



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Determinación por métodos indirectos del área de impacto de una central térmica de carbón

José F. Llorens Benito



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 4.0. Espanya de Creative Commons.

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 4.0. España de Creative Commons.

This doctoral thesis is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0. Spain License.

2

Introducción



2.	Generalidades	5
2.1.	Localización geográfica	7
2.2.	Litología y Edafología	11
2.3.	Climatología	15
2.4.	Vegetación	25

2. GENERALIDADES

El área estudiada se caracteriza por su variado relieve, con deprimidas y extensas llanuras al Norte, donde arranca la Depresión del Ebro, y en el Sureste, donde discurren los valles de ríos de corta longitud que desembocan en el Mediterráneo, y abruptas y escarpadas morfologías, arrasadas por la erosión en algunos casos, que aparecen dentro de las dos cadenas montañosas, la parte más meridional de la Cadena Costero Catalana y de la Cordillera Ibérica, que se enlazan hacia el Sur. Todo ello implica el encontrar fondos de extensos valles con altitudes inferiores a 300 m al Norte y en el extremo Sureste, así como elevaciones producidas por el plegamiento de materiales mesozoicos, principalmente carbonáticos, que llegan a alcanzar los 2019 m en el pico del Peñarroya (Sierra de Gúdar), el techo topográfico de la zona estudiada.

Los materiales carbonatados de las cadenas montañosas conforman principalmente el relieve, formando, las grandes elevaciones de la zona. Estos materiales se encuentran fuertemente incididos por la red fluvial, cuya distribución se halla controlada por la estructura tectónica de la zona (principalmente pliegues y fallas). Al pasar a las áreas de materiales terciarios aparecen los abiertos valles que configuran las mayores depresiones topográficas de la zona.

La climatología regional esta muy marcada por las diferencias de cota, dando notables diferencias en cuanto a precipitaciones y temperaturas, lo cual produce una estratificación en la vegetación configurando diferentes comunidades vegetales para cada segmento de altitud.

Es por ello por lo que la topografía, litología, vegetación y climatología configuren un sistema interrelacionado en el que resulta difícil tratar de explicar cada uno de los aspectos mencionados por separado, por lo que sucesivamente se harán continuas referencias cruzadas al describir cada apartado.

La zona ha sido seleccionada en función de los resultados de los trabajos anteriores realizados, de la localización de la Central Térmica Teruel (CTT) y de la dirección de los vientos predominantes, que marcará el área en la que la pluma emitida por la chimenea de la CTT impactará con mayor probabilidad con la superficie del terreno. El motivo de elegir esta zona como ejemplo de aplicación metodológica, ha sido el hecho de ser un territorio sin otras actividades industriales del orden de magnitud de la central térmica, y de no presentar una geología que pudiese dar fondos geoquímicos elevados, como aquellos generados por mineralizaciones metálicas o rocas ígneas ricas en elementos trazas, por ejemplo, que dificulten la interpretación de los resultados. A pesar de aparecer algunas mineralizaciones metálicas hacia el Este y hacia el Sureste, éstas son puntuales y de escasa magnitud.

Además se trata de una de las centrales térmicas de mayor potencia del Sur de Europa, donde estudios como el que se presenta son escasos, y que dispone de una chimenea de 342 metros de altura que, en climas como el Mediterráneo, da lugar a una problemática ambiental poco conocida y donde los modelos exportados del Norte de Europa y Norteamérica no se ajustan a los hechos observados.

2.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La zona objeto de estudio comprende un cuadrado de 80 x 80 km² que incluye parte de la provincia de Teruel y parte de la provincia de Castellón (Fig. 2.1.), localizada entre los límites marcados por las coordenadas UTM expresadas en metros 690.000 y 770.000, en dirección E-W, y 4.470.000 y 4.550.000, en dirección N-S, todas ellas referidas al huso 30. En ella, se encuentran incluidas total o parcialmente las comarcas del Bajo Aragón, Maestrazgo, Mora-Gúdar y el Este de la comarca de las Cuencas Mineras, en la provincia de Teruel, y *Els Ports* y el *Alt Maestrat*, en Castellón.

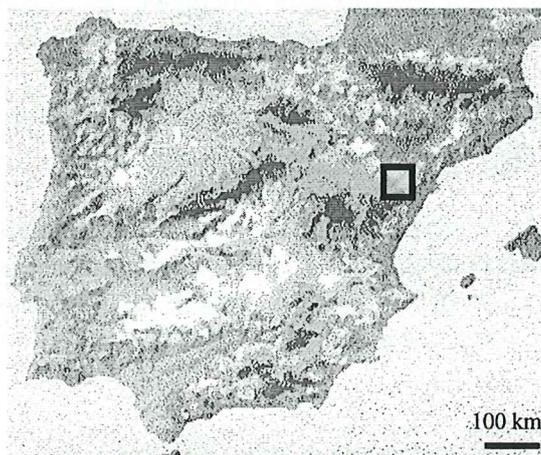


Fig. 2.1. Localización geográfica del área de estudio.

