llegar a Morella. Desde Morella parten diferentes carreteras que comunican el resto de municipios.

3.2.1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA COMARCA

La comarca de Els Ports ocupa el extremo noroccidental de la Comunidad Valenciana, limitada al norte y al oeste por la provincia de Teruel y por el sur y este con las comarcas de L'Alt Maestrat y elBaix Maestrat. Morfológicamente es una comarca muy montañosa con abruptas sierras pertenecientes al Sistema Ibérico, y con una altitud media entre los 800 y los 1000 metros sobre el nivel del mar. Su suelo tiene un bajo y medio potencial productivo agrario. Por los limitantes climáticos y edáficos, históricamente el cultivo mayoritario ha sido el cereal extensivo, aunque la actividad agrícola se ha abandonado en gran parte a lo largo del siglo XX.

La principal actividad agraria ha sido la pecuaria, que desde el siglo XVIII ha experimentado una decadencia sostenida en todo el país. En este contexto, la actividad

agroforestal ha sido la principal responsable del modelado del paisaje actual. Es típica de esta zona la presencia de masías aisladas con espacios agrícolas, forestales y de pastoreo del ganado, que constituían el núcleo de la economía familiar para la mayor parte de la población.

El intenso abandono rural, acaecido en esta zona desde la primera década del siglo XX, ha agravado los problemas de vertebración de una comarca ya históricamente poco poblada. El paisaje actual se configura como una mezcla entre amplios campos de cereales y zonas boscosas de pinos y quercíneas, en expansión ante la menor actividad agraria.

Desde el punto de vista paisajístico la casi totalidad de la comarca está configurada por áreas montañosas de relieve intermedio cruzados por los cuatro valles que forman los tres ríos de la comarca.

3.2.1.3. CLIMATOLOGÍA

La caracterización climática desarrollada por Allue (1990) tiene como resultado la definición 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, Mediterráneos, Nemorales y Oroborealioides. Según esta clasificación para España, se parte de los datos del Instituto Nacional de Meteorología (INM), las series de vegetación de Rivas Martínez y trabajo de campo, por lo que el ámbito de estudio queda definido de la siguiente manera:

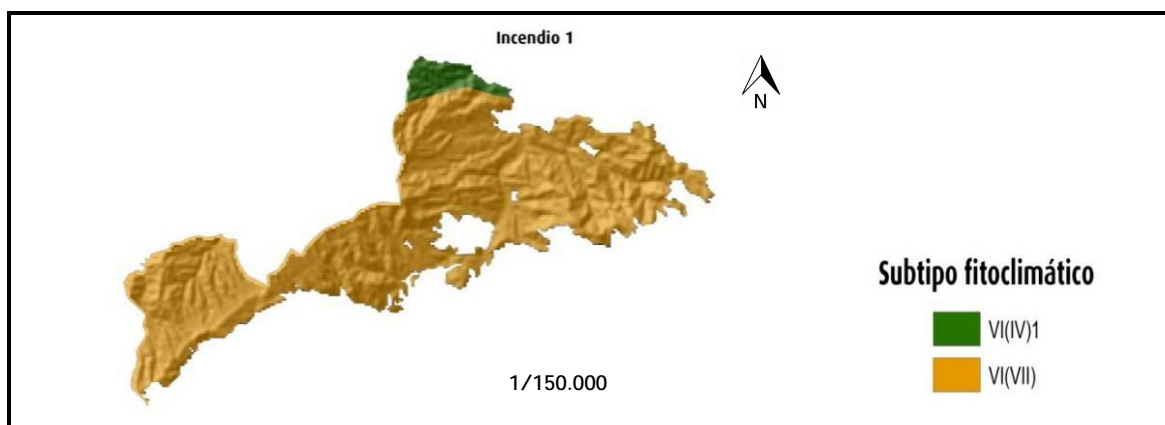


Fig. 5.- Subtipos fitoclimáticos del incendio 1 según Allue (1990)

El macrotipo VI en el que se enclava el incendio 1 corresponde al tipo de bosques planicaducifloios nemorales. Concretamente, cada subtipo se puede definir de la siguiente manera:

	Subtipo	P	Tmin	Tmax	Is
VI(IV)1	Nemoromediterráneo genuino	< 725	7.4	26.5	1 - 3
VI(VII)	Nemoroestepario	< 950	7.1	24.6	0 - 1

Tabla. 1.- Características de los ámbitos fitoclimáticos del incendio 1, Allue 1990.

P: Precipitación anual total (mm)

Tmin.: Tª media mensual más baja (°C)

Tmax.: Tª media mensual más alta (°C)

Is: Intervalo de sequía (meses)

A continuación se muestra el diagrama ombrotérmico de una de las estaciones más representativas del ámbito de estudio del incendio 1, la estación termopluviométrica de Morella, a 970 metros de altitud.

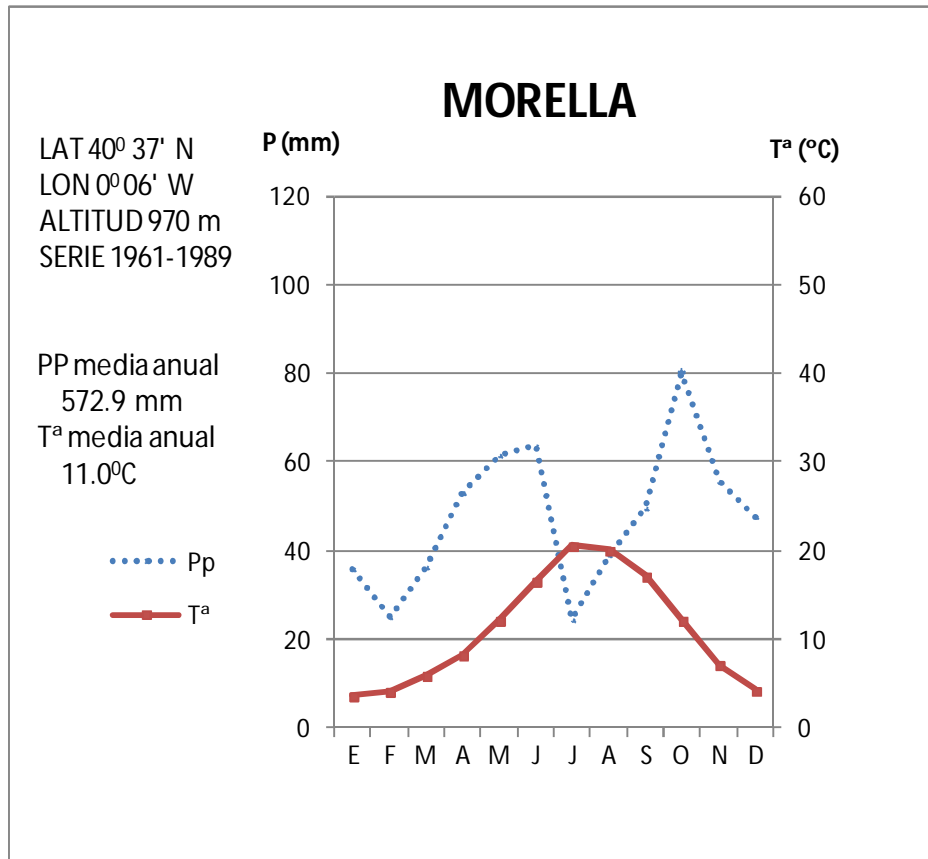


Fig. 6.- Diagrama climático de la estación de Morella, Pérez Cueva 1994.

Según Rivas Martínez (1987), se entiende por piso bioclimático cada uno de los espacios que se suceden altitudinalmente, con las consiguientes variaciones de temperatura y precipitación. Rivas Martínez establece el índice de termicidad como un criterio numérico para separar los diferentes pisos bioclimáticos. Este índice se calcula a partir del MDT mediante información del Atlas Climático Digital de la Península Ibérica (Ninyerola *et al.*, 2005), generado a partir de la interpolación de gran cantidad de datos climáticos en formato ráster.

Los pisos bioclimáticos que representan la zona del incendio 1 son el mesomediterráneo (35% de la superficie) y supramediterráneo (65%). Los parámetros que caracterizan estos dos pisos son los siguientes:

	T	M	m	It
Supramediterráneo	8 a 3	3 a 8	-4 a -1	70 a 200
Mesomediterráneo	13 a 17	8 a 14	-1 a 5	200 a 360

Tabla. 2.- Índice e intervalos termoclimáticos de diagnóstico de los pisos bioclimáticos según Rivas Martínez

T: Temperatura media anual. (°C)
M: Media de las mínimas de mes más cálido. (°C)
m: Media de las mínimas del mes más frío. (°C)
It: Índice de termicidad de Rivas Martínez.

El clima del territorio se sitúa en la transición entre el clima litoral y el clima más continental del Bajo Aragón. El clima litoral está caracterizado por un régimen de temperaturas suaves tanto invernales (entorno a 4° en enero) como estivales (entorno a 21° en agosto), y por un régimen torrencial de precipitaciones con un periodo de sequía estival acusado y un máximo pluviométrico en el otoño. El clima continental tiene unos contrastes térmicos más acusados que el anterior y una tendencia a la desaparición del pico pluviométrico otoñal, con menor torrencialidad en las precipitaciones. Además se caracteriza también porque la sequía estival viene disminuida por unas precipitaciones más altas en verano y frecuentes situaciones de nieblas brisas cargadas de humedad provenientes del litoral.

3.2.1.4. LITOLOGÍA

En el mapa litológico elaborado para la zona del incendio 1 (Anejos: Mapa nº1) se puede observar que la mayor parte del territorio está formado por rocas sedimentarias consolidadas. En la siguiente tabla se muestra los materiales litológicos que afloran en el ámbito de estudio, según la cartografía del Instituto Cartográfico de Valencia (ICV):

CÓDIGO	TIPO ROCA	MATERIALES
SC/1	Roca sedimentaria consolidada	Conglomerados
SC/1-2-4	Roca sedimentaria consolidada	Conglomerados, areniscas y arcillas
SC/1-4	Roca sedimentaria consolidada	Conglomerados y arcillas
SC/10	Roca sedimentaria consolidada	Margas
SC/2-10	Roca sedimentaria consolidada	Areniscas y margas
SC/2-4	Roca sedimentaria consolidada	Areniscas y arcillas
SC/5	Roca sedimentaria consolidada	Calcáreas

SC/5-10	Roca sedimentaria consolidada	Calcáreas y margas
SC/5-2	Roca sedimentaria consolidada	Calcáreas y areniscas
SC/5-7	Roca sedimentaria consolidada	Calcáreas y calcáreas margosas
SC/5-9	Roca sedimentaria consolidada	Calcáreas y dolomías
SI/2-3-4	Roca sedimentaria no consolidada	Cantos, gravas, arenas y limos
SI/2-4	Roca sedimentaria no consolidada	Cantos, gravas y limos
SI/3-5	Roca sedimentaria no consolidada	Arenas y arcillas

Tabla. 3.- Unidades litológicas del incendio 1.

3.2.1.5. HIDROLOGÍA

El territorio se enmarca dentro de la **Cuenca Hidrográfica del Ebro**. El río más importante es el Bergantes que cruza inicialmente la comarca en dirección E-O, desde los montes de Vallivana, y al llegar al centro de la comarca gira bruscamente tomando dirección norte para entrar en Teruel por el punto más septentrional de la provincia de Castellón. Con una simetría casi perfecta confluyen en dicho centro de la comarca los ríos Caldes y Cantavieja, formando una cruz que confiere a la comarca un carácter particular, dividiéndola en cuatro valles, en el centro de los cuales se encuentran las zonas más llanas, coincidiendo con las terrazas de los tres ríos.

En la siguiente figura se muestra gráficamente como queda delimitada la zona de estudio:

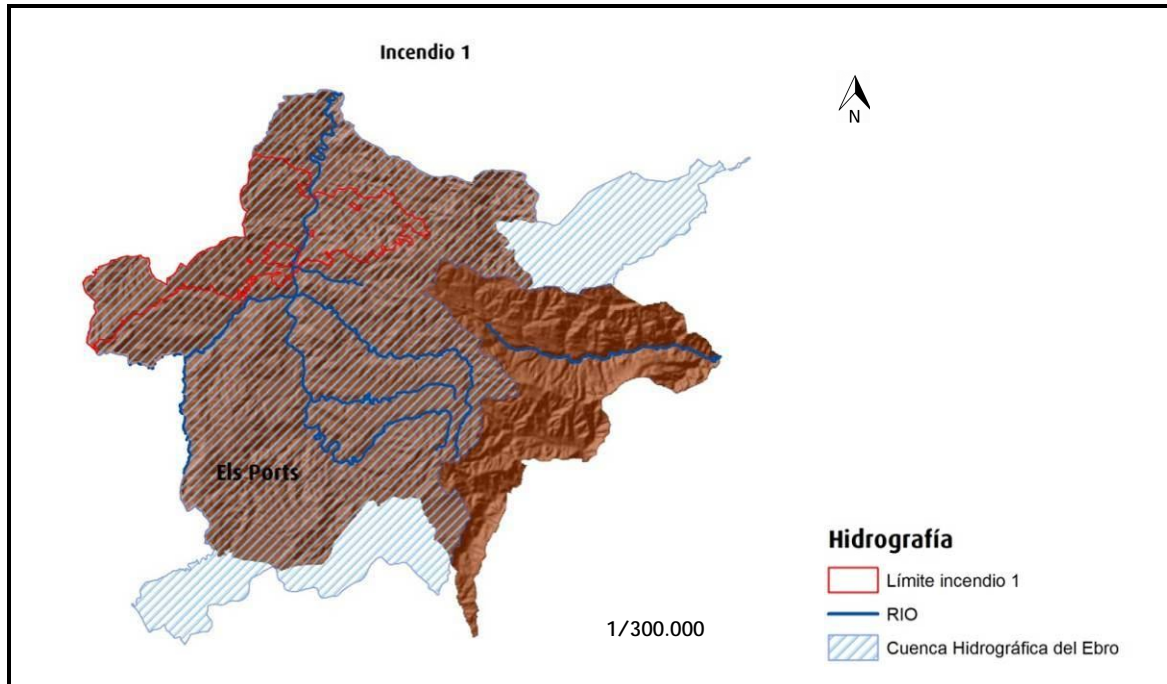


Fig. 7.- Hidrografía de la comarca de Els Ports.

3.2.1.6. EDAFOLOGÍA

Los suelos originados en la zona de estudio corresponden a dos órdenes del sistema de clasificación “Soil Taxonomy”: **Inceptisoles** y **Entisoles**. En la siguiente figura se muestra la distribución de estos suelos en el territorio en cuestión:

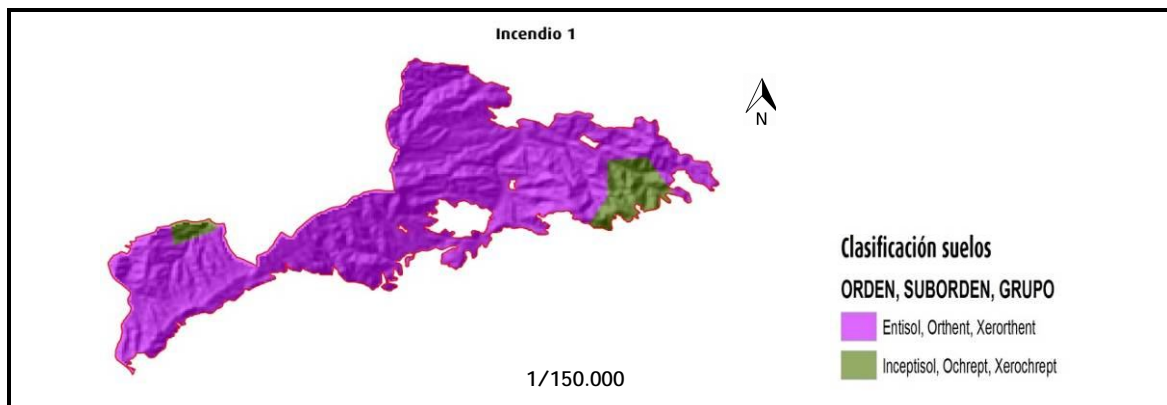


Fig. 8.- Clasificación de suelos del incendio 1. (Soil Taxonomy)

Los **Entisoles** incluyen los suelos que no evidencian o tienen escaso desarrollo de horizontes pedogénéticos. La mayoría de ellos solamente tiene un horizonte superficial claro, de poco espesor y generalmente pobre en materia orgánica (epipedón ócrico).

Incluyen, entre otros, muchos de los suelos llamados aluviales, regosoles, litosoles, e incluso, los suelos antrópicos. Normalmente no se presentan otros horizontes diagnóstico, lo que se debe en gran parte al escaso tiempo transcurrido desde la acumulación de los materiales parentales. También pueden incluir horizontes enterrados siempre que se encuentren a más de 50 cm de profundidad. Generalmente se han desarrollado en distintos regímenes de humedad, temperatura, vegetación, materiales parentales y edad. Los únicos rasgos comunes a todos los suelos de este Orden son la ausencia virtual de horizontes y su naturaleza mineral. Se caracteriza por la textura del material originario que, en la mayoría de los casos, es areno-franca.

Dentro de este orden se distingue el suborden **orthent**, un tipo de suelo muy delgado que se encuentra en superficies con reciente erosión, y más concretamente dentro del grupo **xerorthent**, con un régimen de humedad más xérico.

Los **Inceptisoles** evidencian un cierto grado de evolución, lo que se traduce en mayores desarrollos del perfil y por la presencia generalizada de un horizonte cámbico, por encima del cual puede encontrarse un epipedon ócrico o antrópico. Todos los inceptisoles localizados quedan incluidos en el suborden **ochrepts**, asociado a pluviometrías inferiores a 1000 mm y más concretamente en el gran grupo **xerochrepts**, con un régimen de humedad más xérico.

3.2.1.7. VEGETACIÓN

3.2.1.7.1. Introducción

Para describir la cubierta vegetal del territorio se ha recurrido a tres fuentes de información, las cuales proporcionan una idea de las formaciones vegetales existentes:

- **Series de vegetación** de Rivas Martínez, las cuales indican la vegetación potencial del lugar.
- **Mapa de usos del suelo** del Instituto Cartográfico de Valencia.
- **Mapa Forestal Español**, el cual describe la situación real de la vegetación.

3.2.1.7.2. Vegetación potencial

Según las series de vegetación de Rivas Martínez (1983), el ámbito de estudio del incendio 1 queda de la siguiente manera:

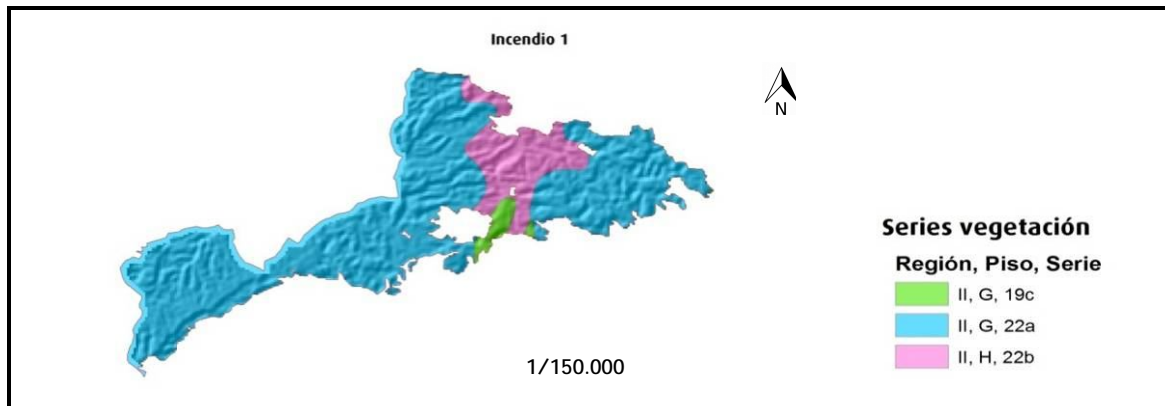


Fig. 9.- Series de vegetación según Rivas Martínez

Todo el ámbito de estudio queda enclavado en la región Mediterránea (II). La mayor parte del territorio se encuentra en el piso supramediterráneo (G), existiendo una pequeña zona con un piso mesomediterráneo (H). Las series de vegetación potencial que caracterizan la zona de estudio son las siguientes:

- **II, G, 19c:** Serie supramediterránea tarraconense, maestracense y aragonesa basófila de *Quercus faginea* (*Violo willkommii-Querceto fagineae sigmetum*). Con vegetación potencial de quejigares.
- **II, G, 22a:** Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basófila de *Quercus rotundifolia* (*Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae sigmetum*). Con vegetación potencial de encinares.
- **II, H, 22b:** Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de *Quercus rotundifolia* (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*). Con vegetación potencial de encinares.

3.2.1.7.3. Vegetación actual

3.2.1.7.3.1. Usos del suelo

La cubierta vegetal de la zona de estudio se distribuye de la siguiente manera, tal y como muestra la tabla siguiente elaborada a partir de los datos disponibles del Instituto Cartográfico Valenciano:

USOS SUELO	SUPERFICIE (Ha)
Bosque	6298
Matorral	2908
Frutal secano	6
Herbáceos regadío	1487
Herbáceos secano	1181
Sin cultivar	9.8
Cortafuegos	25

Tabla. 4.- Usos del suelo del Incendio 1. Instituto Cartográfico Valenciano

3.2.1.7.3.2. Mapa Forestal de España

Las principales formaciones vegetales en cuanto a su localización y distribución se muestran en la siguiente figura, obtenida del Mapa Forestal de España (Ruiz de la Torre, 1986). A continuación se detallan brevemente dichas formaciones:

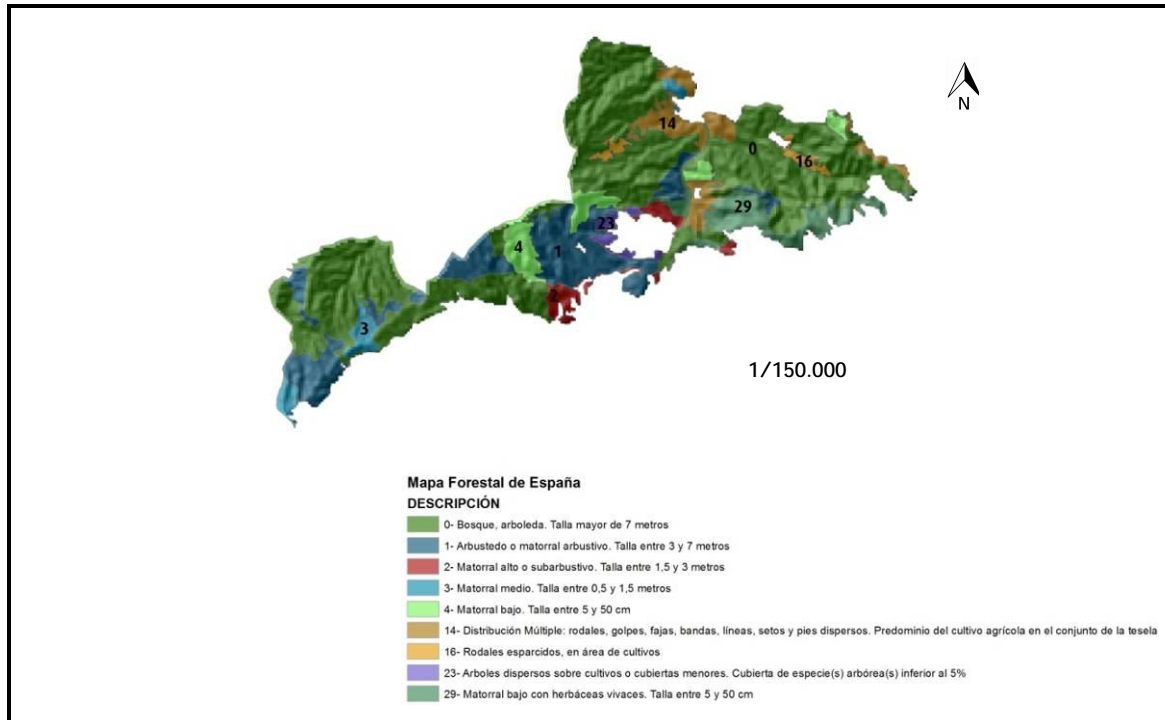


Fig. 10.- Estructura de la vegetación existente en el incendio 1 (Ruiz de la torre, 1986)

La posición del macizo del Els Ports entre las montañas ibéricas y las catalanas ha permitido la presencia y conservación de una flora y fauna muy rica y variada, donde se pueden encontrar más de 1000 especies de flora. El macizo se sitúa dentro de un área típicamente mediterránea, pero el hecho de estar, en buena parte, situado sobre los 1000 metros de altitud, origina un cambio en la vegetación, desarrollándose aquella típica de alta montaña.

En la parte oriental y en las zonas más soleadas domina el matorral de coscoja, en la vertiente occidental, de carácter más fresco y continental, el paisaje está ocupado por carrascal; en las zonas más elevadas la vegetación está formada por carrascal montañoso. Las orientaciones al Mediterráneo están formadas por pinares de *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Buxus sempervirens*. En las carenas, sometida a fuertes vientos durante buena parte del invierno, se encuentran variedades de gramíneas.

3.2.2. INCENDIO 2

3.2.2.1. LOCALIZACIÓN

El incendio 2 tuvo lugar el día 2 de julio de 1994 a las 20.30 horas. Se extiende principalmente en la comarca del Alto Mijares, aunque también abarca una pequeña zona del norte de la comarca del Alto Palancia. Los municipios y la superficie afectada en la comarca del Alto Mijares son: Fuente de la Reina (199.7 ha), Montán (2491.9 ha), Montanejos (1048.6 ha), Arañuel (237.6 ha), Cirat (2183.2 ha), Torralba del Pinar (2007.3 ha), Espadilla (779.6), Torrechiva (673 ha), Toga (327.1 ha), Fuentes de Ayodar (1048.3 ha), Ayodar (1819.3 ha) y Villamalur (617.5 ha). Por otra parte, los municipios y la superficie afectada en la comarca del Alto Palancia son: Pina de Montalgrao (697 ha), Benafer (165.5 ha), Caudiel (2545.7 ha), Higueras (1053.7 ha) y Paviás (365.4 ha).

La siguiente figura muestra la situación y el emplazamiento del Incendio 2:

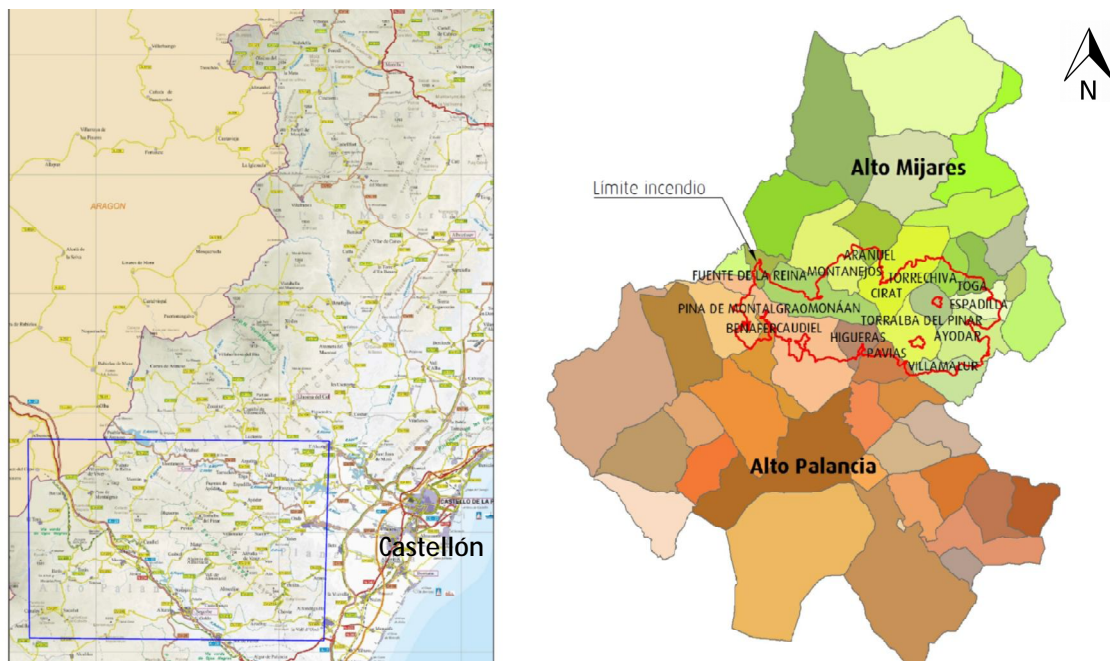


Fig. 11.- Situación y emplazamiento del Incendio 2. (Mapa de carreteras de la C.V.)

El acceso a la zona oeste desde Valencia se realiza desde la V-21 en dirección a Sagunto-Teruel, desviándose hacia la A-23 en dirección Teruel. Desde allí se toma la salida 42 en dirección Jérica-Caudiel-Viver. El acceso por la parte más oriental del ámbito de estudio se realiza por la AP-7 en dirección a Castellón. Desde allí tomar la salida hacia la CV-10 en dirección VilaReal-Onda, y más tarde, tomar la CV-20 en dirección a Onda.

3.2.2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA COMARCA

La comarca del Alto Mijares se enmarca entre el macizo de Peñagolosa al norte y la alineación Espina-Espadán al sur. Está limitada por el norte con la comarca del Alcalatén, al este con la Plana Baja, al sur con el Alto Palancia y al oeste con la comarca Gúdar-Javalambre de la provincia de Teruel. La mayor parte del territorio tiene cotas por encima de los 500 metros, y es de especial interés destacar la presencia de la cima del Peñagolosa que cuenta con 1.813 metros.

3.2.2.3. CLIMATOLOGÍA

Según la clasificación fitoclimática propuesta por Allue (1990) para España a partir de los datos del Instituto Nacional de Meteorología (INM), las series de vegetación de Rivas Martínez y trabajo de campo, el ámbito de estudio del incendio 2 se clasifica conforme la siguiente figura:

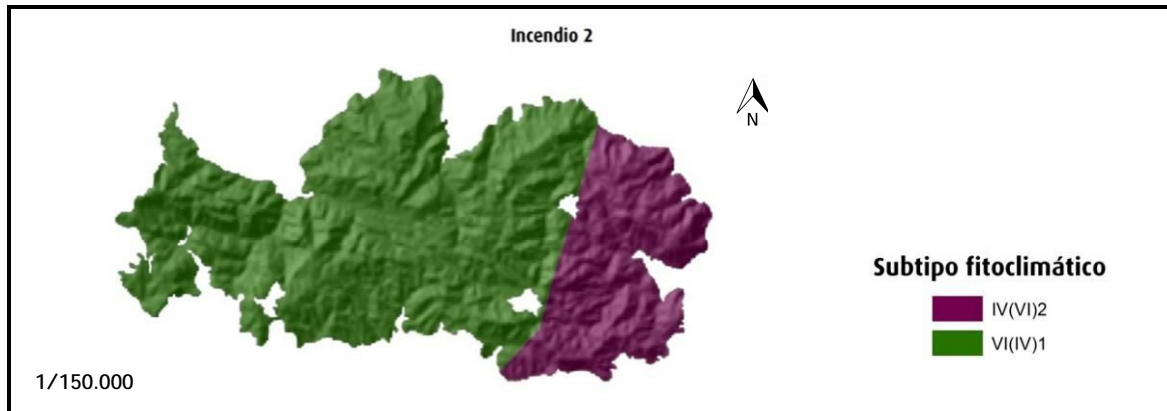


Fig. 12.- Tipos fitoclimáticos del incendio 2 según Allue (1990)

En el caso del incendio 2, se encuentra delimitado por dos macrotipos diferentes, el macrotipo VI mencionado en el incendio 1, y el macrotipo IV, que corresponde a bosques y estepas típicamente mediterráneas. Las características de cada subtipo se definen en la tabla siguiente:

Subtipo	P	Tmin	Tmax	Is
---------	---	------	------	----

IV(VI)2	Mediterráneo subnemoral	< 822	11.2	27	1 - 3
VI(IV)1	Nemoromediterráneo genuino	< 725	7.4	26.5	1 - 3

Tabla. 5.- Características de los ámbitos fitoclimáticos del incendio 2, Allue 1990.

P: Precipitación anual total (mm)

Tmin.: Tª media mensual más baja (°C)

Tmax.: Tª media mensual más alta (°C)

Is: Intervalo de sequía (meses)

A continuación se muestra el diagrama ombrotérmico de una de las estaciones más representativas del ámbito de estudio del incendio 2, la estación termopluiométrica de Arañuel, a 406 metros de altitud.

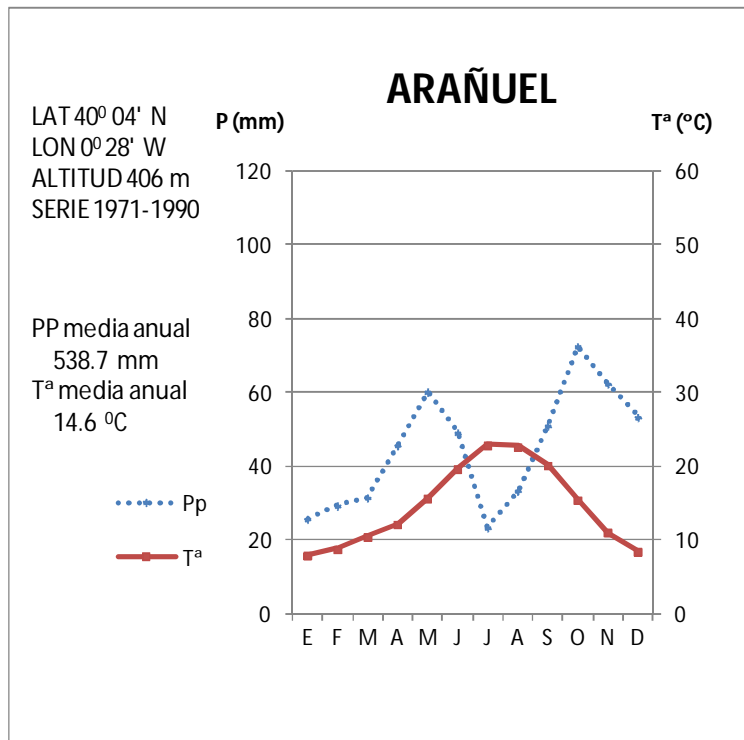


Fig. 13.- Diagrama climático de la estación de Arañuel, Pérez Cueva 1994.

Los pisos bioclimáticos que representan la zona del incendio 2 son el mesomediterráneo (89%) y supramediterráneo (11%). Los parámetros que caracterizan estos dos pisos se han definido para el incendio 1.

3.2.2.4. LITOLÓGÍA

En el mapa litológico elaborado para la zona del incendio 2 (Anejos: Mapa nº 2) se puede observar que la mayor parte del territorio también está formado por rocas sedimentarias consolidadas como en el incendio 1. En la siguiente tabla se muestra los materiales litológicos que afloran en el ámbito de estudio, según la cartografía del Instituto Cartográfico de Valencia:

CÓDIGO	TIPO ROCA	MATERIALES
IV/2	Rocas volcánicas	Ofitas
IV/3	Rocas volcánicas	Brechas y tobas volcánicas
M/1	Rocas metamórficas	Pizarras y cuarcitas
SC/1	Roca sedimentaria consolidada	Conglomerados
SC/1-2	Roca sedimentaria consolidada	Conglomerados y areniscas
SC/12	Roca sedimentaria consolidada	Arcillas, margas y yesos
SC/2	Roca sedimentaria consolidada	Areniscas
SC/2-4	Roca sedimentaria consolidada	Areniscas y arcillas
SC/4-2	Roca sedimentaria consolidada	Arcillas y areniscas
SC/5	Roca sedimentaria consolidada	Calcáreas
SC/5-10	Roca sedimentaria consolidada	Calcáreas y margas
SC/5-9	Roca sedimentaria consolidada	Calcáreas y dolomías
SC/7-10	Roca sedimentaria consolidada	Calcáreas margosas y margas
SC/9	Roca sedimentaria consolidada	Dolomías
SC/9-10	Roca sedimentaria consolidada	Dolomías y margas
SI/2	Rocas sedimentarias no consolidadas	Cantos y graveras

Tabla. 6.- Unidades litológicas del incendio 2. (ICV)

En este caso también existe, pero en pequeña proporción, rocas de tipo volcánicas y metamórficas. Las **rocas metamórficas** son las que se forman a partir de otras rocas mediante el proceso de metamorfismo. Este fenómeno se da cuando las rocas quedan sometidas a altas presiones, altas temperaturas o a un fluido activo que provoca cambios en la composición de la roca. Y las **volcánicas**, como su nombre indica, se forman por el enfriamiento de lava en la superficie terrestre.

3.2.2.5. HIDROGRAFÍA

El ámbito de estudio del incendio 2 se enmarca dentro de la **Cuenca Hidrográfica del Júcar**. La orografía de la zona posibilita la existencia de una gran cantidad de barrancos y ramblas por donde discurren cursos intermitentes de agua.

Los cauces de esta cuenca tienen un régimen marcadamente mediterráneo, caracterizado con unas fuertes sequías en verano frente a alta probabilidad de inundaciones en otoño, lo que hace que tengan un carácter temporal.

En la siguiente figura se muestra la hidrografía del territorio:

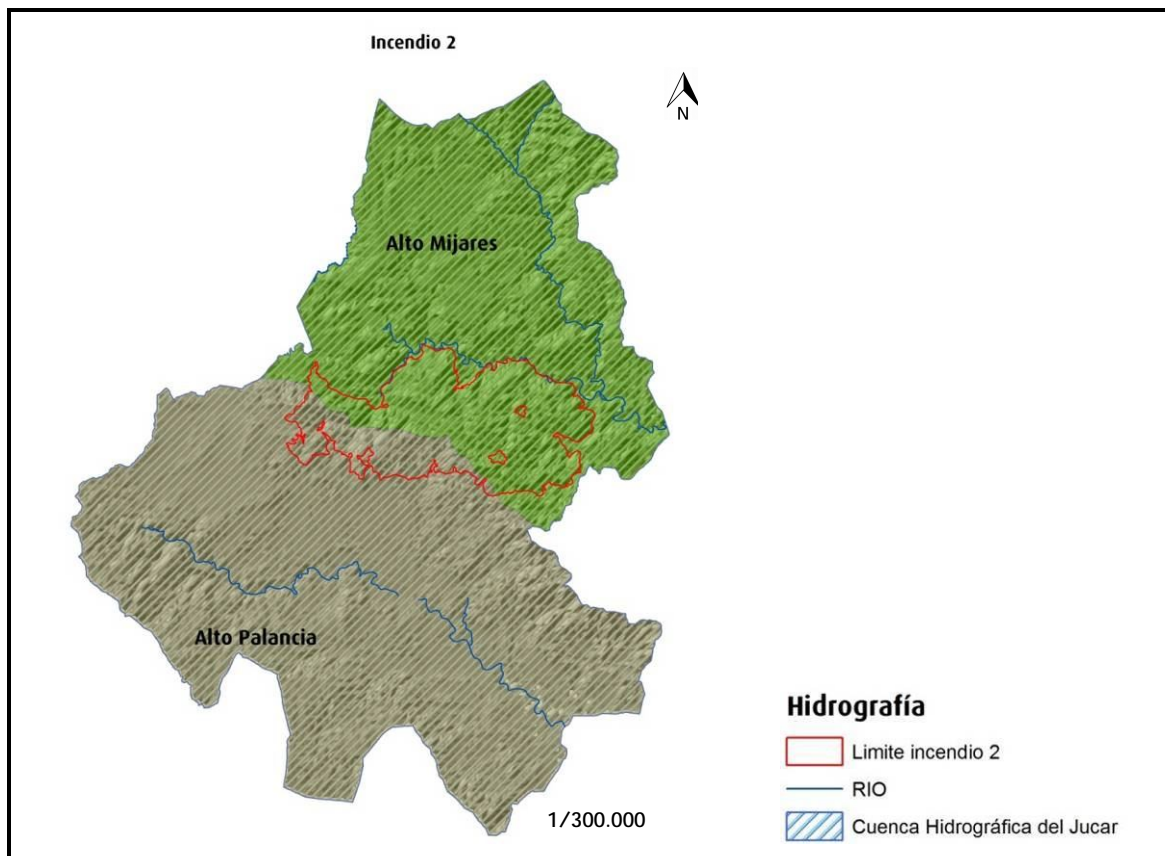


Fig. 14.- Hidrografía de las comarcas del Alto Mijares y Alto Palancia.

La red fluvial está dominada por el río Mijares cuyo régimen alcanza un nivel de suficiencia todo el año gracias a que recoge las precipitaciones de las sierras turolenses. Bajando de los páramos de Teruel, el Mijares se encajona considerablemente dando lugar en el tramo entre Puebla de Arenoso y Montanejos a una profunda garganta de

gran valor paisajístico. El afluente más importante que recibe este río es el Villahermosa, que atraviesa la comarca en dirección norte-sur.

3.2.2.6. EDAFOLOGÍA

Al igual que en el incendio 1, los suelos corresponden a dos órdenes del sistema de clasificación “Soil Taxonomy”: Inceptisoles y Entisoles. En la siguiente figura se muestra la distribución de estos suelos en el territorio en cuestión:

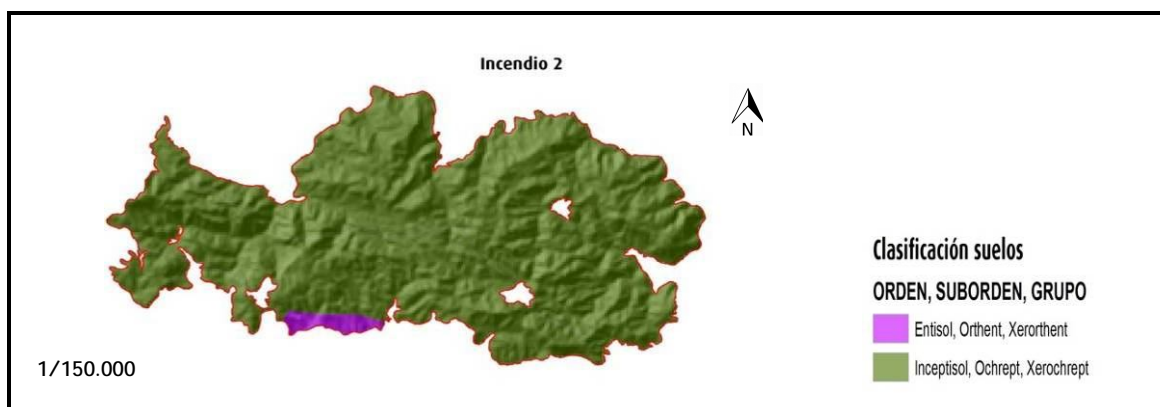


Fig. 15.- Clasificación de suelos del incendio 2. (Soil Taxonomy)

En este caso, la mayor proporción del territorio se encuentra dentro del orden de los Inceptisoles.

3.2.2.7. VEGETACIÓN

3.2.2.7.1. Introducción

Para describir la cubierta vegetal del territorio se ha recurrido a tres fuentes de información, las cuales proporcionan una idea de las formaciones vegetales existentes:

- **Series de vegetación** de Rivas Martínez, las cuales indican la vegetación potencial del lugar.
- **Mapa de usos del suelo** del Instituto Cartográfico de Valencia.
- **Mapa Forestal Español**, el cual describe la situación real de la vegetación.

3.2.2.7.2. Vegetación potencial

Según las series de vegetación de Rivas Martínez (1983), el ámbito de estudio del incendio 2 queda de la siguiente manera:

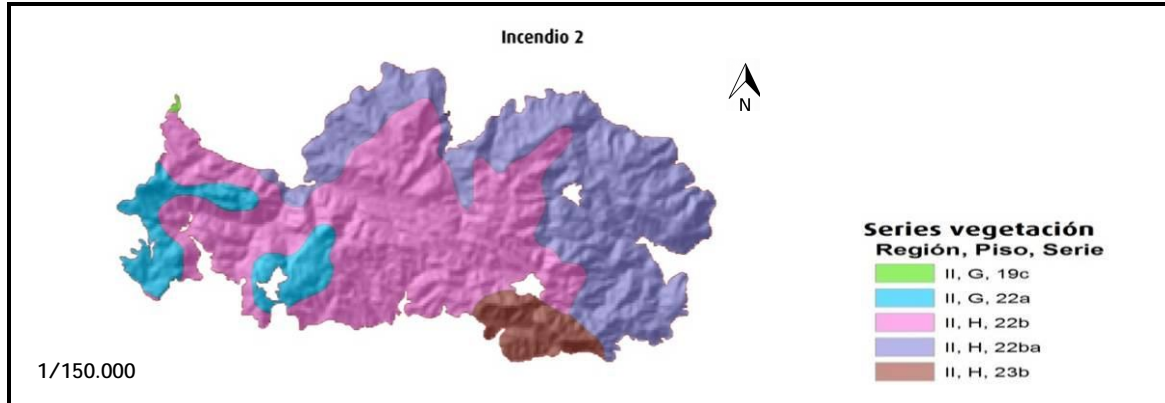


Fig. 16.- Series de vegetación según Rivas Martínez

Todo el ámbito de estudio queda enclavado en la región Mediterránea (II). La mayor parte del territorio se encuentra en el piso mesomediterráneo (H), existiendo unas pequeñas zonas con un piso supramediterráneo (G). Los parámetros de ambos pisos bioclimáticos se han especificado en el apartado correspondiente al incendio 1.

Las series de vegetación potencial que caracterizan la zona de estudio son las siguientes:

- **II, G, 19c:** Serie supramediterránea tarraconense, maestracense y aragonesa basófila de *Quercus faginea* (*Violo willkommii-Querceto fagineae sigmetum*). Con vegetación potencial de quejigares.
- **II, G, 22a:** Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basófila de *Quercus rotundifolia* (*Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae sigmetum*). Con vegetación potencial de encinares.
- **II, H, 22b:** Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de *Quercus rotundifolia* (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*). Con vegetación potencial de encinares.

- **II, H, 22ba:** Serie mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de *Quercus rotundifolia* (*Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*). Vegetación potencial de encinares.
- **II, H, 23b:** Serie meso-termomediterránea valenciano-castellonense subhúmeda de *Quercus suber*. (*Carici depressae-Querceto suberis sigmetum*). Vegetación potencial de alcornoques.

3.2.2.7.3. Vegetación actual

3.2.2.7.3.1. Usos del suelo

La cubierta vegetal de la zona de estudio se distribuye de la siguiente manera, tal y como muestra la tabla siguiente elaborada a partir de los datos disponibles del Instituto Cartográfico Valenciano:

USOS SUELO	SUPERFICIE (Ha)
Bosque	6848
Matorral	10500
Frutal regadío	4
Frutal seco	602
Herbáceos regadío	4.8
Herbáceos seco	46.1
Sin cultivar	2.6
Cortafuegos	9.5

Tabla. 7.- Usos del suelo del Incendio 2. Instituto Cartográfico Valenciano.

3.2.2.7.3.2. Mapa Forestal de España

Las principales formaciones vegetales en cuanto a su localización y distribución se muestran en la siguiente figura, obtenida del Mapa Forestal de España (Ruiz de la Torre, 1986). A continuación se detallan brevemente dichas formaciones:

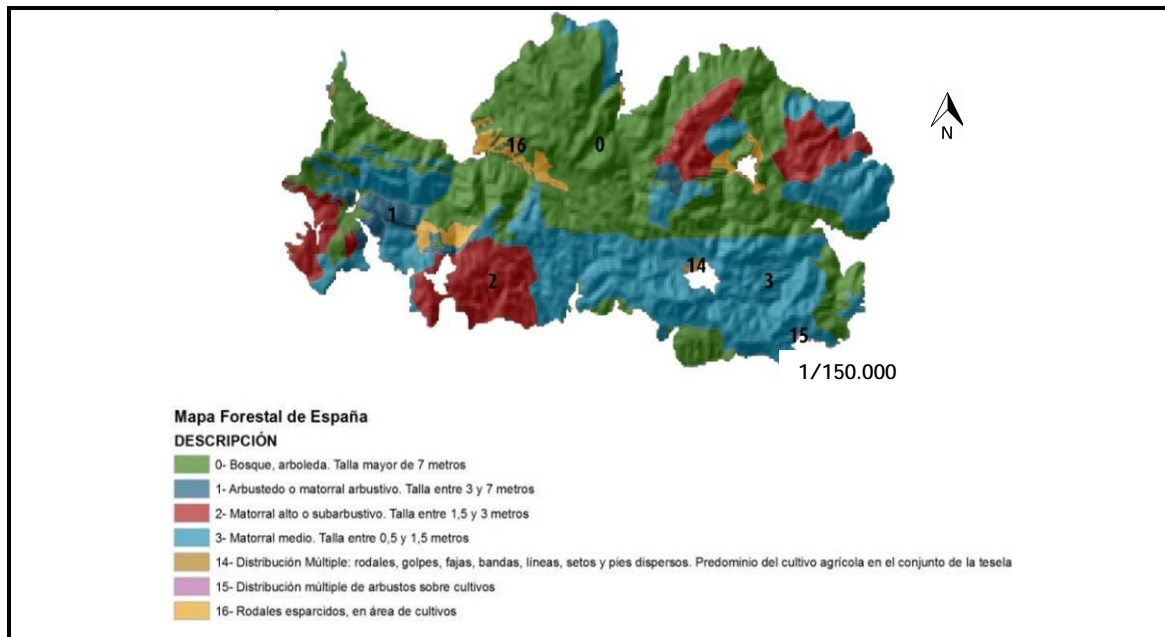


Fig. 17.- Estructura de la vegetación existente en el incendio 2 (Ruiz, 1986)

El mayor porcentaje de la superficie de la comarca se encuentra ocupado por pinares y mezclas de pinares y secano. Esto es algo diferente en la parte de la Sierra de Espadán, en la que la mayor humedad y los suelos silíceos derivados de las areniscas, determinan una densidad apreciable de alcornoques y pinos rodenos, así como brezos, cantuesos y jaras, que contrastan con las encinas y pinos carrascos con romero, característicos de los terrenos calizos dominantes en la comarca.

3.3. MATERIAL EMPLEADO

Para el desarrollo del trabajo se ha empleado el siguiente material:

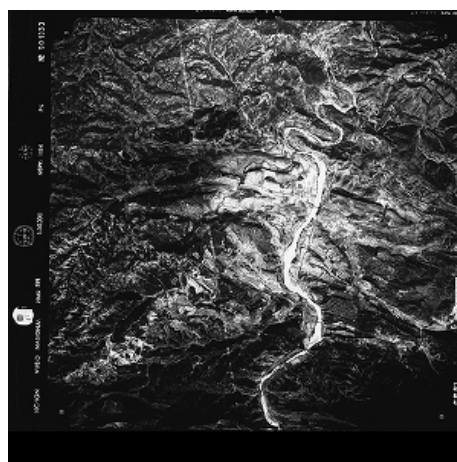
- **Fotogramas aéreos del vuelo americano de 1957** en formato papel. Fueron realizadas por el Servicio Fotogramétrico del Ejército Norteamericano entre los años 1956 y 1957 sobrevolando el territorio de la Península y las Islas Baleares. El vuelo consta de un total de 617 rollos que suman más de 60.000 fotogramas. El formato es vertical y de tipo cuadrado, abarcando escalas como la 1/33.000 y 1/44.000. Las características básicas de estos fotogramas aplicables a la Comunidad Valenciana son:
 - Tamaño fotografía: 23 x23 cm

- Distancia focal: 153.01 mm
- Escala aproximada: 1/33.000
- Altitud (sobre nivel mar): en torno a 5.000 m



Fotografía 1.-Fotografía aérea tomada en el vuelo del 1957. Servicio Fotogramétrico del Ejército Norteamericano

- **Fotogramas aéreos del vuelo nacional del 1984.** Se tomaron entre 1980-1986 y fueron realizadas en formato papel. Han sido proporcionadas por el Instituto Geográfico Nacional en formato digital, puesto que ha realizado una tarea posterior de escaneado y digitalización de los fotogramas. La escala de los fotogramas es 1.30000, y concretamente para las zonas tratadas en el presente trabajo se realizaron entre los meses de agosto y septiembre de 1984.



Fotografía 2.-Fotografía aérea tomada en el vuelo de 1984. Instituto Geográfico Nacional.

- **Ortofotografías aéreas del año 2007** en formato digital. La resolución es de 0.5 metros (escala 1/5.000) y pertenece a la serie ODCV05 del Instituto Cartográfico Valenciano. Se realizaron entre el 14/08/2007 y el 03/09/2007. Los metadatos de estas ortofotografías son:
 - Sistema de coordenadas proyectadas: UTM Zone 30 Northern Hemisphere
 - Sistema de coordenadas geográficas: EUROPEAN DATUM 1950
 - Formato raster: ECW
 - Número de bandas raster: 3
 - Tamaño de celda: X 0.5 y Y 0.5



Fotografía 3.-Ortofotografía aérea tomada en el año 2007. Instituto Cartográfico Valenciano

- **Malla de muestreo.** Sobre las fotografías aéreas, tanto en formato papel como digital, se superpone una malla de muestreo formada por cuadrados de una hectárea, cuyo punto central coincide con el cruce de la malla UTM, y separados entre sí 1000 metros. Los fotogramas antiguos en papel se disponen en diferentes escalas, por lo que la plantilla se ha de ajustar en función de la escala del fotograma. El cuadrado es la parcela de muestreo donde se mide la cobertura del suelo. La siguiente figura muestra un ejemplo:

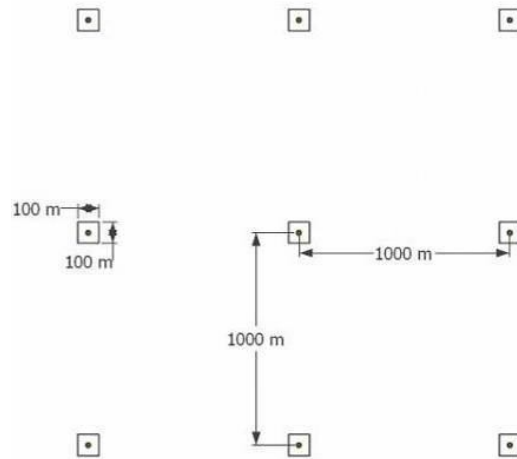


Fig. 18.- Plantilla de muestreo empleada.

- **Malla con subdivisiones.** Para afinar aún más, se dispone de una malla con subdivisiones de 0.1 hectáreas que se superpone sobre la parcela de muestreo y de esta manera se realiza la valoración de la cobertura con mayor detalle. Esto se muestra en las figuras siguientes:

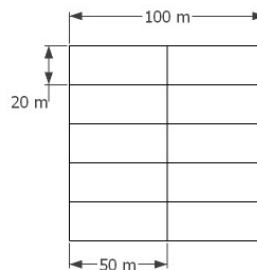


Fig. 19.- Parcelas de muestreo subdivididas.



Fotografía 4.-Ejemplo parcela de muestreo subdividida y superpuesta con la ortofoto.

- **Lupa.** Se precisa de una lupa de 8 aumentos para la valoración de la cobertura en los fotogramas antiguos en papel (1957), puesto que la escala de las mismas varía desde 1:35.000 a 1:60.000 y a simple vista es difícil interpretar.
- **Plantilla de valoración visual de la tasa de cobertura vegetal.** Se hace uso de esta plantilla para realizar la valoración de la Fracción de Cobertura Cubierta (FCC), parámetro que indica la superficie media en porcentaje que se halla cubierta por la proyección vertical de las copas de todos los pies de la masa (González, 2005). La plantilla de valoración utilizada es la propuesta por el ingeniero de montes Juan Ruiz de la Torre, la cual se puede observar en la siguiente figura:

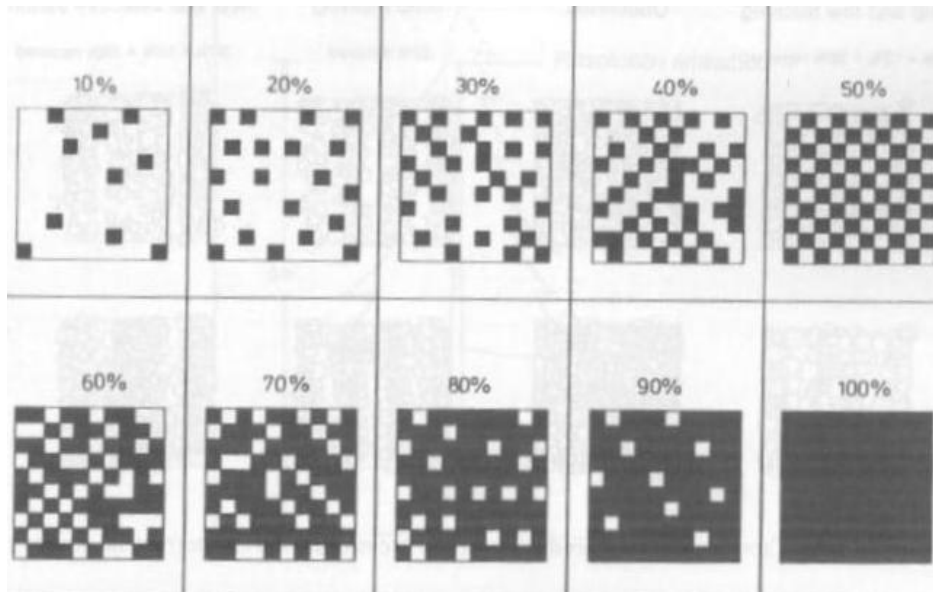


Fig. 20.- Trama para la apreciación visual de la tasa de cobertura vegetal (Van Laar et al., 2007)

- **Herramienta informática ArcMap.** Está incluida en el conjunto de software de ArcGis dentro del campo de los Sistemas de Información Geográfica, producido y comercializado por Esri. ArcMap representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en un mapa. Se trata de la aplicación principal para trabajar con mapas, de ahí que se ha empleado para la obtención de las diferentes variables fisiográficas contempladas en el trabajo.
- **Paquete estadístico SPSS versión 11.0.** Es un conjunto de programas orientados a la realización de análisis estadísticos. Permite realizar análisis y gráficos estadísticos sin tener que conocer la mecánica de los cálculos ni la sintaxis de los comandos del sistema.

3.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.4.1. INTRODUCCIÓN

La metodología desarrollada para la consecución de los objetivos marcados, se resume en el siguiente esquema:

1. Cuantificación del cambio del uso del suelo previa y posteriormente al incendio.

- Metodología: Técnicas de fotointerpretación del territorio
2. Detectar qué influencia ejerce la fisiografía en la regeneración arbolada post-incendio en dos escalas territoriales diferentes.
- Metodología: Primeramente, identificación del arbolado regenerado, seguido de la modelización de los factores fisiográficos y posteriormente aplicar tratamientos estadísticos.

3.4.2. CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO DEL USO DEL SUELO PREVIA Y POSTERIORMENTE AL INCENDIO

3.4.2.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se trata de cuantificar las coberturas del suelo existentes antes del incendio de 1994, en ambas zonas, y ver qué es lo que hay 13 años después.

Se han utilizado los fotogramas tomados el año 1984 (previo al incendio para saber qué es lo que había) y las ortofotografías del 2007. Esto se ha realizado mediante técnicas de fotointerpretación y trabajo de campo posterior. Además, se ha fotointerpretado ambas zonas en los fotogramas del 1957 para afianzar la metodología de fotointerpretación y la evolución.

3.4.2.2. TRABAJO DE GABINETE

El trabajo ha consistido en la identificación de las coberturas presentes en las zonas de estudio, antes y después del incendio.

El primer paso ha sido el diseño de un **muestreo sistemático** sobre el **1%** de la superficie de estudio. De las parcelas extraídas del muestreo se ha obtenido información mediante la **fotointerpretación**. Interpretar una fotografía es examinar las imágenes fotográficas de los objetos con el propósito de identificar esos objetos, definir su categoría, su naturaleza, sus límites y sus relaciones con el medio (Serra *et al.*, 2002 cit en González y Marey, 2006).

La superficie afectada por el incendio es de 11.456 hectáreas. Según la metodología planteada, tras el muestreo del 1%, quedan 113 hectáreas muestreadas ajustadas al límite del incendio, o lo que es lo mismo, 113 parcelas cuadradas de 1 hectárea cada una. El criterio seguido para el ajuste de las parcelas al límite del incendio ha sido que aquellas parcelas que queden más del 25% de su superficie fuera del límite no se consideran en el muestreo. Del mismo modo, para el incendio 2 la superficie muestreada es de 178 hectáreas (superficie afectada por este incendio es de 18.256 ha).

Esto se lleva a cabo gracias a la malla de muestreo elaborada y definida anteriormente. La siguiente figura muestra un ejemplo de la malla de muestreo superpuesta en la ortofotografía:

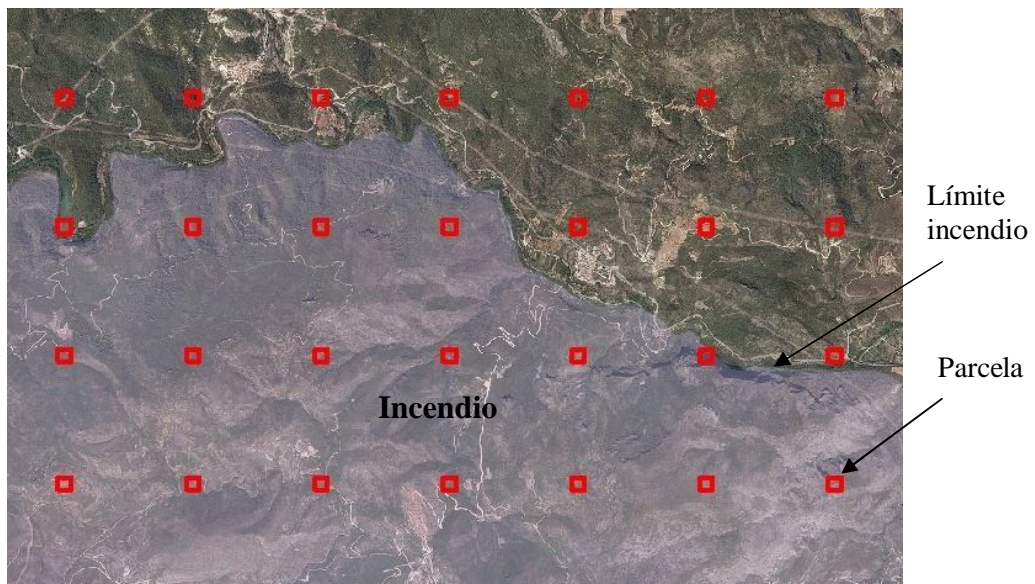


Fig. 21.- Muestreo sistemático.

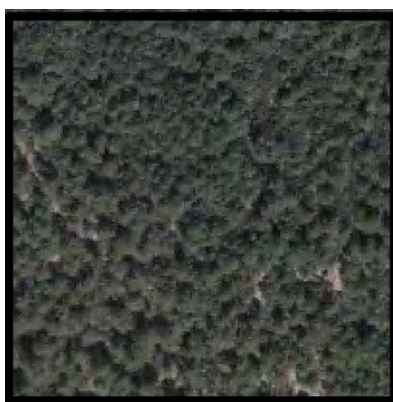
Para la recopilación de información a partir de las fotografías aéreas, los pasos seguidos han sido los siguientes:

1. Superponer la malla de muestreo sobre la fotografía.
2. Localizar una parcela de muestreo.
3. Interpretarla, valorando la FCC del uso del suelo representado.

Mediante fotointerpretación se realiza la valoración de la cobertura del suelo que queda dentro de la parcela de muestreo. La estimación de una cobertura concreta se realiza

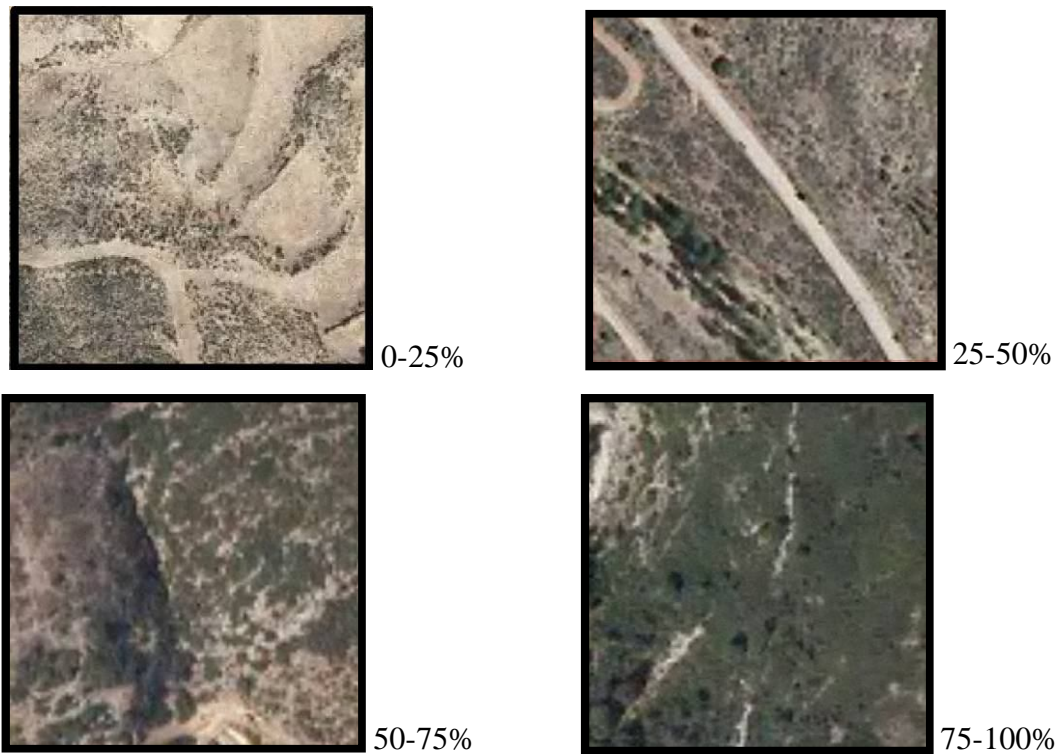
mediante la referida plantilla de valoración (FCC), considerándose esta cobertura sólo si cubre más del 25 % de la superficie de la parcela. En caso contrario, se asigna la cobertura a la cobertura envolvente que tiene mayor superficie. Las clases definidas por la fotointerpretación han sido las siguientes:

- **Forestal Arbolado.** Terreno poblado con especies forestales arbóreas, como manifestación vegetal dominante y con un porcentaje mínimo del 5% de FCC. En esta clase se incluyen masas de cualquier especie forestal, clase natural de edad (diseminado, repoblado, monte bravo, etc.), así como el tipo de formas culturales de masa (forma fundamental, principal, complementarias, etc.).



Fotografía 5.-Clase: Forestal Arbolado

- **Forestal Matorral.** Terreno poblado con especies de matorral como vegetación dominante, con presencia o no de árboles forestales, pero en todo caso con la FCC de los árboles inferior al 5%. La valoración de esta clase se ha dividido en cuatro categorías según la densidad del matorral: 0-25% 25-50% 50-75% 75-100%.



Fotografía 6.-Clase: Forestal Matorral.

- **Forestal Repoblación.** Terreno en el que se distingue una repoblación forestal, independientemente del estado de madurez de la misma.



Fotografía 7.-Clase: Forestal Repoblación.

- **Pastizal.** Zonas donde claramente predomina el pasto, ya sea fino o grueso, alto o bajo, que recubre completamente el suelo. Es una comunidad vegetal dominada por gramíneas, plantas herbáceas de tallos huecos y frutos en forma de espiga. Esta clase también recoge aquellas zonas despobladas de vegetación arbórea o arbustiva, bien sea por efectos naturales (clima, vientos, zonas altas de

páramos), bien por efectos provocados por la acción humana (incendios forestales, explotación abusiva del suelo).



Fotografía 8.-Clase: Pastizal

Paralelamente a la identificación de las anteriores clases de coberturas forestales, se ha fotointerpretado también otras clases de usos de suelo, por si en el estudio de la regeneración arrojan algún indicio del comportamiento de la misma. Son las siguientes:

- **Agrícola abandonado.** Esta clase corresponde a zonas agrícolas que han sido abandonadas y que se empieza a observar vegetación espontánea de matorral o herbáceo.



Fotografía 9.-Clase: Agrícola abandonado

- **Agrícola.** Corresponde a terrenos agrícolas en uso. Se ha diferenciado en cuatro categorías: cultivos herbáceos o leñosos, y de secano o regadío.



Agrícola Herbáceo Secano



Agrícola Herbáceo Regadío



Agrícola Leñoso Secano



Agrícola Leñoso Regadío

Fotografía 10.-Clase: Agrícola

- Otras categorías estudiadas:
 - **Zona Residencial.** Terrenos edificados, ya sea zonas residenciales o el casco urbano de pueblo o ciudad.



Fotografía 11.-Clase: Zonas residenciales

- **Zona Industrial.** Terrenos destinados a zonas industriales, naves, etc.



Fotografía 12.-Clase: Zona industrial

- **Infraestructuras.** Corresponde a esta clase todas aquellas infraestructuras presentes sobre el terreno, como carreteras (nacionales, comarcales y locales), senderos, líneas de tendido eléctrico, campo de aerogeneradores, huertos solares, etc.



Fotografía 13.-Clase: Infraestructuras: carretera comarcal

- **Otros.** En esta clase se recogen tanto elementos naturales, ríos, playa, ramblas, como originados por el hombre, canteras, movimientos de tierra, embalses, vertederos, etc.



Fotografía 14.-Clase: Otros (movimientos de tierra)

3.4.2.3. TRABAJO DE CAMPO

La utilización de la fotografía aérea, contrastada mediante trabajos de campo, resulta más adecuada para la inventariación de determinados elementos, como pueden ser: vegetación y usos actuales del suelo, geomorfología, etc., (Ministerio de Medio Ambiente, 2004).

Se ha realizado trabajo de campo únicamente para comprobar aquellas parcelas muestreadas por fotointerpretación en las que se tenía duda de su valoración en gabinete. Un ejemplo de las parcelas visitadas son aquellas en las que por fotointerpretación llevaba a confusión si existía o no regenerado arbolado, puesto que la sombra que ofrecían los árboles altos no dejaba la observación del regenerado. Otro ejemplo de zonas visitadas fueron las parcelas cercanas a grandes desniveles, que debido también a las sombras, no dejaba interpretar la fotografía correctamente.

Previamente a la salida al campo, se realiza un listado de los puntos a visitar incluyendo la valoración por fotointerpretación y las coordenadas de los puntos. Se realiza también un itinerario de viaje, partiendo desde Valencia, hasta cada uno de los puntos a visitar, aprovechando al máximo la salida.

Una vez en el lugar deseado, se comprueba la valoración de gabinete con la de campo y se actualiza la información.

3.4.3. INFLUENCIA DE LA FISIOGRAFÍA EN LA REGENERACIÓN ARBOLADA POST-INCENDIO EN DOS ESCALAS TERRITORIALES DIFERENTES

3.4.3.1. INTRODUCCIÓN

En este punto se trata de estudiar cómo los factores fisiográficos influyen en la capacidad de regeneración de las especies vegetales. Para ello, primeramente se ha identificado por fotointerpretación en las **ortofotografías del 2007** una nueva clase de uso del suelo, el **arbolado en estado de regeneración**.

Por otra parte, se ha abordado la **caracterización del territorio** mediante la modelización de variables fisiográficas y se ha identificado la superficie regenerada en cada categoría de variable. Posteriormente, con la información disponible de la modelización y de la regeneración arbolada, se ha realizado análisis estadísticos para detectar la influencia que ejerce la fisiografía en la regeneración.

3.4.3.2. IDENTIFICACIÓN DE ARBOLADO REGENERADO

A partir de las ortofotos del 2007 se ha identificado una categoría más que hace referencia al regenerado arbolado existente. En los fotogramas anteriores (1957 y 1984) no se ha identificado esta categoría puesto que el objetivo pretende estudiar la influencia de la fisiografía en el regenerado arbolado tras un incendio.

La identificación de esta clase se basa principalmente en la observación de aquel arbolado cuyo diámetro de copa es menor de 2 metros. Otra característica de fotointerpretación ha sido el color de este tipo de vegetación, normalmente de tonos verdes claros.

Un ejemplo de esta clase se observa en la siguiente figura:



Fotografía 15.-Clase: Forestal arbolado de regeneración

A partir de los datos obtenidos de esta clase, se procederá a elaborar un mapa de regeneración de cada zona de estudio con objeto de estimar el valor de la variable en los puntos del territorio no muestreados. Conociendo los datos de regeneración y aplicando un método de interpolación espacial, se genera el modelo de regeneración para ambas zonas de estudio.

Esto se realiza con técnicas geoestadísticas que ofrece el software ArcGis. Kravchenko (2003), recomienda el método Inverse Distance Weighted (IDW) o Ponderación de Distancias Inversas para bases de datos pequeñas o cuando la distancia de muestro es muy grande, como es este caso.

3.4.3.3. MODELIZACIÓN DE LAS VARIABLES FISIOGRAFICAS

La obtención de las variables fisiográficas se ha realizado mediante **Modelos Digitales del Terreno (MDT)** elaborados a partir de cartografía a escala 1:10.000 editada por el Instituto Cartográfico Valenciano. El software empleado para ello ha sido ArcMap 9.3, de la casa ESRI.

Un modelo digital del terreno se define como una representación estadística del terreno, en forma de números digitales, por medio de un conjunto de puntos con coordenadas x,y,z respecto a un sistema de georreferenciación conocido (Miller y Laflamme 1958). Según Felicísimo (1994), las características de los modelos digitales de terreno se resumen en lo siguiente:

- Los datos están codificados en cifras, lo que permite su tratamiento por medios informáticos.
- Los datos están estructurados.
- Existe una relación entre la posición geográfica y el valor de la altura.
- Los datos tienen una distribución continua.

Una vez obtenido el MDT de cada zona de estudio, se han generado las diferentes **capas tipo raster** correspondientes a cada una de las variables fisiográficas a estudiar. Esto se ha realizado mediante las herramientas de Superficie que facilita el programa ArcMap (caja de herramientas *ArcToolBox*), con las que se puede cuantificar y visualizar la forma del terreno. Cada herramienta de superficie permite comprender una superficie que puede utilizarse como un fin en sí misma o como base para análisis posteriores.

Las variables fisiográficas contempladas en el trabajo son las siguientes:

1. **PENDIENTE.** Representa el grado de cambio de la elevación del terreno en relación a la distancia (Martínez-Casasnovas, 1999). Es, en definitiva, la inclinación o desnivel del suelo expresado en tanto por ciento. Su influencia sobre aspectos tales como la disponibilidad de agua, la intensidad de los fenómenos erosivos, la profundidad y riqueza de los suelos, es evidente. Según el Tercer Inventario Forestal Nacional, la pendiente formaliza un indicador importante para la toma de decisiones respecto al uso y gestión de los sistemas forestales.
2. **ALTITUD:** Es la distancia vertical de un punto de la Tierra respecto al nivel del mar (nivel cero). Esta distancia está medida en metros. La altitud condiciona aspectos climáticos de primera magnitud, fundamentalmente de carácter térmico, cuya influencia en la presencia y naturaleza de los diferentes sistemas forestales es esencial (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).
3. **ORIENTACIÓN:** Es la posición de una zona respecto al norte geográfico (Ministerio de Medio Ambiente, 2004). Influye en la cantidad de energía radiante recibida por la vegetación y el suelo; el distinto temperamento de las especies o grupos de comunidades vegetales, así como la naturaleza de muchos

procesos edáficos, está, frecuentemente, condicionado por este factor. Es útil para la toma de decisiones en materia de elección de especie, protección contra incendios forestales, etc. (Ministerio de Medio Ambiente, 2000).

4. **CURVATURA:** Representa el grado de cambio de la pendiente en el espacio. Las dos direcciones en las que la curvatura del terreno tiene una significancia en aplicaciones geomorfológicas son:

- a. La dirección de la máxima pendiente (curvatura longitudinal). Un valor negativo (A) indica que la superficie es convexa. Un valor positivo (B) indica lo contrario, una superficie cóncava. Y un valor cero (0) representa una superficie plana. La curvatura longitudinal influye en la aceleración o deceleración del flujo sobre la superficie.

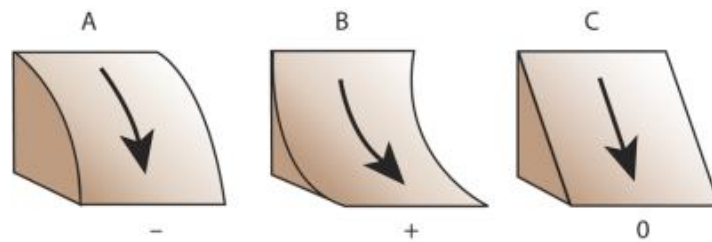


Fig. 22.- Curvatura longitudinal

- b. La dirección perpendicular a la máxima pendiente (curvatura transversal). Un valor positivo (A) indica que la superficie resulta convexa, por el contrario un valor negativo (B) indica una superficie cóncava. Y al igual que en la curvatura longitudinal, un valor cero (0) representa una superficie plana. Esta curvatura en el terreno se relaciona con la convergencia o divergencia del flujo a través de una superficie.

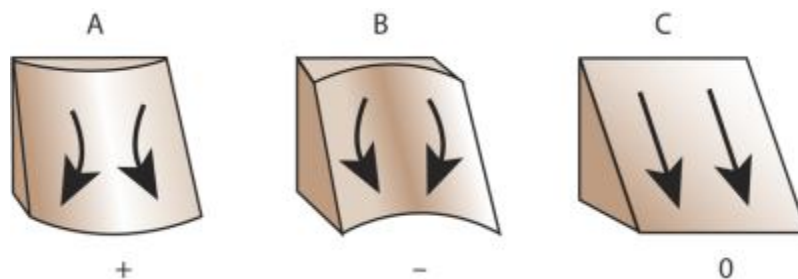


Fig. 23.- Curvatura transversal

5. **RADIACIÓN SOLAR:** Es el proceso de transmisión de energía por medio de ondas electromagnéticas y el modo por el que llega la energía solar a la Tierra (Agencia Estatal de Meteorología) La radiación solar (insolación) que se recibe del sol es la principal fuente de energía que impulsa muchos de los procesos físicos y biológicos que existen en la Tierra. Comprender su importancia para las escalas de paisajes es clave para comprender una gran variedad de procesos naturales y de actividades humanas. En las escalas de paisajes, la topografía es un factor principal que determina la variabilidad espacial de la insolación. La variación en la altura, la pendiente y la orientación, y las sombras producidas por entidades topográficas influyen en la cantidad de insolación que se recibe en diferentes ubicaciones (Ministerio de Medio Ambiente, 2004). Esta variabilidad también cambia según la hora del día y la época del año y, a su vez, contribuye a la variabilidad del microclima, incluidos los factores como los regímenes térmicos del aire y del sol, la evapotranspiración, los patrones de fusión de la nieve, la humedad del suelo y la luz disponible para la fotosíntesis. Las unidades son en vatios hora por metro cuadrado ($W h/m^2$). Las herramientas de análisis de radiación solar permiten representar cartográficamente y analizar los efectos del sol sobre un área geográfica durante períodos de tiempo específicos. Además calculan la insolación en un paisaje (o en ubicaciones específicas) basándose en métodos de algoritmo de cuenca visual hemisférica desarrollados por Rich *et al.* (Rich 1990, Rich et al. 1994) y ampliados por Fu y Rich (2000, 2002).

Con las capas raster generadas a partir del programa informático, se procede a elaborar **mapas** (ver anejos) y **gráficos** de cada una de las variables fisiográficas, para observar y estudiar cómo se distribuyen cada una de ellas en el ámbito de estudio. Se ha procedido a categorizar las variables conforme a determinados criterios para identificar en que categorías se distribuye más porcentaje de regenerado arbolado.

3.4.3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Una vez se tiene todas las variables definidas para el estudio (regeneración arbolada post-incendio y fisiografía) se ha procedido a realizar análisis estadísticos para detectar la influencia que ejerce la fisiografía en la regeneración. Se han integrado todas las variables en un mismo análisis para estudiar cómo se comporta cada una de ellas en el conjunto total de variables. Para este análisis se ha utilizado el **Análisis de Componentes Principales**.

Estos análisis se han realizado en dos escalas territoriales diferentes, una a **escala comarcal** teniendo en cuenta cada zona de estudio por separado; y a **escala provincial**, agrupando los datos de ambos incendios, obteniendo así una muestra con mayor número de casos.

3.4.3.4.1. Escala comarcal

Una vez recopilada la información sobre las variables fisiográficas y la regeneración arbolada post-incendio, se procede a estudiar la influencia que ejercen las variables fisiográficas en la regeneración arbolada, en cada uno de los **incendios por separado**.

El proceso seguido para el tratamiento de los datos, para el cual se utilizó el paquete estadístico SPSS, es el siguiente:

1. Se ha realizado un análisis exploratorio de los datos para hallar posibles relaciones entre las variables mediante el **Análisis de Componentes Principales** (ACP) con rotación **Varimax**. Los cuatro pasos básicos a seguir son:
 - a. Se calcula la matriz de correlaciones o de datos entre las variables a partir de la matriz de datos originales, y posteriormente se aplica un conjunto de pruebas para comprobar si dicha matriz es significativamente diferente de una matriz identidad, y poder seguir con el ACP.
 - b. Se obtienen o extraen los factores iniciales y necesarios que representen a los datos originales.
 - c. Se lleva a cabo la rotación de los factores iniciales y su representación gráfica para facilitar su interpretación.

3.4.3.4.2. Escala provincial

En este apartado se trata de testar la validez de las relaciones regenerado-fisiografía en una escala geográfica diferente, a **nivel provincial**.

Se han agrupado los datos de ambos incendios, obteniendo una familia con mayor número de casos, y se ha tratado estadísticamente mediante el **Análisis de Componentes Principales**, siguiendo la metodología establecida en el subapartado anterior.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se exponen los resultados obtenidos tras aplicar la metodología anteriormente expuesta en base a toda la información recopilada. Estos se muestran en los siguientes subapartados, en concordancia con los objetivos marcados en el trabajo.

4.2. CUANTIFICACIÓN DEL CAMBIO DEL USO DEL SUELO PREVIA Y POSTERIORMENTE AL INCENDIO

En la siguiente tabla se expone los resultados obtenidos por fotointerpretación de aquellas clases presentes en el ámbito de estudio:

	Incendio 1			Incendio 2		
	1957	1984	2007	1957	1984	2007
Forestal Arbolado	38.62	37.98	15.94	30.19	30.11	21.52
Forestal Matorral	7.4	11.36	16.88	18.33	28.10	31.48
Pastizal	36.38	30.46	52.75	26.29	31.97	32.18
Agrícola abandonado	2.32	9.63	10.59	8.73	8.80	14.12
Agrícola Herbáceo Secano	16.28	10.58	3.85	10.51	0.76	-
Agrícola Leñoso seco	-	-	-	5.96	3.06	0.7

Tabla. 8.- Resultados de la fotointerpretación de las zonas de estudio (% de la superficie total)

A raíz de los resultados se puede observar que el arbolado ha sufrido una disminución drástica en el 2007. Esto es consecuencia de los incendios ocurridos en el 94, que destruyeron una gran cantidad de hectáreas forestales.

Por otra parte, el matorral, al ser vegetación de rápido crecimiento, ha ido aumentando su superficie, y es más tras un incendio, la capacidad de recuperación y recolonización es más rápida que el arbolado. Esto mismo ocurre con el pastizal, es una vegetación espontánea de rápido crecimiento y colonización que cubre el suelo en poco tiempo.

En cuanto al uso agrícola, como se ha comentado en la introducción del documento, la agricultura de secano ha ido disminuyendo, así lo reflejan los resultados de la fotointerpretación. Conforme han ido pasando los años, la agricultura de secano ha ido

desapareciendo en esas zonas, ya sean por la modernización de las técnicas o por el abandono de las zonas rurales.

Para validar los resultados obtenidos, y especialmente la metodología seguida en el proyecto, se ha revisado el Inventario Forestal Nacional (IFN). Se ha comparado el Primer y Tercer IFN con los resultados de fotointerpretación del año 1957 y 2007, respectivamente, a nivel de toda la provincia de Castellón. Y los resultados de dicha comparación se reflejan en la siguiente tabla.

	1957	IFN-1 1966	Diferencia	2007	IFN-3 2006	Diferencia
Uso forestal	290.785	311.748	7.2%	372.305	423.113	13.6%
Uso no forestal	372.615	356.152	- 4.4%	291.095	240.072	- 17.5%

Tabla. 9.- Comparación de metodologías (Hectáreas de superficie total provincia)

La diferencia entre los resultados de una y otra metodología supera apenas el 15%, en el caso actual (2007), y el 5% en la antigüedad (1957). Esto afianza los resultados obtenidos por fotointerpretación y ofrece calidad al trabajo, puesto que son dos metodologías bastante distintas realizadas a diferente escala de observación, e identificando el territorio de formas diferentes.

4.3. INFLUENCIA DE LA FISIOGRAFÍA EN LA REGENERACIÓN ARBOLADA POST-INCENDIO EN DOS ESCALAS TERRITORIALES DIFERENTES

4.3.1. IDENTIFICACIÓN DE ARBOLADO REGENERADO

A raíz de la fotointerpretación de esta nueva categoría, se ha obtenido las siguientes cifras:

Incendio 1: El 25% del total arbolado es regenerado.

Incendio 2: El 38% del total arbolado es regenerado.

El resultado de la aplicación del método de interpolación espacial (IDW) a la variable regenerado se puede observar en los mapas 8 y 14 de los anejos.

4.3.2. MODELIZACIÓN DE LAS VARIABLES FISIGRÁFICAS

El Modelo Digital del Terreno generado queda de la siguiente manera:

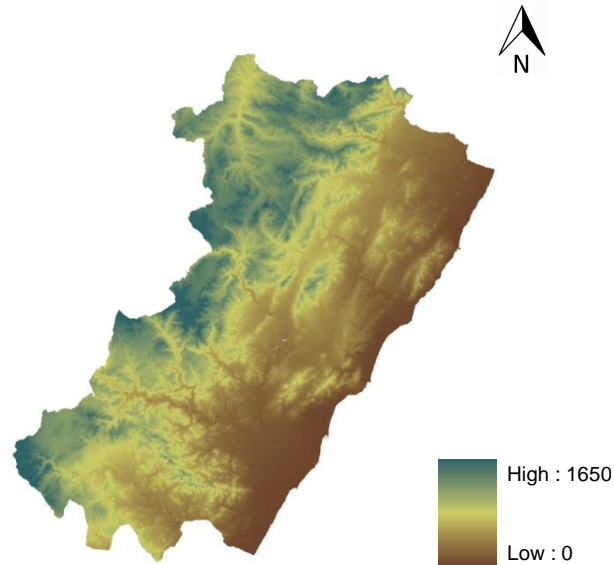


Fig. 24.- Modelo Digital del Terreno de la provincia de Castellón

A partir de los datos del Modelo Digital del Terreno se han obtenido las variables fisiográficas (ver mapas en anejos), representadas en los siguientes gráficos:

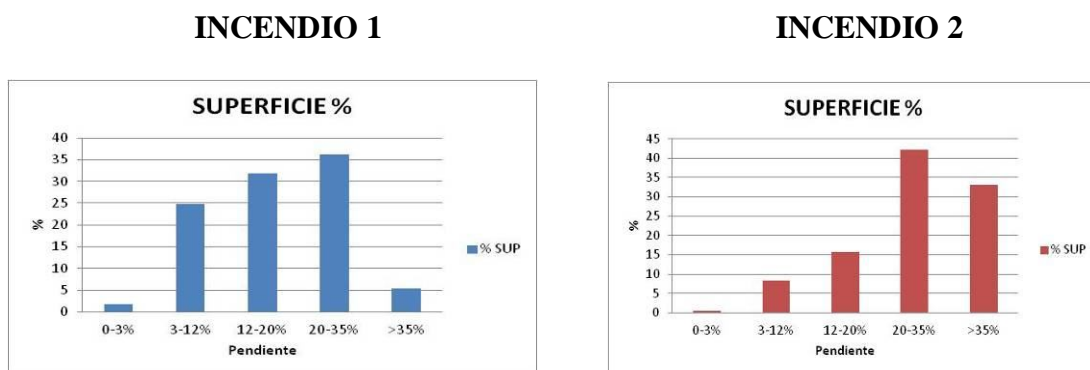


Fig. 25.- Superficie según la pendiente del terreno

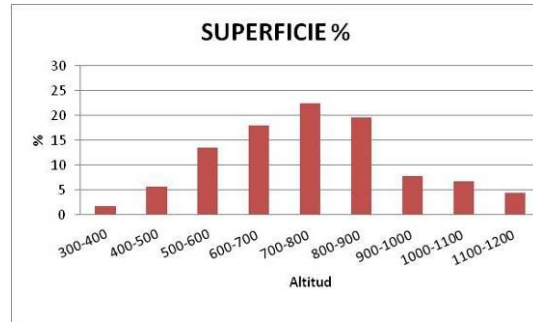
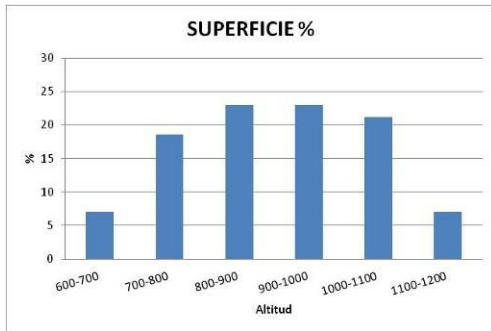


Fig. 26.- Superficie según la altitud

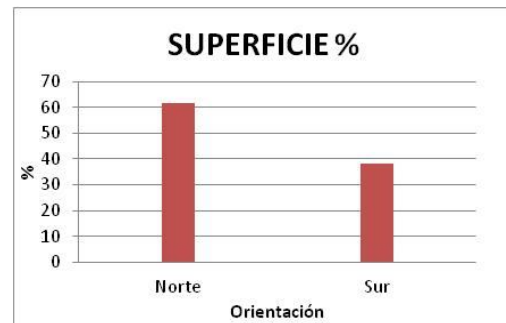
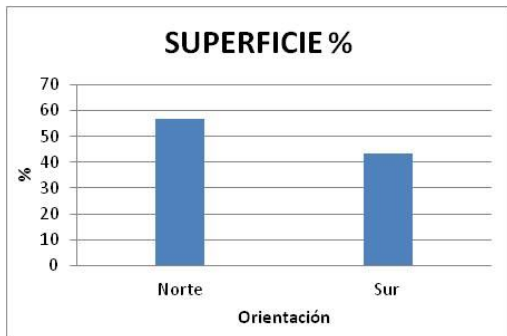


Fig. 27.- Superficie según la orientación

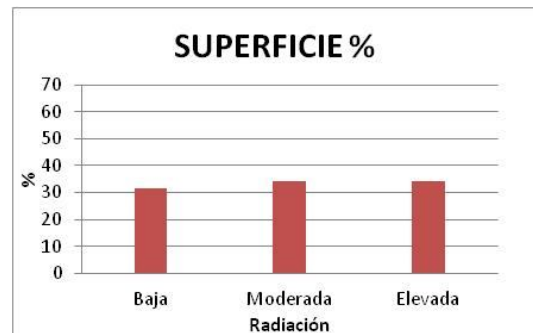
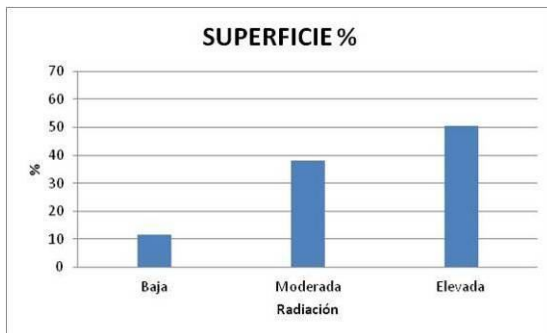


Fig. 28.- Superficie según la radiación solar

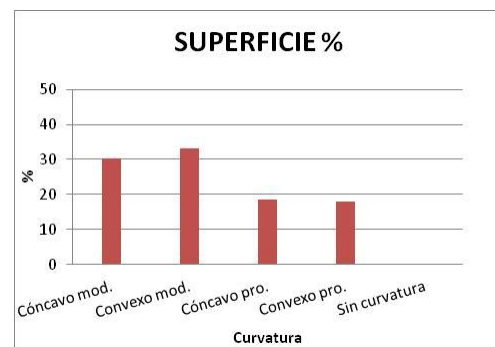
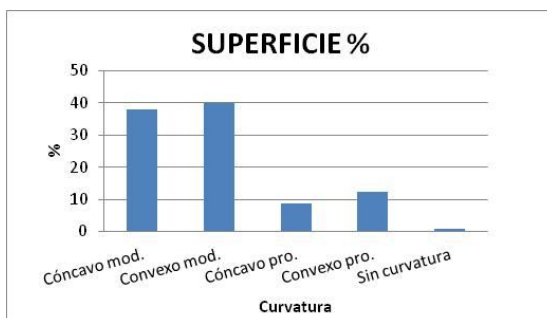


Fig. 29.- Superficie según la curvatura del terreno

Observando los gráficos se puede ver como el ámbito del incendio 1 tiene pendientes moderadas, entre el 3-35%, mayoritariamente, y por el contrario, en el incendio 2 las pendientes predominantes son mayores del 20%. En cuanto a la altitud, el incendio 1 se encuentra en altitudes algo superiores al incendio 2. Predominan las orientaciones norte en ambas zonas. En el incendio 1 la radiación solar elevada predomina mayoritariamente, cosa que no ocurre así en el incendio 2. Y por último, en ambos incendios la curvatura del terreno se considera moderado ya sea tipo cóncavo o convexo.

4.3.3. SUPERFICIE REGENERADA SEGÚN CATEGORÍAS FISIAGRÁFICAS

A continuación se presenta la categorización de las variables fisiográficas:

- **PENDIENTE:** Esta variable se ha categorizado según los intervalos que define el Tercer Inventario Forestal Nacional, los cuales son: 0-3%, 3.1-12%, 12.1-20%, 20.1-35%, mayor del 35%.
- **ALTITUD:** La categorización de esta variable se ha realizado a intervalos de 100 metros, siguiendo los criterios del Tercer Inventario Forestal Nacional, estableciendo 8 categorías entre los 600 y 1200 metros sobre el nivel del mar.
- **ORIENTACIÓN:** A partir del MDT, se agrupa según las orientaciones más afines desde el punto de vista de la práctica forestal, generándose dos categorías, predominantemente norte, entre 0°-135° y 315°-360°, y predominantemente sur, entre 135°-315°.

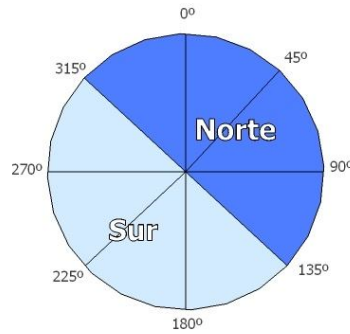


Fig. 30.- Gráfico de orientaciones según los grados.

- CURVATURA:** El criterio para categorizar esta variable ha sido el definido en las especificaciones del algoritmo empleado (*curvature*). Este algoritmo calcula la curvatura (curvatura total) de una superficie (ráster) e incluye, opcionalmente, la curvatura del perfil (curvatura longitudinal) y del plano (curvatura transversal). Las unidades del ráster de las tres curvaturas, son una centésima parte (1/100) de una unidad. Los valores razonablemente esperados de los tres rásteres de salida de un área accidentada (relieve moderado) pueden variar de -0,5 a 0,5; mientras que para montañas empinadas y escarpadas (relieve extremo), los valores pueden variar entre -4 y 4. Por lo tanto la categorización queda de la siguiente manera:

VALORES	LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	TOTAL
-4 a -0.5	Pronunciadamente convexa	Pronunciadamente cóncavo	Pronunciadamente cóncavo
-0.5 a -0.01	Moderadamente convexa	Moderadamente cóncavo	Moderadamente cóncavo
-0.01 a 0.01	Sin curvatura	Sin curvatura	Sin curvatura
0.01 a 0.5	Moderadamente cóncavo	Moderadamente convexa	Moderadamente convexa
0.5 a 4	Pronunciadamente cóncavo	Pronunciadamente convexa	Pronunciadamente convexa

Tabla. 10.- Categorías de la variable curvatura

- **RADIACIÓN SOLAR:** En ausencia de una categorización de referencia para esta variable en condiciones mediterráneas y para este tipo de estudio, se propone utilizar la fijación automática de las categorías mediante el criterio del *Naturals Breaks* o sistema *Jenks* propio del software ArcMap, que determina la mejor disposición de los valores en las diferentes clases de manera iterativa, comparando las sumas al cuadrado de la diferencia entre los valores observados en cada clase y los valores medios de cada clase. Este criterio busca diferencias estadísticamente importantes entre los pares adyacente de los datos (datos ordenados por valor, y no según la ubicación). Se distinguen 3 categorías:

RADIACIÓN SOLAR	CATEGORÍAS
332.671-1.169.862 Wh/m ²	Baja Radiación
1.169.862-1.324.898 Wh/m ²	Moderada Radiación
1.324.898-1.655.641 Wh/m ²	Elevada Radiación

Tabla. 11.- Categorías de la variable radiación solar

En las siguientes tablas se presentan los resultados de la superficie regenerada en función de las categorías definidas para cada variable fisiográfica.

Sup. Regenerada Incendio 1	Pendiente (%)	Sup. Regenerada Incendio 2
0	0 a 3	0
27	3 a 12	11
36	12 a 20	14
33	20 a 35	42
4	> 35	34

Tabla. 12.- Superficie regenerada (%) según la pendiente

Sup. Regenerada Incendio 1	Altitud (m)	Sup. Regenerada Incendio 2
-	< 600	25
4	600-700	17
15	700-800	21
22	800-900	23

37	900-1000	7
13	1000-1100	5
8	1100-1200	2

Tabla. 13.- Superficie regenerada (%) según la altitud

Sup. Regenerada Incendio 1	Orientación	Sup. Regenerada Incendio 2
71	Norte	70
29	Sur	30

Tabla. 14.- Superficie regenerada (%) según la orientación

Sup. Regenerada Incendio 1	Radiación (Wh/m²)	Sup. Regenerada Incendio 2
9	Baja	50
46	Moderada	32
44	Elevada	18

Tabla. 15.- Superficie regenerada (%) según la radiación

Sup. Regenerada Incendio1	Curvatura	Sup. Regenerada Incendio2
51	Moderadamente cóncavo	35
38	Moderadamente convexo	28
3	Pronunciadamente cóncavo	21
8	Pronunciadamente convexo	16
1	Sin curvatura	-

Tabla. 16.- Superficie regenerada (%) según la curvatura del terreno

Resumiendo las tablas anteriores, se puede decir que tanto la orientación como la curvatura del terreno han influido de la misma manera en la capacidad de regeneración en ambos incendios. Es decir, el regenerado se da principalmente en orientaciones norte y en curvaturas moderadas, tanto cóncavas como convexas.

Por otra parte, en el incendio 1 la variable regeneración se distribuye más abundantemente en pendientes medias, altitudes entre los 800-1000 metros y en radiaciones más bien elevadas. En cambio, en el incendio 2 se distribuye en pendientes elevadas, altitudes medias entre los 600-800 metros y radiaciones bajas.

4.3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los resultados del tratamiento estadístico realizado se exponen en los siguientes apartados.

4.3.1.1. ESCALA COMARCAL

4.3.1.1.1. Análisis de Componentes Principales

INCENDIO1

Entre uno de los requisitos más importantes que debe cumplir la matriz de datos está el que las variables tienen que estar altamente correlacionadas, y para esto se tiene que tener en cuenta el **determinante** de la matriz. Si dicho determinante es muy bajo, entonces significa que existen variables con intercorrelaciones muy altas, y entonces es factible continuar con el análisis factorial. Sin embargo, el determinante no debe ser igual a cero, pues en este caso los datos no serían válidos. Para el caso de este estudio se ha obtenido un determinante igual a **4.908E-09**. Esto nos indica que existe un alto grado de intercorrelación entre las variables.

El segundo análisis que se utiliza el **test de esfericidad de Bartlett**, el cual consiste en una estimación de “*ji-cuadrado*” a partir de una transformación del determinante de la matriz de correlaciones. Si las variables no están intercorrelacionadas, entonces el *test de Bartlett* presenta una nube de puntos en forma de esfera dentro del espacio. Esto quiere decir que un determinante próximo a cero indica que una o varias de las variables pueden ser expresadas como una combinación lineal de otras variables. Ha resultado una significancia (p-valor= 0.000) inferior a 0.05, lo que significa que la matriz de datos es válida para continuar con el análisis de componentes principales.

El tercer análisis realizado es el cálculo del índice **Kaiser – Meyer – Olkin (KMO)**. Si el valor de este índice está próximo a 1 indica que los datos se adecuan para realizar el análisis factorial. En este caso el valor del KMO ha sido de 0.423, es un valor bajo por lo que indica una mala adecuación de los datos al análisis.

El cuarto análisis aplicado es el del coeficiente de correlación parcial negativo, **coeficiente de correlación anti-imagen**. En la matriz de correlación antiimagen se deben observar pocos valores elevados en términos absolutos y no debe haber un número elevado de coeficientes ceros, pues de lo contrario se recomienda no llevar a cabo el análisis factorial. La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos:

Matrices anti-imagen

	REGENE RADO	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTA CIÓN	RADIACION	CURVATURA	CURV_LONG	CURV_T RANS	
Covarianza anti-imagen	REGENERADO	.952	-7.15E-02	.109	-7.00E-02	.145	-3.204E-06	-5.936E-06	5.495E-06
	ALTITUD	-7.15E-02	.876	-.101	-9.98E-02	-.158	9.898E-06	1.835E-05	-1.70E-05
	PENDIENTE	.109	-.101	.677	-2.22E-02	.356	2.738E-07	5.038E-07	-4.78E-07
	ORIENTACIÓN	-7.00E-02	-9.98E-02	-2.218E-02	.951	-5.511E-02	-8.141E-06	-1.509E-05	1.396E-05
	RADIACION	.145	-.158	.356	-5.51E-02	.681	5.549E-06	1.029E-05	-9.51E-06
	CURVATURA	-3.20E-06	9.898E-06	2.738E-07	-8.14E-06	5.549E-06	1.304E-08	2.418E-08	-2.24E-08
	CURV_LONG	-5.94E-06	1.835E-05	5.038E-07	-1.51E-05	1.029E-05	2.418E-08	4.481E-08	-4.14E-08
	CURV_TRANS	5.495E-06	-1.70E-05	-4.777E-07	1.396E-05	-9.512E-06	-2.236E-08	-4.144E-08	3.833E-08
Correlación anti-imagen	REGENERADO	.281 ^a	-7.83E-02	.136	-7.36E-02	.180	-2.875E-02	-2.874E-02	2.877E-02
	ALTITUD	-7.83E-02	.646 ^a	-.131	-.109	-.205	9.258E-02	9.260E-02	-9.26E-02
	PENDIENTE	.136	-.131	.529 ^a	-2.76E-02	.524	2.913E-03	2.892E-03	-2.97E-03
	ORIENTACIÓN	-7.36E-02	-.109	-2.764E-02	.646 ^a	-6.848E-02	-7.311E-02	-7.312E-02	7.313E-02
	RADIACION	.180	-.205	.524	-6.85E-02	.456 ^a	5.887E-02	5.887E-02	-5.89E-02
	CURVATURA	-2.88E-02	9.258E-02	2.913E-03	-7.31E-02	5.887E-02	.456 ^a	1.000	-1.000
	CURV_LONG	-2.87E-02	9.260E-02	2.892E-03	-7.31E-02	5.887E-02	1.000	.369 ^a	-1.000
	CURV_TRANS	2.877E-02	-9.26E-02	-2.965E-03	7.313E-02	-5.887E-02	-1.000	-1.000	.388 ^a

^a. Medida de adecuación muestral

Tabla. 17.- Matriz de correlaciones anti-imagen. Incendio 1

Observando la matriz de correlación anti-imagen los valores en general son muy bajos, lo que da un excelente indicador con respecto a la bondad o pertenencia para aplicar el análisis factorial.

De los cuatro análisis realizados a la matriz de datos, tres de ellos muestran satisfactoriamente pertinencia y validez de la matriz de datos. Es por ello, que se decide continuar con el análisis de componentes principales.

El siguiente paso ha sido la extracción de los factores iniciales y necesarios que representan a los datos originales.

En primer lugar se estiman las **comunalidades** de las variables. Si el valor es 1, indica que la variable está totalmente explicada por los factores comunes que aparecen en la matriz factorial. La tabla siguiente muestra el valor de la comunalidad de cada variable:

Comunalidades

	Inicial	Extracción
REGENERADO	1.000	.419
ALTITUD	1.000	.417
PENDIENTE	1.000	.697
ORIENTACIÓN	1.000	.522
RADIACION	1.000	.790
CURVATURA	1.000	.977
CURV_LONG	1.000	.766
CURV_TRANS	1.000	.801

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla. 18.- Comunalidades. Incendio 1

A la vista de los resultados de la tabla anterior, se observa que tanto el regenerado como la altitud están por debajo del 50% del porcentaje que explica los factores. Hay autores que sostienen que cargas mayores de 0.6 asocian a la variable con el factor, mientras que otros sostienen que es suficiente con un valor superior a 0.4. Por tanto en este caso, se ha considerado que las variables *regenerado*, *altitud* y *orientación* están asociadas a algún factor.

La **varianza total explicada** por cada variable viene representada en la siguiente tabla. Se observa que con la extracción de tres componentes se explica un 67.3% de la varianza total, un porcentaje adecuado del total para validar la extracción de tres únicos componentes nuevos.

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	2.749	34.359	34.359	2.749	34.359	34.359	2.712	33.900	33.900
2	1.521	19.019	53.377	1.521	19.019	53.377	1.546	19.331	53.231
3	1.119	13.991	67.369	1.119	13.991	67.369	1.131	14.138	67.369
4	.988	12.350	79.719						
5	.811	10.133	89.852						
6	.438	5.480	95.332						
7	.373	4.668	100.000						
8	7.995E-09	9.994E-08	100.000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla. 19.- Varianza total explicada. Incendio 1

Una vez analizadas las comunalidades y la varianza total explicada, se procede a analizar la matriz factorial con rotación Varimax, para optimizar el que cada componente esté relacionado muy bien con pocas variables y mal con las demás. Como se puede observar en la **matriz de componentes rotados**, al primer componente se asocian las tres variables de *curvatura*; al segundo componente la *radiación* y la *pendiente*; y al último componente el *regenerado* y la *orientación*, principalmente. El caso de la *altitud* se considera que ejerce mayor carga en el tercer componente, asociándose a las variables de *regenerado* y *orientación*.

Matriz de componentes rotados^a

	Componente		
	1	2	3
CURVATURA	.985		
CURV_TRANS	.879	.151	
CURV_LONG	-.875		
RADIACION		-.888	
PENDIENTE	.147	.822	
ORIENTACIÓN	-.170		.697
REGENERADO		.139	.632
ALTITUD	.388	-.165	.489

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 4 iteraciones.

Tabla. 20.- Matriz de componentes rotados. Incendio 1

Se han generado tres nuevas variables (tres componentes), cuyos valores son las proyecciones de cada individuo de la muestra sobre cada uno de los tres factores, de forma que:

- La variabilidad total de la muestra está representada al **67.3%**.
- Cada variable en particular está representada en una proporción igual a la comunalidad sobre el conjunto de los tres factores.
- El **primer** factor representa la información de las variables de *curvatura*.
- El **segundo**, representa la información de la *radiación* y la *pendiente*.
- El **tercero**, la de *orientación*, *regenerado* y *altitud*.

Tras el análisis se concluye que la variable clave, el regenerado, se encuentra asociada a la orientación, por lo que, revisando la tabla 14 (superficie regenerada según la orientación), resulta que la orientación Norte es donde mejor regeneración ha existido puesto que hay mayor porcentaje de superficie regenerada.

Por otra parte, la zona se encuentra en altitudes por encima de los 800-900 metros, llegando a alcanzar los 1100 metros de altitud. A esas altitudes, y según la especie vegetal existente, la regeneración no resulta muy favorable, debido a las bajas temperaturas, aunque probablemente también a otras muchas condiciones tanto del terreno como atmosféricas. En este caso la variable altitud resulta asociada a la regeneración, puesto que a mayores altitudes, la regeneración, de algún modo, será algo inferior. De todos modos, si se observa la tabla 13 hay un cierto porcentaje de regenerado que se distribuye por altitudes elevadas entre los 900-1000 metros, esto puede ser debido a la variable radiación, la cual favorecería la regeneración a esas altitudes, mitigando las temperaturas frías.

INCENDIO 2

El valor del **determinante** ha sido de **0.51**, lo indica que existe un alto grado de intercorrelación entre las variables.

Del **test de esfericidad de Bartlett** ha resultado una significancia (p-valor= 0.000) inferior a 0.05, lo que indica que la matriz de datos es válida para continuar con el análisis de componentes principales.

El índice **Kaiser – Meyer – Olkin (KMO)** ha sido de **0.458**, es un valor bajo por lo que indica una mala adecuación de los datos al análisis.

Según la matriz de **coeficientes de correlación anti-imagen**, los valores en general son muy bajos, lo que da un excelente indicador con respecto a la bondad o pertenencia para aplicar el análisis factorial.

Matrices anti-imagen

	REGENE RADO	PENDIENTE	RADIACIÓN	ORIENTACIÓN	ALTITUD	CURVATURA	CURV_TRANS	CURV_LONG	
Covarianza anti-imagen	REGENERADO	.945	2.840E-02	.163	-.103	9.845E-02	-9.441E-03	2.729E-02	2.169E-03
	PENDIENTE	2.840E-02	.948	7.937E-02	2.952E-02	1.020E-02	6.918E-02	-.126	-.117
	RADIACIÓN	.163	7.937E-02	.927	-1.68E-03	9.795E-02	3.366E-02	8.504E-02	.122
	ORIENTACIÓN	-.103	2.952E-02	-1.680E-03	.968	-9.23E-02	1.948E-02	-6.47E-02	-9.227E-02
	ALTITUD	9.845E-02	1.020E-02	9.795E-02	-9.23E-02	.862	2.229E-02	.102	.239
	CURVATURA	-9.44E-03	6.918E-02	3.366E-02	1.948E-02	2.229E-02	.964	-9.16E-02	3.134E-02
	CURV_TRANS	2.729E-02	-.126	8.504E-02	-6.47E-02	.102	-9.155E-02	.653	.348
	CURV_LONG	2.169E-03	-.117	.122	-9.23E-02	.239	3.134E-02	.348	.582
Correlación anti-imagen	REGENERADO	.515 ^a	3.001E-02	.174	-.108	.109	-9.889E-03	3.473E-02	2.925E-03
	PENDIENTE	3.001E-02	.367 ^a	8.466E-02	3.081E-02	1.128E-02	7.236E-02	-.160	-.157
	RADIACIÓN	.174	8.466E-02	.399 ^a	-1.77E-03	.110	3.559E-02	.109	.166
	ORIENTACIÓN	-.108	3.081E-02	-1.773E-03	.336 ^a	-.101	2.016E-02	-8.13E-02	-.123
	ALTITUD	.109	1.128E-02	.110	-.101	.420 ^a	2.444E-02	.135	.338
	CURVATURA	-9.89E-03	7.236E-02	3.559E-02	2.016E-02	2.444E-02	.678 ^a	-.115	4.184E-02
	CURV_TRANS	3.473E-02	-.160	.109	-8.13E-02	.135	-.115	.459 ^a	.564
	CURV_LONG	2.925E-03	-.157	.166	-.123	.338	4.184E-02	.564	.473 ^a

a. Medida de adecuación muestral

Tabla. 21.- Matriz de correlaciones anti-imagen. Incendio 2

Al igual que para el incendio 1, de los cuatro análisis realizados a la matriz de datos, tres de ellos muestran satisfactoriamente pertinencia y validez de la matriz de datos. Es por ello, que se decide continuar con el análisis de componentes principales.

En el momento de la extracción de los factores iniciales, las **comunalidades** de las variables se representan en la siguiente tabla.

Comunalidades

	Inicial	Extracción
REGENERADO	1.000	.490
PENDIENTE	1.000	.590
RADIACIÓN	1.000	.519
ORIENTACIÓN	1.000	.464
ALTITUD	1.000	.367
CURVATURA	1.000	.154
CURV_TRANS	1.000	.717
CURV_LONG	1.000	.764

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla. 22.- Comunalidades. Incendio 2

A la vista de los resultados de la tabla anterior, se observa que los factores explican muy poco las variables *altitud* y *curvatura* del terreno. En este caso el *regenerado* y la *orientación* están muy débilmente representados por los factores, pero se consideran que están asociadas a algún factor.

La **varianza total explicada** por cada variable viene representada en la siguiente tabla. Se observa que con la extracción de tres componentes se explica un 50.8% de la

varianza total, un porcentaje adecuado del total para validar la extracción de tres únicos componentes nuevos.

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	1.748	21.851	21.851	1.748	21.851	21.851	1.664	20.805	20.805
2	1.232	15.395	37.246	1.232	15.395	37.246	1.256	15.697	36.502
3	1.086	13.574	50.820	1.086	13.574	50.820	1.145	14.318	50.820
4	1.047	13.092	63.913						
5	.929	11.609	75.521						
6	.879	10.985	86.506						
7	.724	9.054	95.560						
8	.355	4.440	100.000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla. 23.- Varianza total explicada. Incendio 2

Una vez analizadas las comunalidades y la varianza total explicada, se procede a analizar la matriz factorial con rotación Varimax. Como se puede observar en la **matriz de componentes rotados**, al primer componente se asocian las tres variables de *curvatura* (muy débilmente la curvatura total); al segundo componente el *regenerado*, la *radiación* y la *orientación*; y al último componente la *pendiente*. El caso del tercer componente viene representado, como se acaba de mencionar, por la pendiente del terreno, aunque también se encuentra asociada en pequeña proporción la *altitud*.

Matriz de componentes rotados^a

	Componente		
	1	2	3
CURV_TRANS	.838		-.124
CURV_LONG	-.809	.212	-.254
CURVATURA	.381		
REGENERADO		.699	
RADIACIÓN	-.116	-.635	.319
ORIENTACIÓN		.553	.394
PENDIENTE			-.761
ALTITUD	.370		.479

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

Tabla. 24.- Matriz de componentes rotados. Incendio 2

Se han generado tres nuevas variables (tres componentes), cuyos valores son las proyecciones de cada individuo de la muestra sobre cada uno de los tres factores, de forma que:

- La variabilidad total de la muestra está representada al **50.8%**.
- Cada variable en particular está representada en una proporción igual a la comunalidad sobre el conjunto de los tres factores.
- El **primer** factor representa la información de las variables de *curvatura*.
- El **segundo**, representa la información del *regenerado*, la *radiación* y la *orientación*.
- El **tercero**, la de *pendiente* y *altitud*.

Se puede concluir que en este caso, la orientación al igual que para el incendio 1, es la variable que más influye en la regeneración. Por otra parte, la radiación ha salido significativa, lo que nos muestra una ligera influencia en el regenerado, concluyendo que a bajas radiaciones la regeneración del arbolado se ve favorecida, probablemente por un menor déficit hídrico.

4.3.1.2. ESCALA PROVINCIAL

4.3.1.2.1. Análisis de Componentes Principales

Siguiendo con las explicaciones desarrolladas en el apartado anterior, se presenta a continuación los resultados correspondientes al análisis de ambos incendios a la vez.

El valor del **determinante** ha sido de **0.417**, lo indica que existe un alto grado de intercorrelación entre las variables.

Del **test de esfericidad de Bartlett** ha resultado una significancia (p-valor= 0.000) inferior a 0.05, lo que indica que la matriz de datos es válida para continuar con el análisis de componentes principales.

El índice **Kaiser – Meyer – Olkin (KMO)** ha sido de **0.574**, es un valor bajo por lo que indica una mala adecuación de los datos al análisis.

Según la matriz de **coeficientes de correlación anti-imagen**, los valores en general son muy bajos, lo que da un excelente indicador con respecto a la bondad o pertenencia para aplicar el análisis factorial.

Matrices anti-imagen

	REGENE RADO	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTA CIÓN	RADIACIÓN	CURV_LON	CURV_TRA	CURVATURA	
Covarianza anti-imagen	REGENERADO	.970	3.639E-02	3.121E-02	-9.20E-02	8.887E-02	-6.177E-03	1.989E-02	-2.448E-02
	ALTITUD	3.639E-02	.768	-3.881E-02	-8.28E-02	-.299	.185	4.270E-02	8.356E-03
	PENDIENTE	3.121E-02	-3.88E-02	.959	3.050E-02	-3.700E-02	-.110	-.139	-4.752E-03
	ORIENTACIÓN	-9.20E-02	-8.28E-02	3.050E-02	.973	1.834E-02	-7.502E-02	-2.753E-02	3.337E-02
	RADIACIÓN	8.887E-02	-.299	-3.700E-02	1.834E-02	.834	-6.795E-03	3.163E-02	-2.126E-02
	CURV_LON	-6.18E-03	.185	-.110	-7.50E-02	-6.795E-03	.602	.314	.116
	CURV_TRA	1.989E-02	4.270E-02	-.139	-2.75E-02	3.163E-02	.314	.637	-.153
	CURVATURA	-2.45E-02	8.356E-03	-4.752E-03	3.337E-02	-2.126E-02	.116	-.153	.851
Correlación anti-imagen	REGENERADO	.628 ^a	4.215E-02	3.236E-02	-9.48E-02	9.877E-02	-8.084E-03	2.530E-02	-2.694E-02
	ALTITUD	4.215E-02	.537 ^a	-4.522E-02	-9.58E-02	-.373	.272	6.104E-02	1.033E-02
	PENDIENTE	3.236E-02	-4.52E-02	.304 ^a	3.158E-02	-4.137E-02	-.144	-.178	-5.261E-03
	ORIENTACIÓN	-9.48E-02	-9.58E-02	3.158E-02	.438 ^a	2.036E-02	-9.805E-02	-3.498E-02	3.667E-02
	RADIACIÓN	9.877E-02	-.373	-4.137E-02	2.036E-02	.540 ^a	-9.588E-03	4.340E-02	-2.523E-02
	CURV_LON	-8.08E-03	.272	-.144	-9.81E-02	-9.588E-03	.571 ^a	.507	.163
	CURV_TRA	2.530E-02	6.104E-02	-.178	-3.50E-02	4.340E-02	.507	.574 ^a	-.207
	CURVATURA	-2.69E-02	1.033E-02	-5.261E-03	3.667E-02	-2.523E-02	.163	-.207	.767 ^a

a. Medida de adecuación muestral

Tabla. 25.- Matriz de correlaciones anti-imagen. Ambos incendios

Al igual que para los anteriores casos, de los cuatro análisis realizados a la matriz de datos, tres de ellos muestran satisfactoriamente pertinencia y validez de la matriz de datos. Es por ello, que se decide continuar con el análisis de componentes principales.

En el momento de la extracción de los factores iniciales, las **comunalidades** de las variables se representan en la siguiente tabla.

Comunalidades

	Inicial	Extracción
REGENERADO	1.000	.527
ALTITUD	1.000	.697
PENDIENTE	1.000	.965
ORIENTACIÓN	1.000	.688
RADIACIÓN	1.000	.663
CURV_LON	1.000	.722
CURV_TRA	1.000	.710
CURVATURA	1.000	.462

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla. 26.- Comunalidades. Ambos incendios

A la vista de los resultados de la tabla anterior, se observa que los factores explican en un 40% la variable *curvatura*. El resto de variables vienen explicadas en mayor o menor proporción.

La **varianza total explicada** por cada variable viene representada en la siguiente tabla. Se observa que con la extracción de cuatro componentes se explica un 67.9% de la varianza total. Se ha realizado una prueba extrayendo tres factores, pero la varianza total

explicada sólo llegaba al 50%, por lo que se ha decidido seguir el análisis con cuatro factores.

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	1.987	24.836	24.836	1.987	24.836	24.836	1.847	23.092	23.092
2	1.349	16.864	41.700	1.349	16.864	41.700	1.459	18.238	41.330
3	1.091	13.636	55.336	1.091	13.636	55.336	1.100	13.750	55.080
4	1.007	12.582	67.917	1.007	12.582	67.917	1.027	12.837	67.917
5	.868	10.854	78.771						
6	.739	9.232	88.003						
7	.578	7.220	95.223						
8	.382	4.777	100.000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla. 27.- Varianza total explicada. Ambos incendios

Una vez analizadas las comunalidades y la varianza total explicada, se procede a analizar la matriz factorial con rotación Varimax. Como se puede observar en la **matriz de componentes rotados**, al primer componente se asocian las tres variables de *curvatura*; al segundo componente la *altitud* y la *radiación*; al tercer componente la orientación y el regenerado; y al último componente la *pendiente* exclusivamente.

Matriz de componentes rotados^a

	Componente			
	1	2	3	4
CURV_TRA	.825			.169
CURV_LON	-.807	-.221		.136
CURVATURA	.679			
ALTITUD	.188	.811		
RADIACIÓN		.805	-.106	
ORIENTACIÓN	-.110	.184	.798	
REGENERADO		-.266	.666	-.103
PENDIENTE				.981

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

Tabla. 28.- Matriz de componentes rotados. Ambos incendios

Se han generado cuatro nuevas variables (tres componentes), cuyos valores son las proyecciones de cada individuo de la muestra sobre cada uno de los tres factores, de forma que:

- La variabilidad total de la muestra está representada al **67.9%**.

- Cada variable en particular está representada en una proporción igual a la comunalidad sobre el conjunto de los cuatro factores.
- El **primer** factor representa la información de las variables de *curvatura*.
- El **segundo**, representa la información de la *altitud* y la *radiación*.
- El **tercero**, la de *orientación* y *regenerado*.
- El **cuarto**, exclusivamente viene representado por la *pendiente*.

A escala provincial, se han generado 2 componentes interesantes en lo que se refiere a resultados, una que contiene a las variables altitud y radiación y otra a la orientación y la regeneración. En el caso de la segunda componente (variables agrupadas altitud y radiación), el regenerado representa un 26.6% (tabla 28) del total de la componente, lo cual significa que algo de influencia ejercen estas variables en el regenerado.

Los resultados obtenidos por ambos incendios por separado (punto anterior, a nivel comarcal), el regenerado también estaba asociado, aunque muy débilmente, con las variables altitud en el incendio 1, y radiación en el incendio 2. Esto confirma que a este nivel de escala (provincial) los resultados de las variables fisiográficas siguen manteniendo su papel predictivo en la determinación de la regeneración.

Y siguiendo en la línea de los resultados obtenidos a nivel comarcal, la orientación es la variable que mejor se asocia al factor que explica el regenerado, concluyendo que, a pesar de aumentar la escala geográfica, esta variable fisiográfica sigue manteniendo su papel predictivo en cuanto a la regeneración arbolada.

5. CONCLUSIONES

- A raíz de los resultados se puede observar que el arbolado ha sufrido una disminución drástica en el 2007, consecuencia de los incendios ocurridos en el 1994.
- Tanto el matorral como el pastizal, al ser vegetación de rápido crecimiento, ha ido aumentando su superficie.
- La agricultura de secano ha ido disminuyendo su superficie, ya sea por la modernización de las técnicas o por el abandono de las zonas rurales.
- Ambas metodologías, el Tercer Inventario Forestal Nacional y la propuesta en el presente trabajo, son aptas para cuantificar la cobertura forestal de un territorio.
- Tanto la orientación como la curvatura del terreno han influido de la misma manera en la distribución del regenerado en ambos incendios, con orientaciones norte y curvaturas del terreno moderadas.
- Centrándose en los resultados estadísticos obtenidos, es importante destacar la postura de la variable orientación, la cual ha resultado ser la que más influencia ha tenido en el regenerado. En las orientaciones norte, zonas de umbría, la vegetación se desarrolla mucho mejor. Es más, ha resultado significativa tanto a nivel comarcal como provincial.
- A nivel de escala provincial se confirma que las variables fisiográficas que más influyen en el regenerado siguen siendo las mismas que a la escala comarcal planteada.
- El seguimiento de la evolución de los sistemas forestales afectados por incendios, ofrece al gestor ayuda para establecer los futuros planes de gestión de las áreas degradadas.

6. RECOMENDACIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

- Tras la realización de este trabajo, es posible decir que, la metodología de fotointerpretación seguida sea apta para posteriores trabajos o proyectos de investigación, puesto que ha dado resultados interesantes y además se ha podido comparar con el Inventario Forestal Nacional. Aunque sin un trabajo de campo complementario, esta metodología se podría considerar incompleta.
- Esta metodología puede servir para realizar un seguimiento de la evolución de los usos del suelo en fotografías posteriores.
- Se podría seguir una línea de investigación con la misma metodología pero para un ámbito de estudio diferente a los dos elegidos en este trabajo. Y con ello, confirmar si la fisiografía influye de la misma manera en la regeneración en cualquier entorno físico.
- La tecnología LIDAR puede ser una herramienta complementaria a la metodología desarrollada en este trabajo, ofreciendo resultados con mayor precisión.
- Las variables fisiográficas no son las únicas que determinan la capacidad de regeneración tras los incendios, existen infinidad de variables o factores que inciden en ella. Para próximos estudios o líneas de investigación se pueden tratar variables climáticas, edáficas, tipo de especie vegetal, afloramientos, erosión.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ALLUÉ, J.L. 1990. Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías. INIA. Ministerio de Agricultura.
- DÍAS-DELGADO, R.; F. LLORET Y F.X. PONS 2002. Satellite evidence of decreasing resilience in Mediterranean plant communities after recurrent wildfires.
- FELICISIMO, A. 1994. Modelos digitales de terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales.
- FISHER, HS., 1990. Simulating the distribution of plant communities in an alpine landscape.
- FOLCH, R. *et al.*, 1993. Colección Biosfera. Volumen 5. Mediterráneas. Fundación Enciclopedia Catalana. Barcelona.
- FONT QUER, P., 1956, La vegetación, citado en E. Blanco, Los Bosques Ibéricos, Una Interpretación Botánica.
- GOOSEN, D., 1968. Interpretación de fotos aéreas y su importancia en levantamiento de suelo. Roma, Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- GUIBAN, A. y N.E. ZIMMERMANN 2000. Predictive habitat distribution models in ecology.
- KRAVCHENKO, A., 2003 cit. en Villatoro, M.K. *et al.*, 2008. Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, Ca, CICE y P del suelo.
- MILLER, C.L. y R.A. LAFRAMME, 1958. The digital terrain model – theory and application.
- MILLER, 1990 cit. en Rebollo, S. y Gómez-Sal, A. 2003. Aprovechamiento sostenible de los pastizales.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2000. Tercer Inventario Forestal Nacional.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2002. Los Incendios Forestales en España.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2004. Guía para la elaboración de estudios del medio físico

- NINYEROLA, M.; PONS, X. y ROURE, JM. 2005. Atlas Climático Digital de la Península Ibérica. Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica.
- PÉREZ CUEVA, A. 1994. Atlas Climático de la Comunidad Valenciana. Dirección General de Urbanismo y Ordenación del Territorio.
- PIÑOL, J.; J. TERRADAS y F. LLORET 1998. Climate warming, wildfire hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain.
- RICH, P.M.; R. DUBAYAH; W.A. HETRICK y S.C. SAVING 1994. Using Viewshed Models to Calculate Intercepted Solar Radiation: Applications in Ecology. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical.
- RICH, P.M. y P. FU 2000. Topoclimatic Habitat Models. Proceedings of the Fourth International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling.
- RIVAS MARTÍNEZ, S., 1987. Memoria y Series de vegetación de España.
- RUIZ DE LA TORRE, J. 1986. Mapa Forestal de España.
- SERRA, W. *et al.*, 2002. Fotointerpretación, fotogrametría y teledetección.
- TERRADAS, J. *et al.*, 1996. Ecología del fuego.
- VALLADARES, F., 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ed. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- VAN LAAR, A. y A. AKÇA 2007. Forest Mensuration. Serie: Managing forest ecosystems.
- WALTER, H. y E. WALTER 1953. Das Gesetz der relativen Standortskonstanz. Citado en Predictive habitat distribution models in ecology. Antoine Guisan, Niklaus E. Zimmermann.

7.1. OTRAS FUENTES

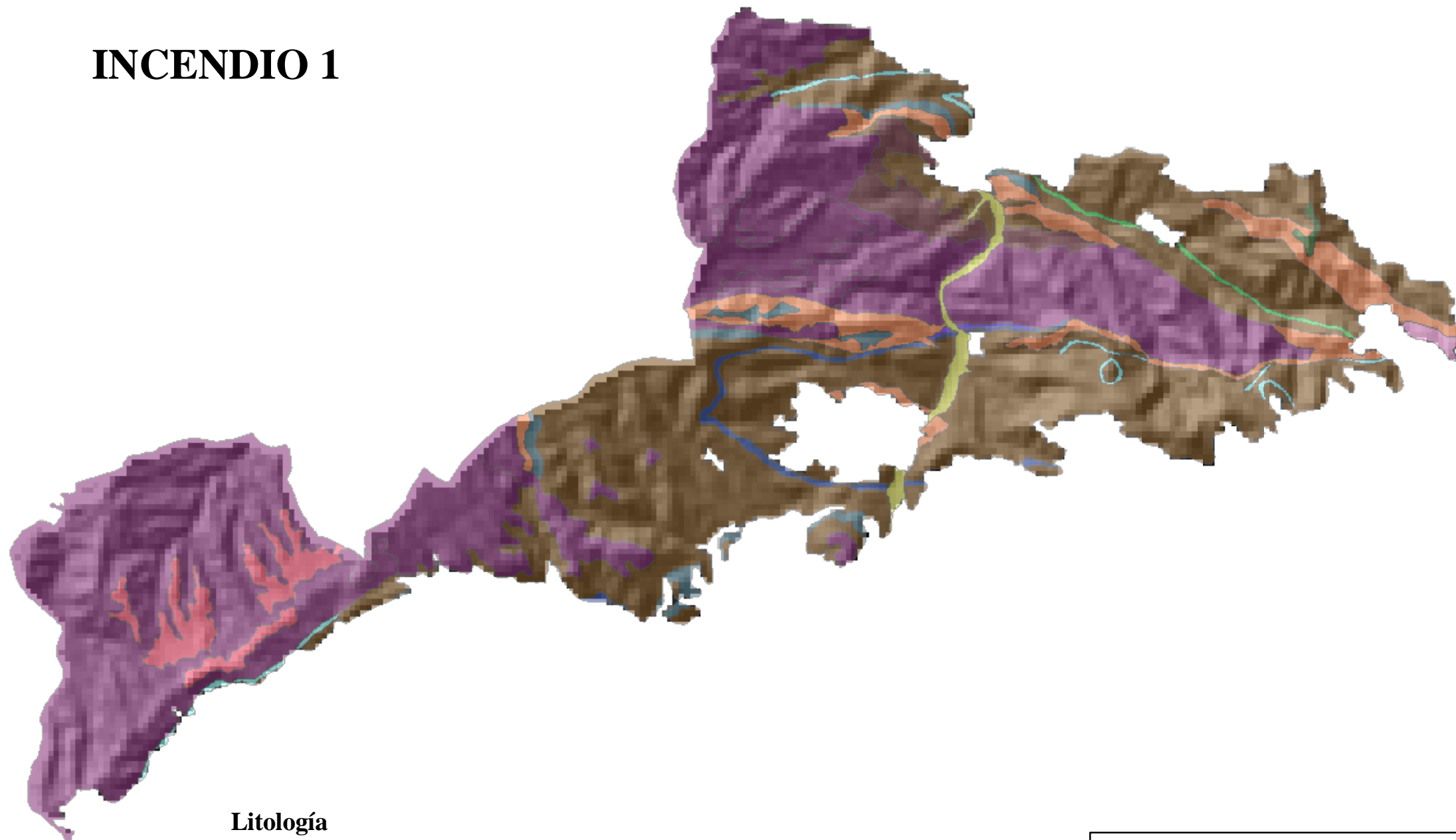
- Regeneración post-incendio de *Pinus pinaster* en la Sierra de Guadarrama (Sistema Central): modelos predictivos de los factores influyentes en la densidad inicial y la supervivencia. J. Madrigal, C. Hernando, E. Martínez, M. Guikarro y C. Díez.
- Patrones observados y factores que determinan la variabilidad espacio-temporal de la regeneración del pino carrasco después de un incendio. Tesis doctoral

presentada por María José Bronoano Atenoia. Universidad Autónoma de Barcelona. 1999.


- Estudios básicos para la ordenación del territorio de la Comunidad Valenciana. Caja de ahorros del Mediterráneo, 1982. “Situación actual, problemas y perspectivas de las comarcas valencianas”.
- Métodos Estadísticos Avanzados con SPSS. César Pérez López. Editorial: Thompson 2005.
- SPSS para Windows. Análisis Estadísticos. Magdalene Ferrán Aranaz. Editorial: Mc Graw Hill. 2001.
- Keys to Soil Taxonomy. Eighth Edition, 1998.
- Anuario Estadística Forestal 2005. Ministerio Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.
- Instituto Cartográfico Valenciano.
- Instituto Geográfico Nacional.
- Mapa de carreteras de la Comunidad Valenciana. Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente.
- Agencia Estatal de Meteorología

ANEJOS: PLANOS

INCENDIO 1

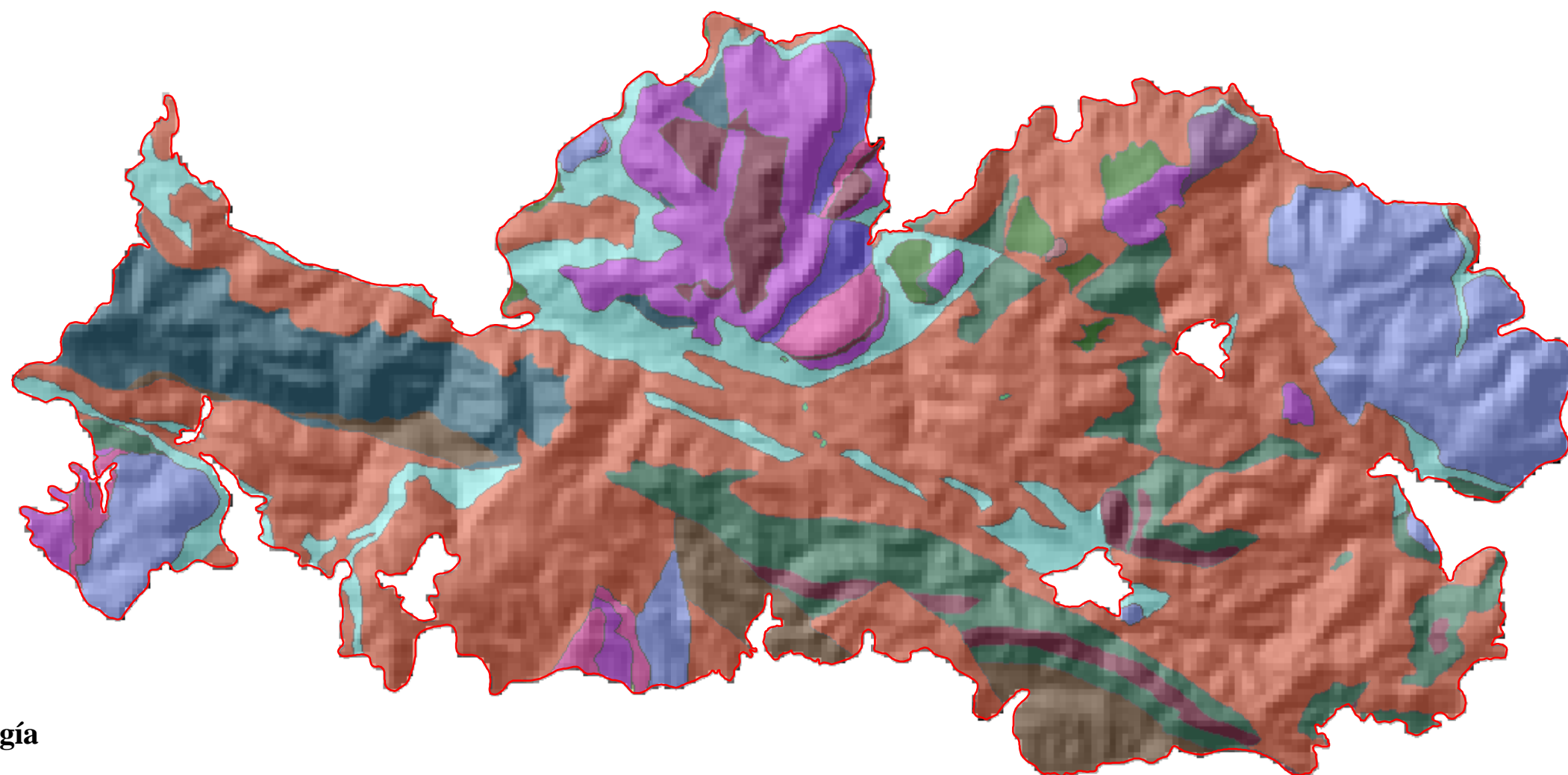


Litología

- | | |
|--|---|
|  Arenas y arcillas |  Calcáreas y margas |
|  Areniscas y arcillas |  Cantos, gravas y limos |
|  Areniscas y margas |  Cantos, gravas, arenas y limos |
|  Calcáreas |  Conglomerados |
|  Calcáreas y areniscas |  Conglomerados y arcillas |
|  Calcáreas y calcáreas margosas |  Conglomerados, areniscas y arcillas |
|  Calcáreas y dolomías |  Margas |

Universidad Politécnica de Valencia Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster: Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Litología	Nº: 1
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 2

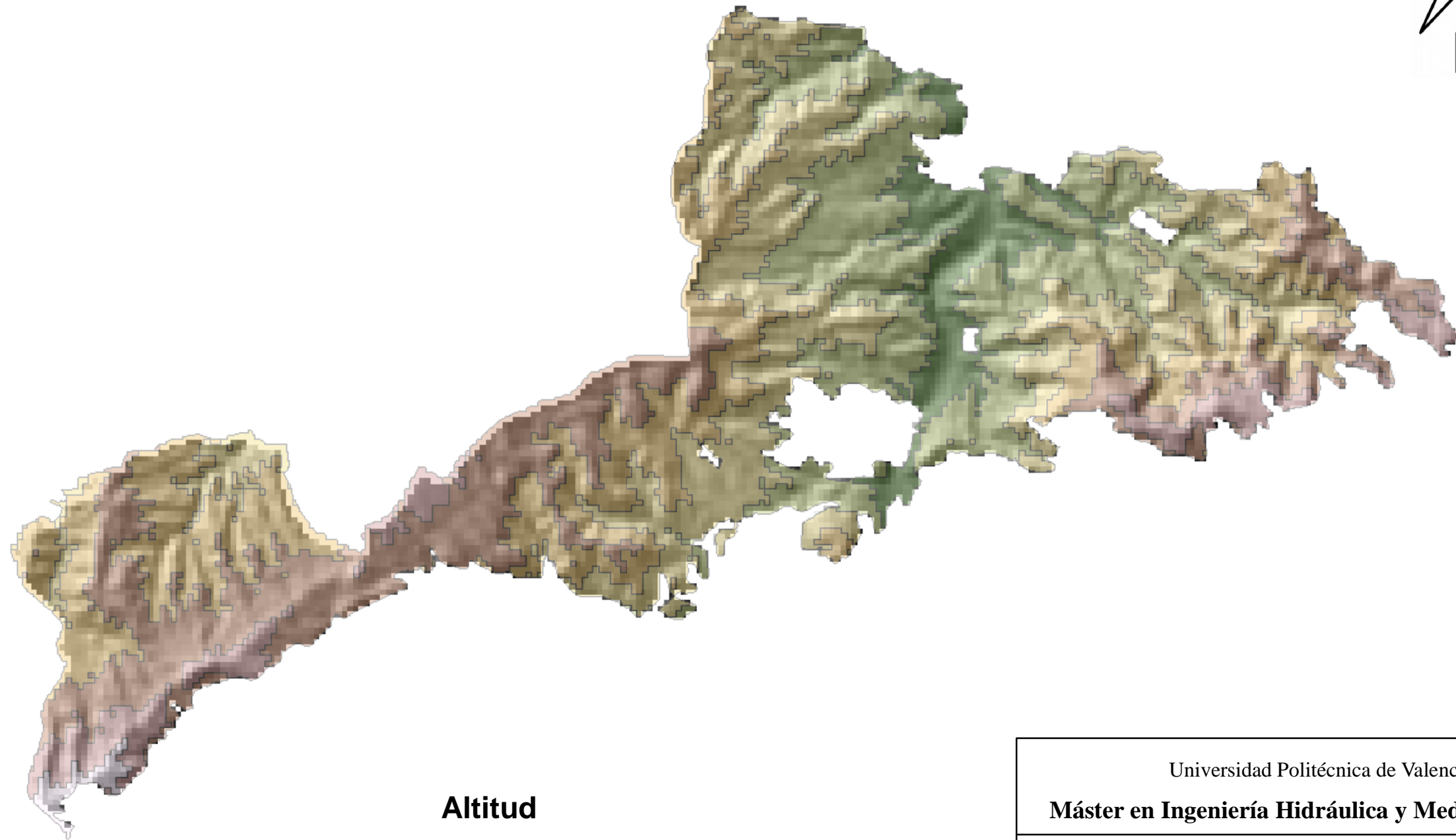


Litología

 Arcillas y areniscas	 Calcáreas y margas
 Arcillas, margas y yesos	 Cantos y graveras
 Areniscas	 Conglomerados
 Areniscas y arcillas	 Conglomerados y areniscas
 Brechas y tobas volcánicas	 Dolomías
 Calcáreas	 Dolomías y margas
 Calcáreas margosas y margas	 Ofitas
 Calcáreas y dolomías	 Pizarras y cuarcitas

Universidad Politécnica de Valencia Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster: Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Litología	Nº: 2
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 1



Altitud



Universidad Politécnica de Valencia

Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Trabajo Final de Máster:

Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón

Título Mapa: **Altitud**

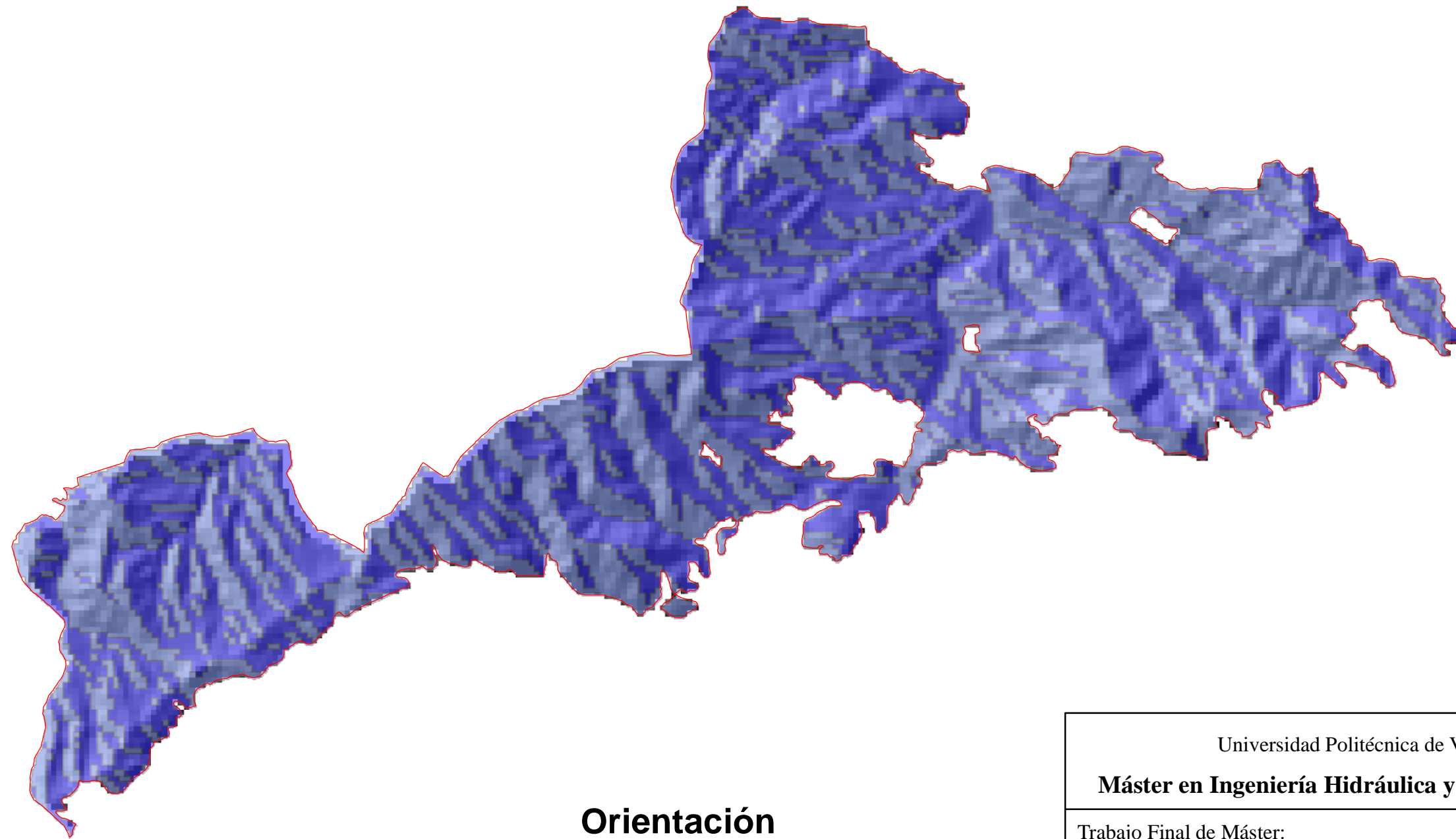
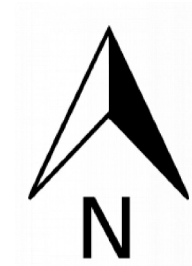
Nº: 3

Autora: Ana I. Alonso Panadero

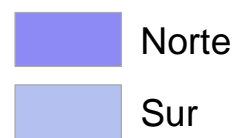
Escala: 1/90.000

Fecha: Julio 2012

INCENDIO 1

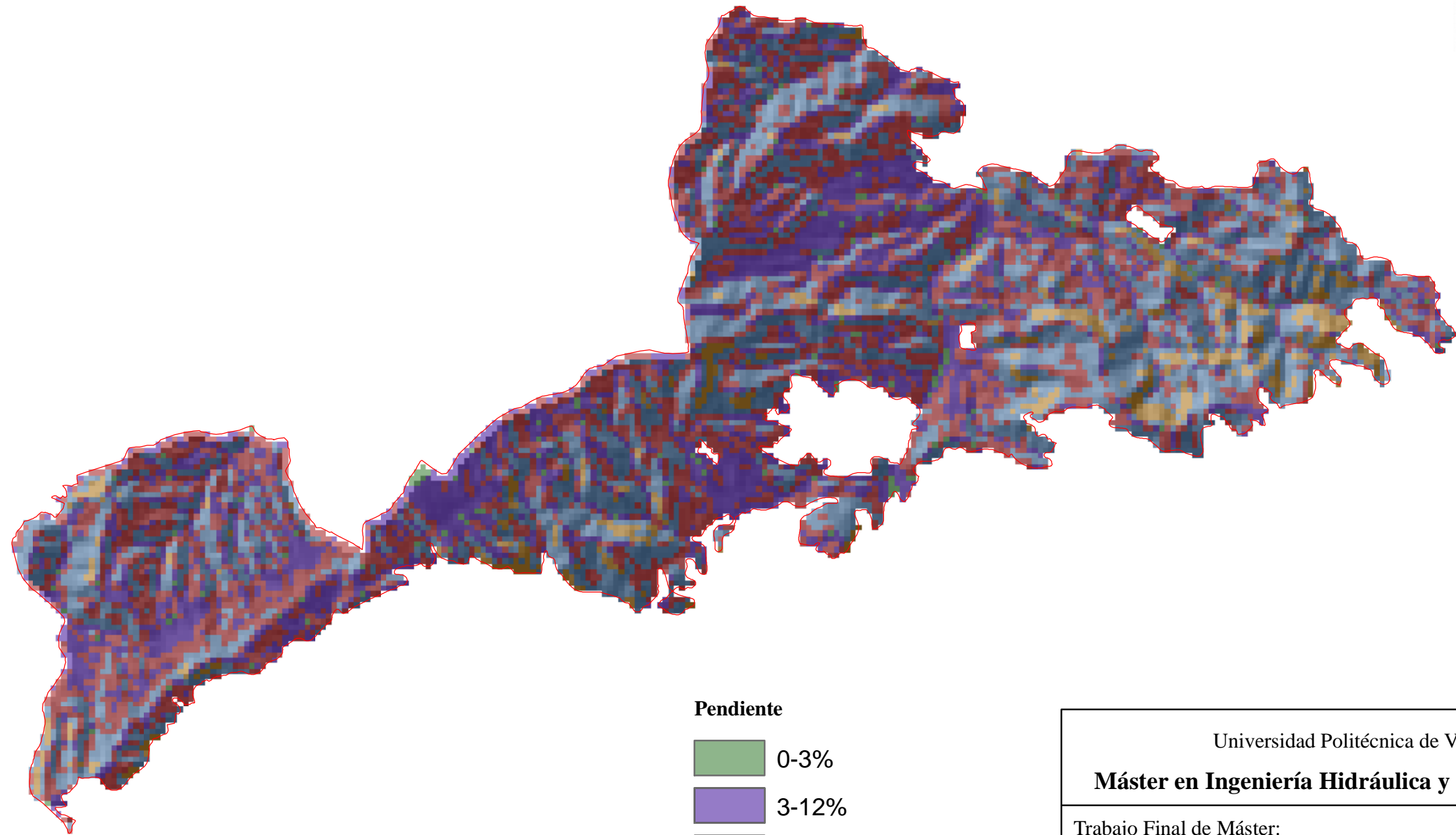
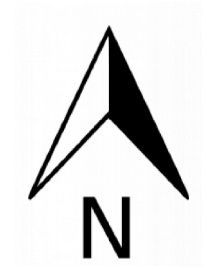


Orientación

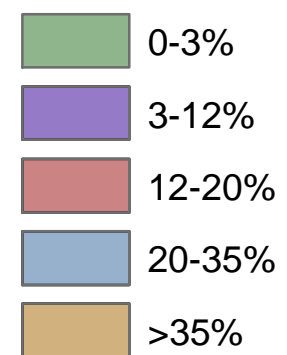


Universidad Politécnica de Valencia	
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster:	
Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Orientación	Nº: 4
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 1

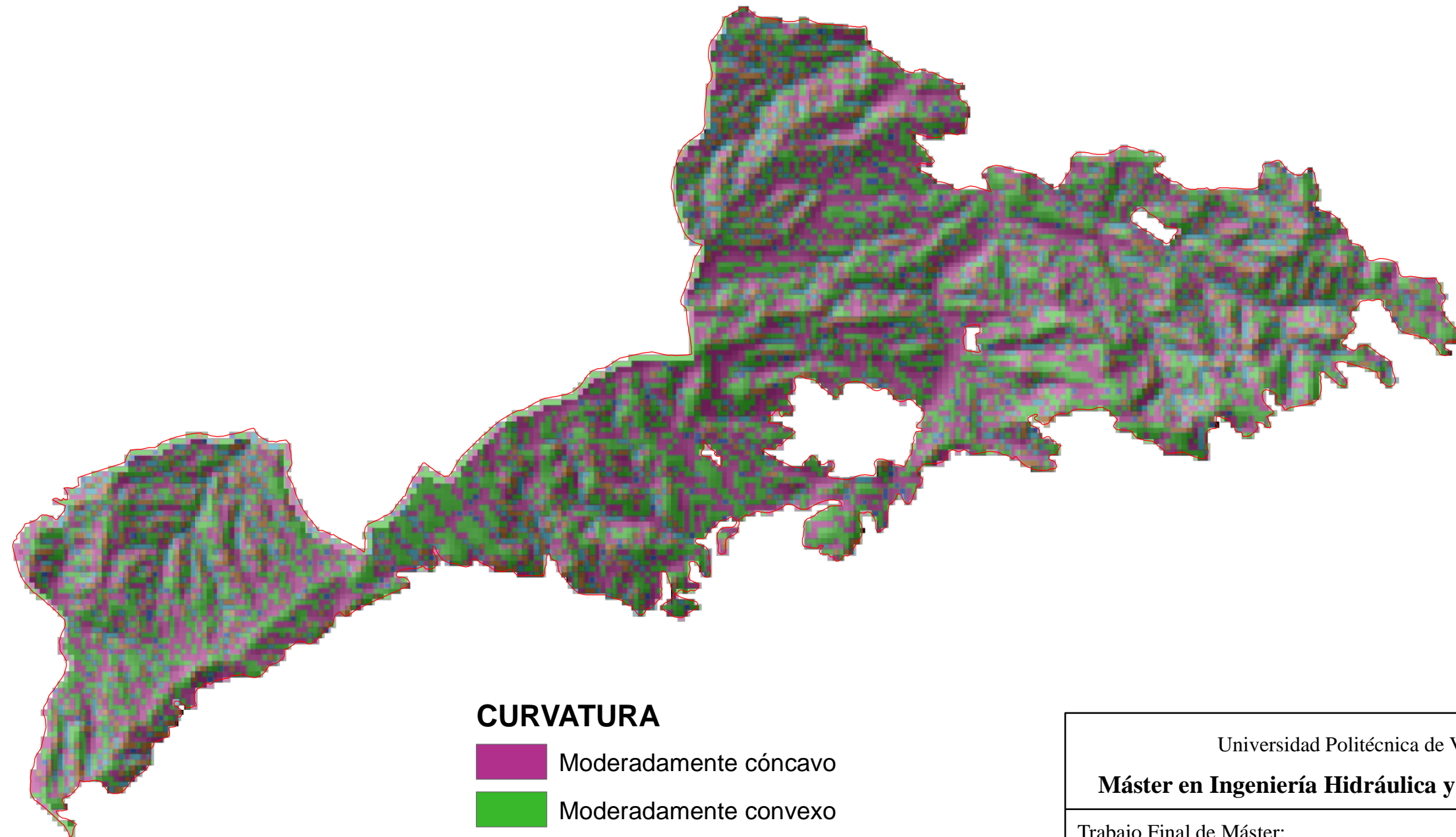
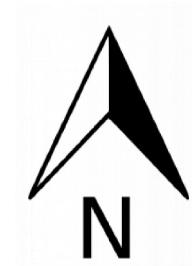


Pendiente








Universidad Politécnica de Valencia	
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster:	
Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Pendiente	Nº: 5
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 1

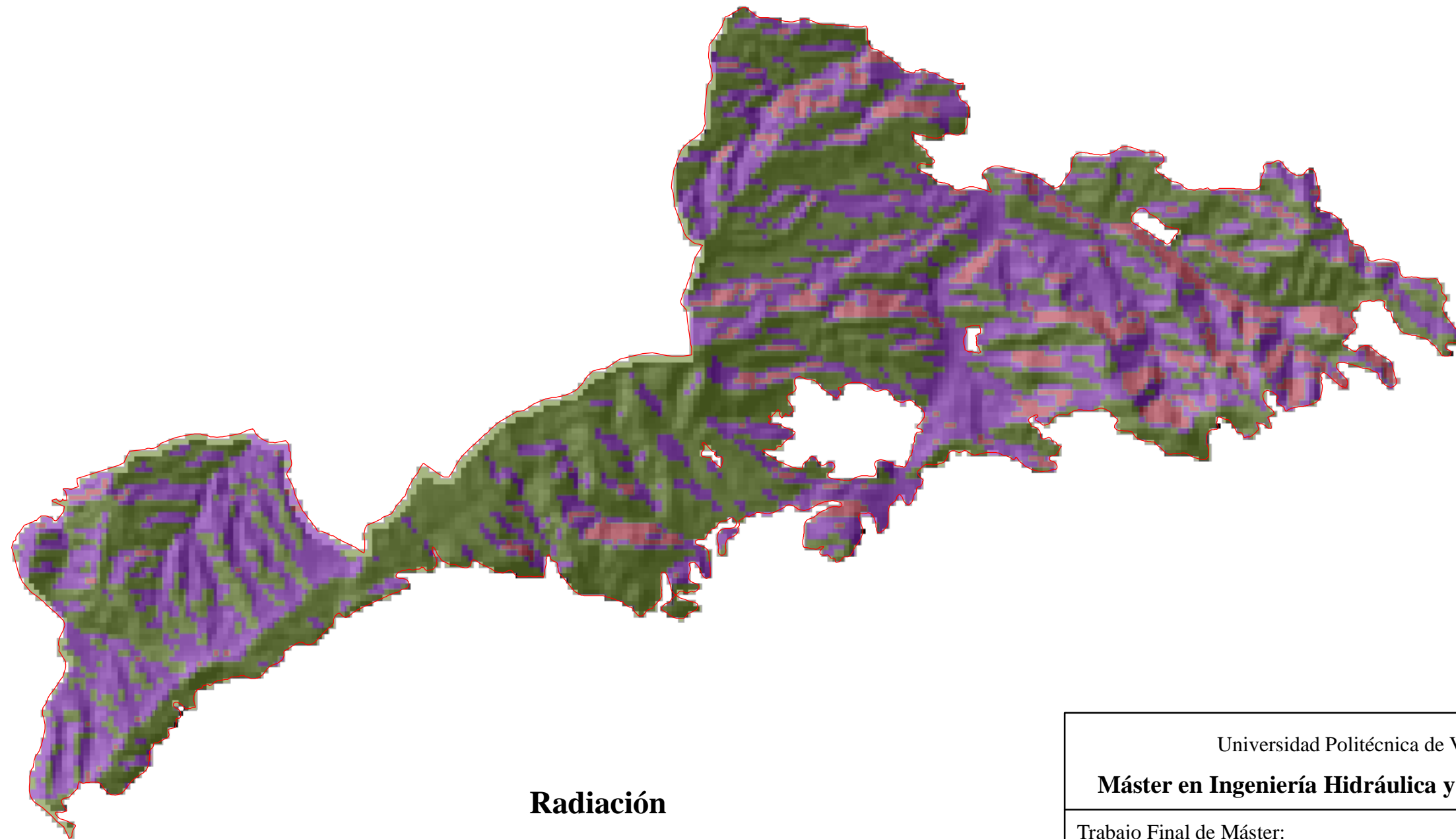


CURVATURA




-  Moderadamente cóncavo
-  Moderadamente convexo
-  Pronunciadamente cóncavo
-  Pronunciadamente convexo
-  Sin curvatura

Universidad Politécnica de Valencia	
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster:	
Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Curvatura	Nº: 6
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 1

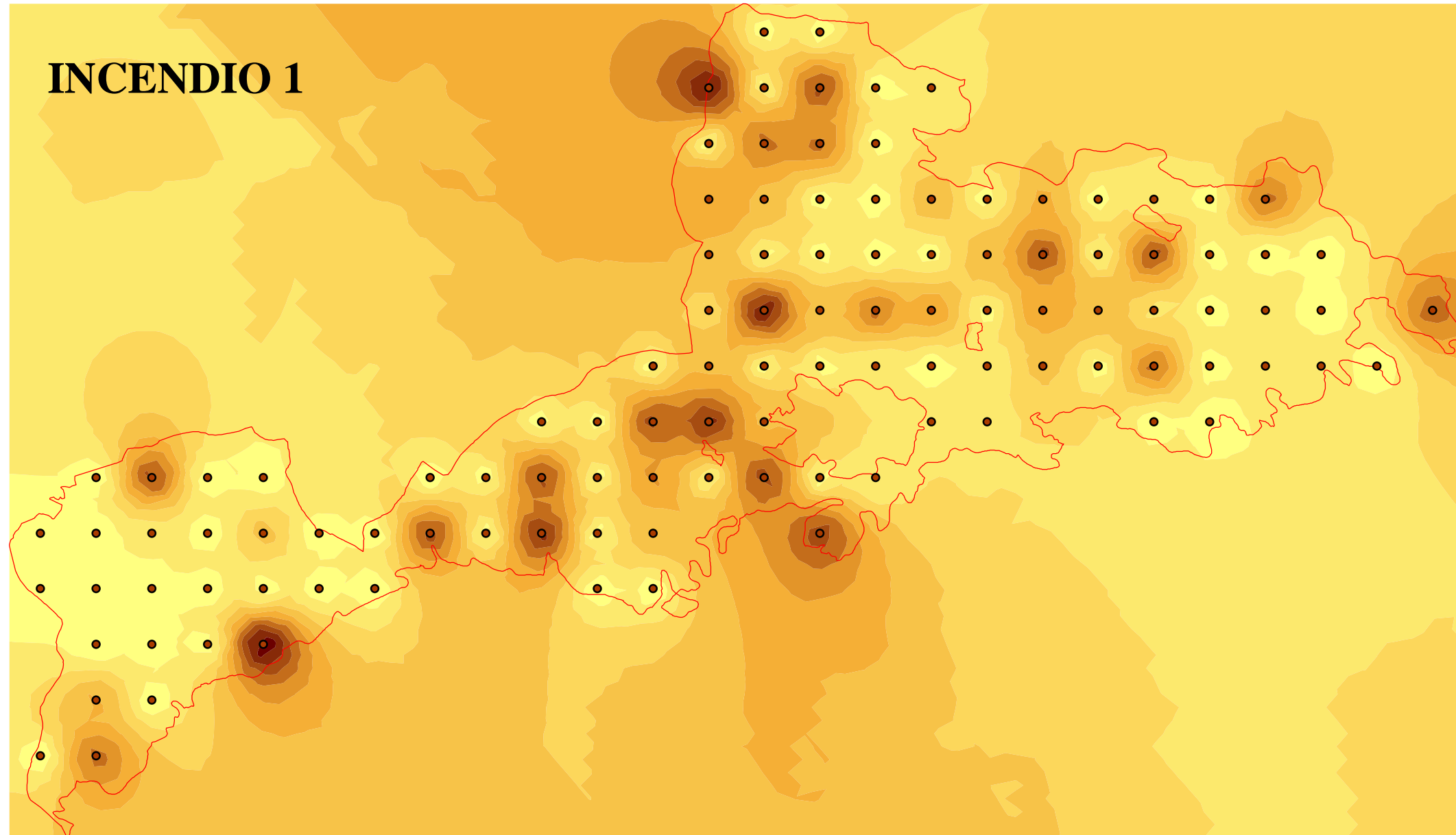


Radiación

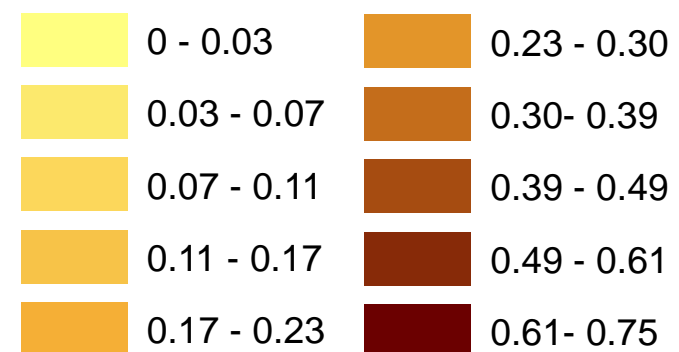
-  Baja Radiación
-  Moderada Radiación
-  Elevada Radiación

Universidad Politécnica de Valencia	
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster:	
Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Radiación	Nº: 7
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 1

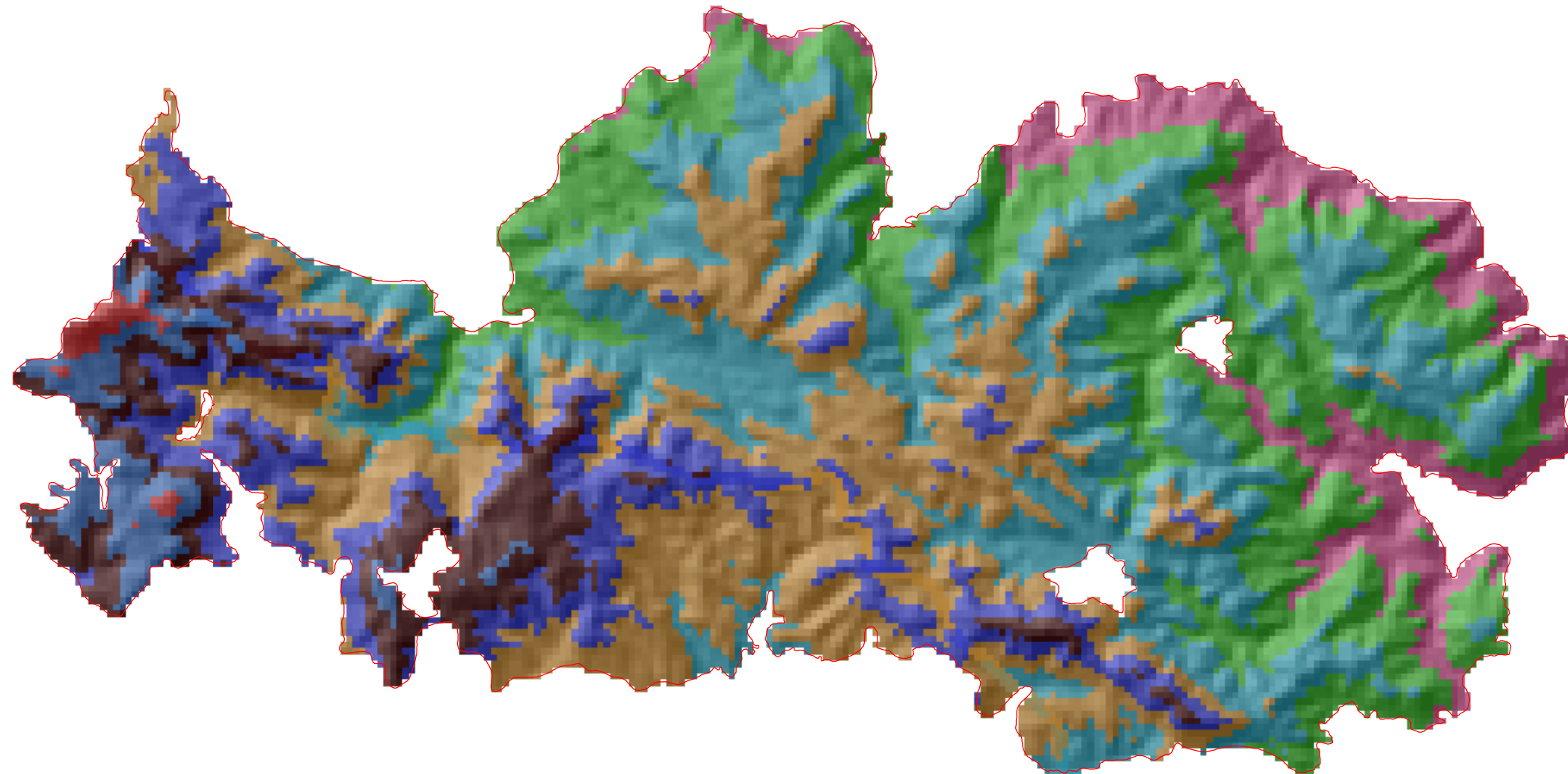


Regeneración (FCC)

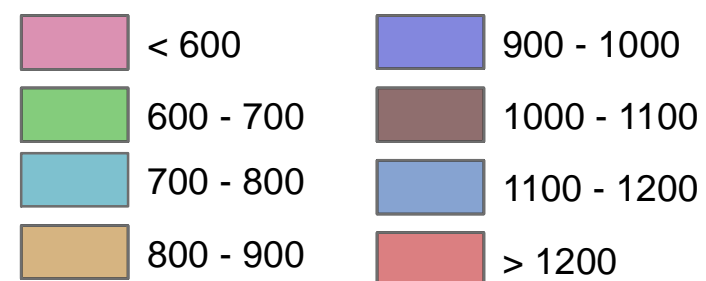


Universidad Politécnica de Valencia	
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster:	
Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Regeneración arbolada	Nº: 8
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 2

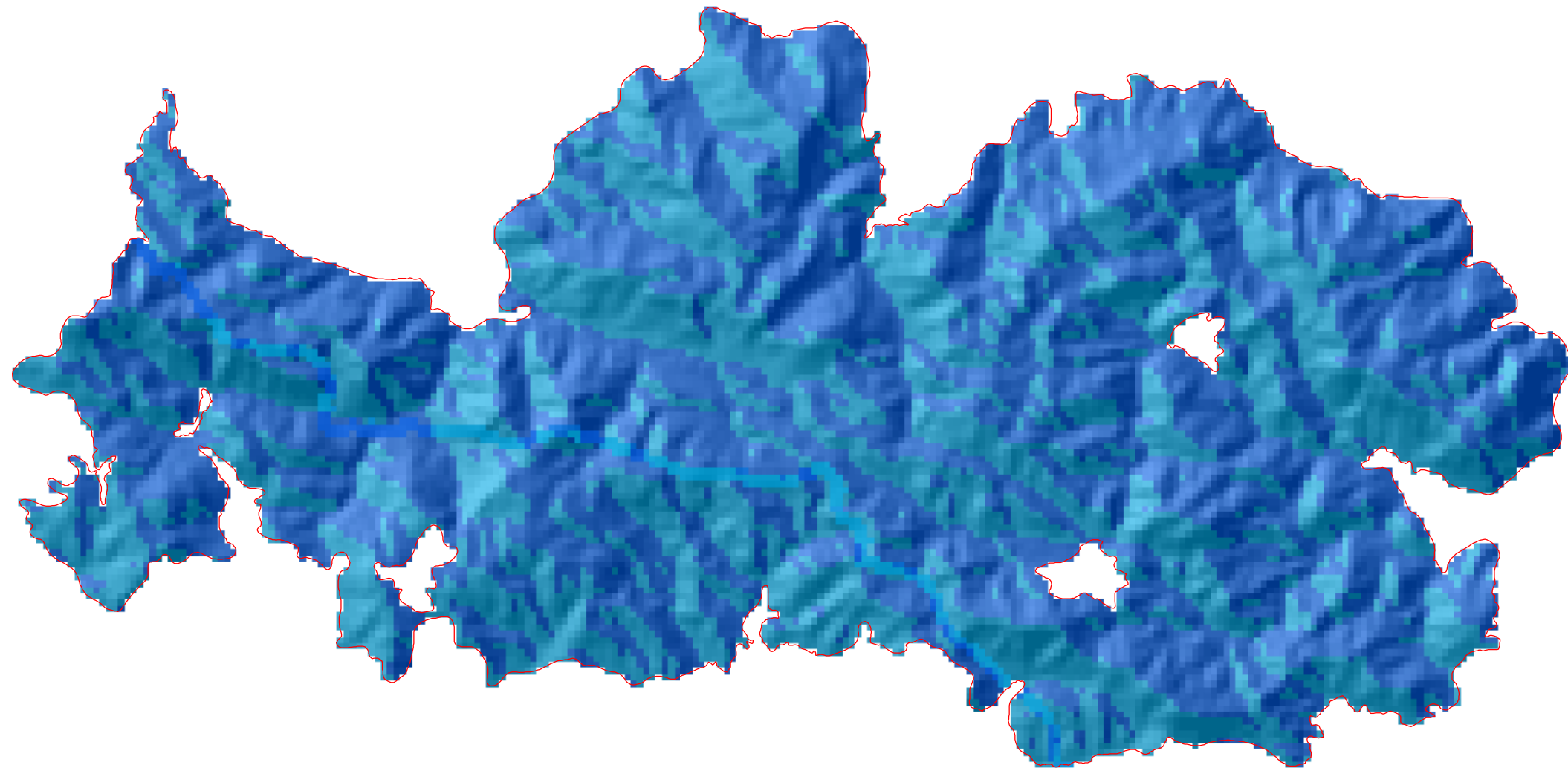
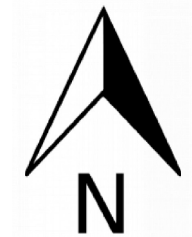


Altitud

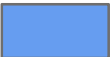



Universidad Politécnica de Valencia	
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster:	
Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Altitud	Nº: 9
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 2

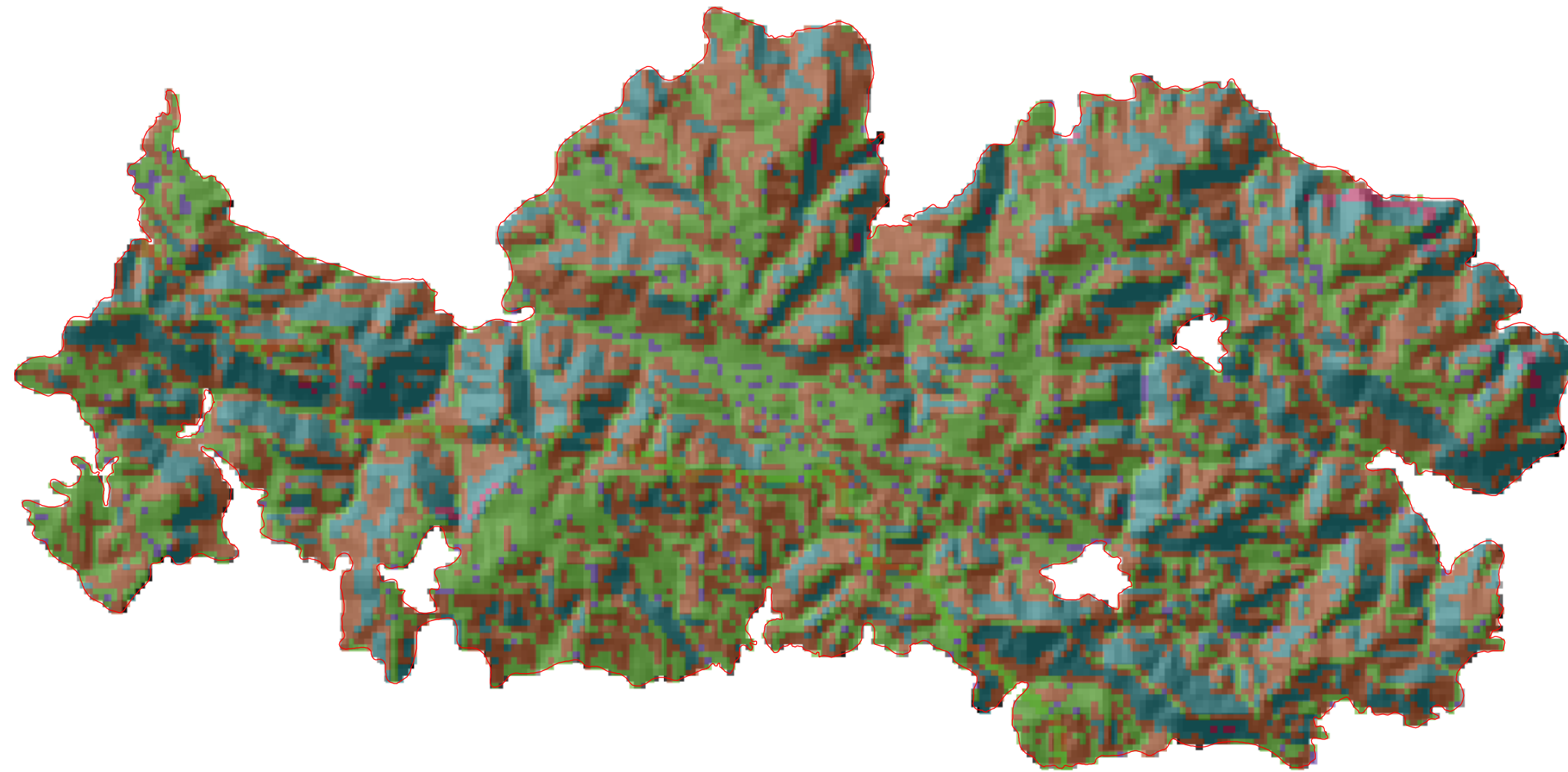


Orientación

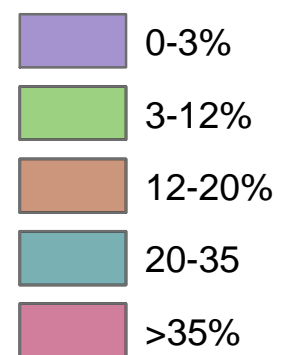
-  Norte
-  Sur

Universidad Politécnica de Valencia	
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster:	
Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Orientación	Nº: 10
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 2

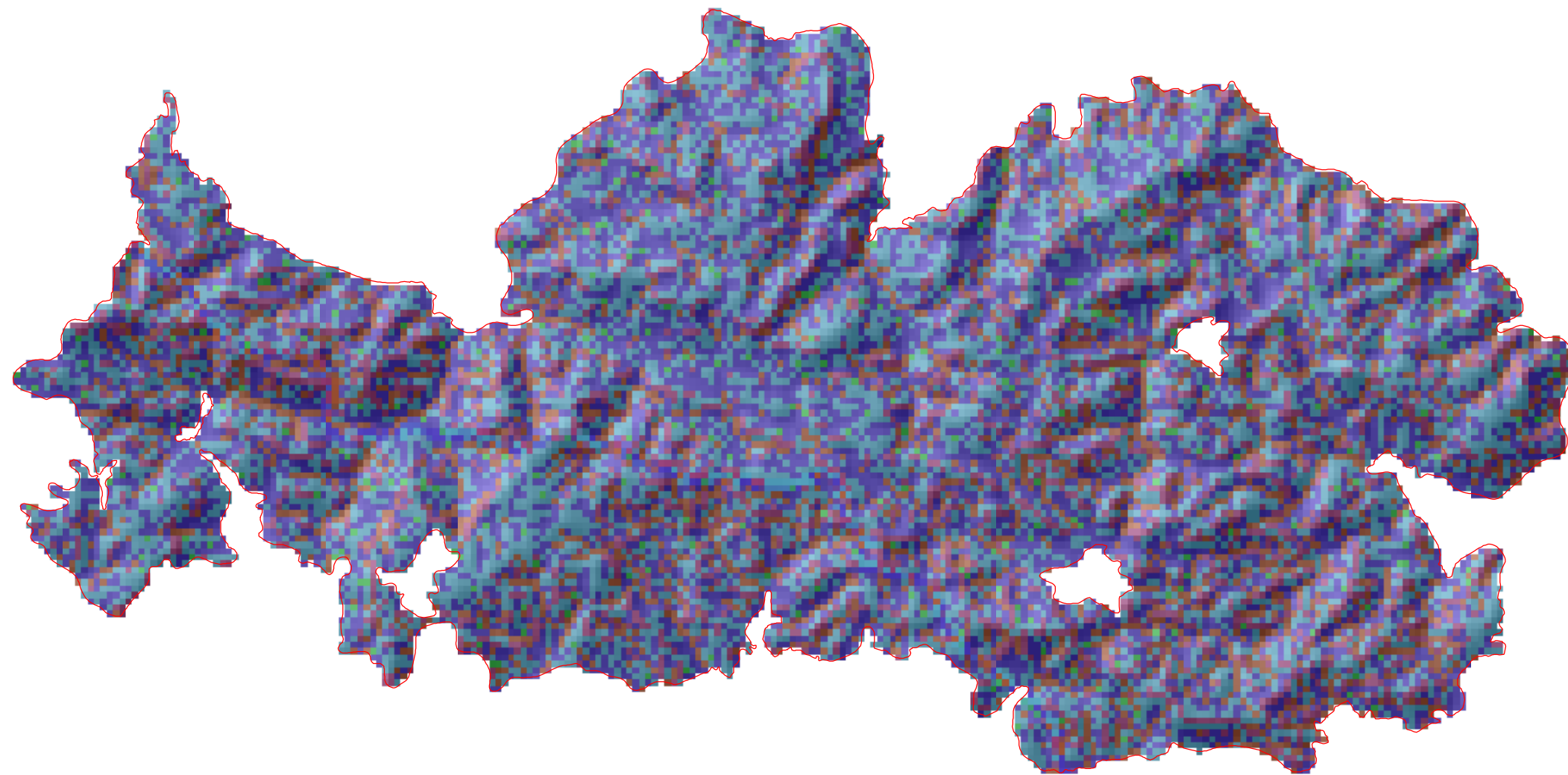
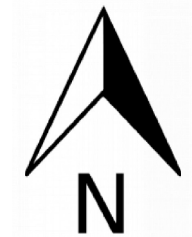


Pendiente








Universidad Politécnica de Valencia	
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster:	
Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Pendiente	Nº: 11
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 2



CURVATURA

-  Moderadamente cóncavo
-  Moderadamente convexo
-  Pronunciadamente cóncavo
-  Pronunciadamente convexo
-  Sin curvatura

Universidad Politécnica de Valencia

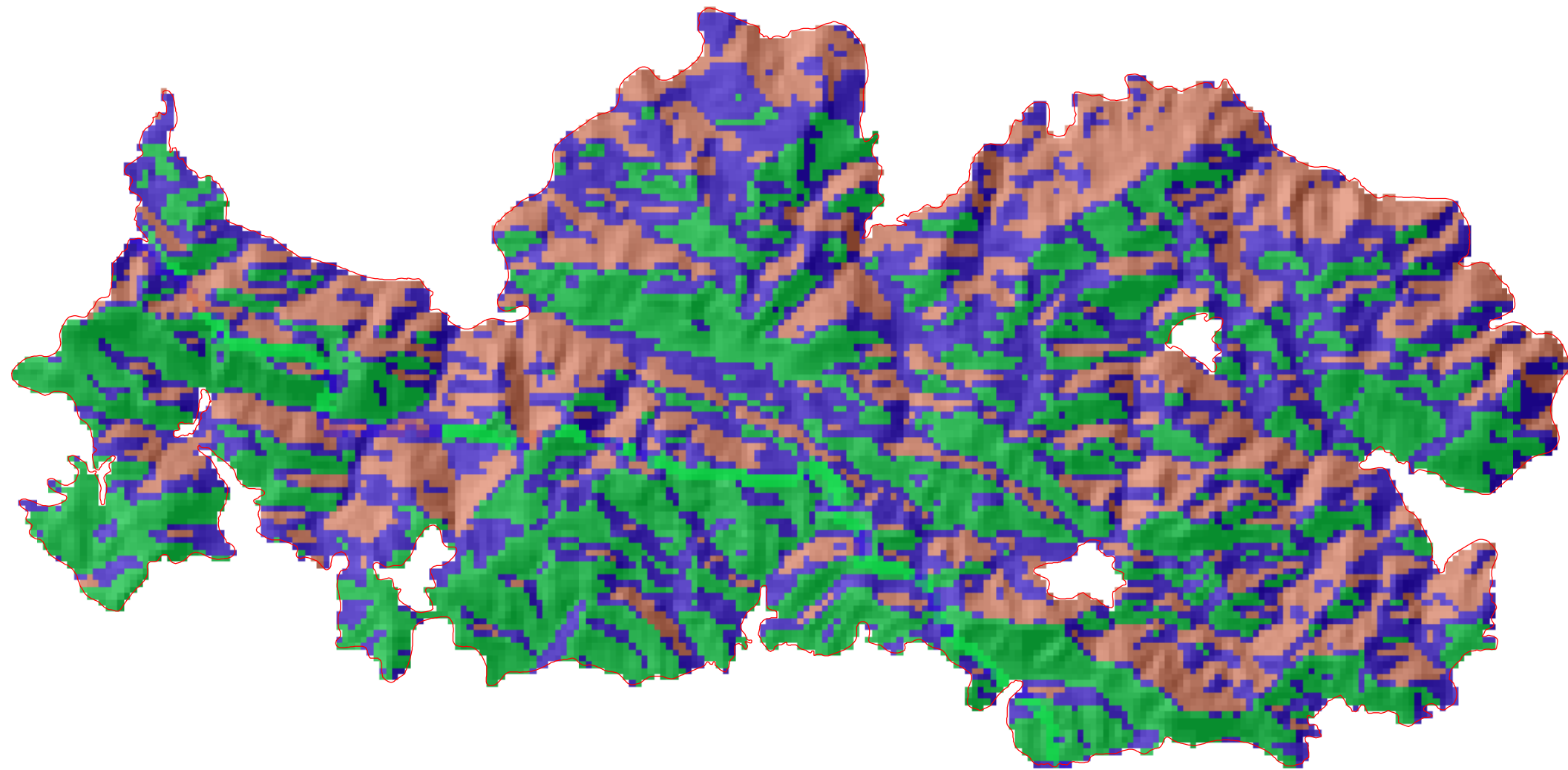
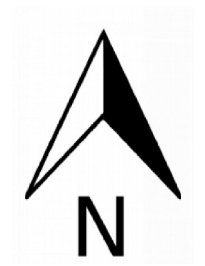
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente

Trabajo Final de Máster:




Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón

Título Mapa: Curvatura	Nº: 12
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 2

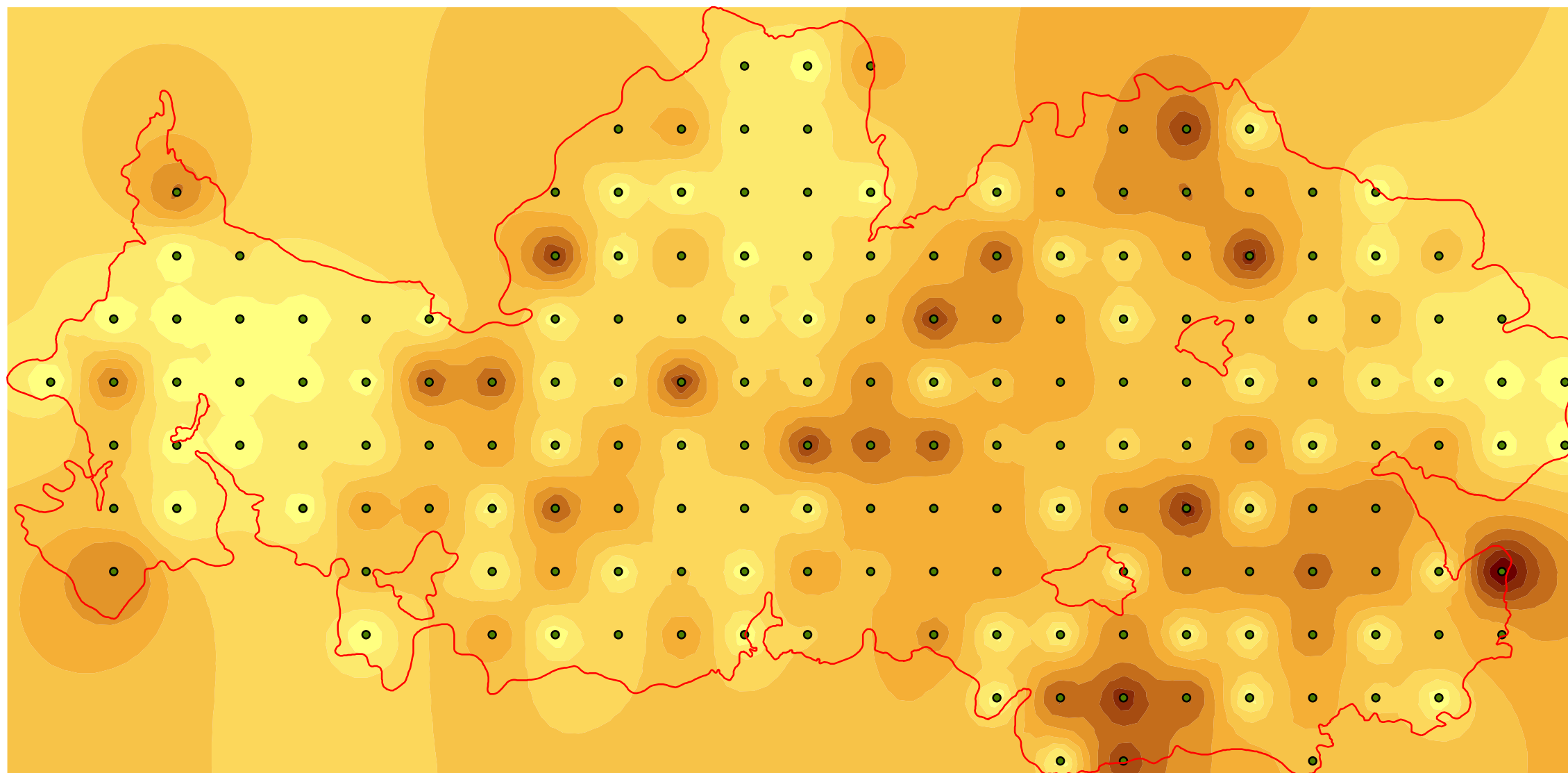


Radiación

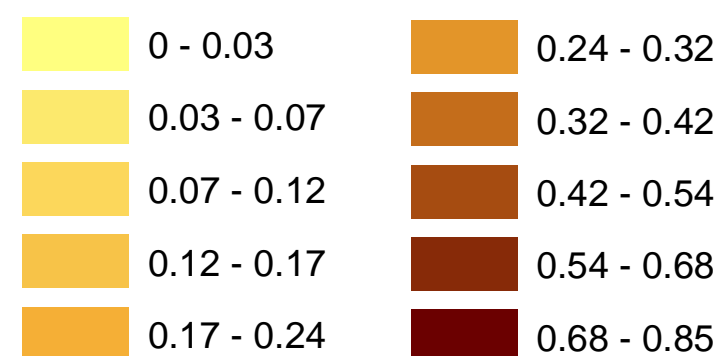
-  Baja
-  Moderada
-  Elevada

Universidad Politécnica de Valencia	
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster:	
Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Radiación	Nº: 13
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012

INCENDIO 2



Regeneración (FCC)



Universidad Politécnica de Valencia	
Máster en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente	
Trabajo Final de Máster:	
Análisis de los factores condicionantes de la regeneración arbolada tras dos grandes incendios forestales en la provincia de Castellón	
Título Mapa: Regeneración arbolada	Nº: 14
Autora: Ana I. Alonso Panadero	Escala: 1/90.000
	Fecha: Julio 2012