El área estudiada se encuentra limitada al el Norte por la Depresión del Ebro y al Sur por los Catalánides y la Ibérica, siendo por ello por lo que la red de drenaje discurre principalmente hacia el Ebro, al Norte más allá de la zona estudiada, a excepción del vértice Sureste situado en la ladera orientada hacia el mar de los Catalánides, y una franja en el extremo más meridional, donde las aguas discurren dirección Sur y Sureste (Fig. 2.2.).

En el Norte de la zona estudiada, en el Bajo Aragón, nos situamos en la Depresión del Ebro, con un relieve configurado en amplios valles que se encajan en meandros en los materiales terciarios. En las proximidades de Alcañiz aparecen relieves de paleocanales de arenisca y depresiones endorreicas como la Salada y la Estanca. La red de drenaje se dirige hacia el Norte al río Ebro, fuera de la zona estudiada. La altitud oscila entre 300 m en las proximidades de Alcañiz a los 600 m hacia el Sur, donde aparecen mayores elevaciones producidas por el afloramiento de materiales mesozoicos que forman unas crestas desde el vértice noroccidental hasta el Sur de Ráfales que dan altitudes por encima de 900 m.

A medida que nos desplazamos hacia el Sur la red de drenaje se va encajando sobre los materiales mesozoicos, principalmente carbonatados, que forman la parte más meridional de la Cadena Costero Catalana, con dirección NE-SO, y de la Cordillera Ibérica, con dirección NO-SE, que se enlazan hacia el Sur de la zona estudiada. Los valles se hallan controlados por la tectónica a la que está sometida la litología, formando crestas carbonatadas verticalizadas y cañones, como en la zona de Aliaga y los Órganos de Montoro. Por ello, en esta zona se encuentran embalses aprovechando las cerradas, como es el caso de los embalses de la Pena, Gallipué, Cueva Foradada y Santolea.

En la región donde se manifiesta la Cadena Costero Catalana (con dirección NO-SE) se alcanzan valores entre los 800 m y los 1393 de la elevación Encanadé. En la zona Suroeste y dentro de la Cordillera Ibérica se encuentra la mayor elevación de la zona, el pico del Peñarroya en la Sierra de Gúdar, de 2019 m de altitud, en donde la red fluvial se encaja dando lugar a modelados estructurales plegados, a causa del fuerte plegamiento que presentan los materiales carbonáticos y a la alternancia con materiales más detríticos.

Sin embargo, hacia el Sureste, se pasa a menores altitudes correspondiendo a los valles de ríos y ramblas de corta longitud que desembocan en el Mediterráneo que discurren desde la parte más meridional de la Cadena Costero Catalana. A medida que los ríos abandonan el sistema montañoso y se adentran en la llanura aluvial los valles van siendo más amplios hasta llegar a altitudes inferiores a 300.

Desde el punto de vista demográfico la zona estudiada se halla escasamente poblada, habiendo ocurrido un despoblamiento paulatino desde principios de siglo y especialmente desde los años cincuenta (Calvo et al., 1992, Biescas, 1991 y datos del Instituto Aragonés de Estadística). Ello ha conducido a una drástica reducción generalizada de la población, con la excepción de las localidades de Alcañiz, Alcorisa, Andorra y Calanda, en las que la población se ha incrementado.

Las localidades de mayor número de habitantes (datos del Instituto Nacional de Estadística referidos a la población de derecho a 1 de enero de 1994) corresponden a Alcañiz (12842 h), Andorra (8574 h), Alcorisa (3254 h), Calanda (3540 h), Morella (2859 h), Villafranca del Cid (2742 h) y Valderrobres (1918 h). En la Fig. 2.3. se representa la localización geográfica de los núcleos urbanos mencionados en posteriores secciones.

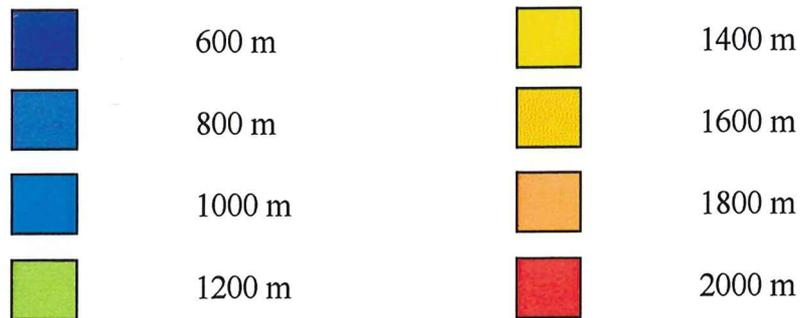
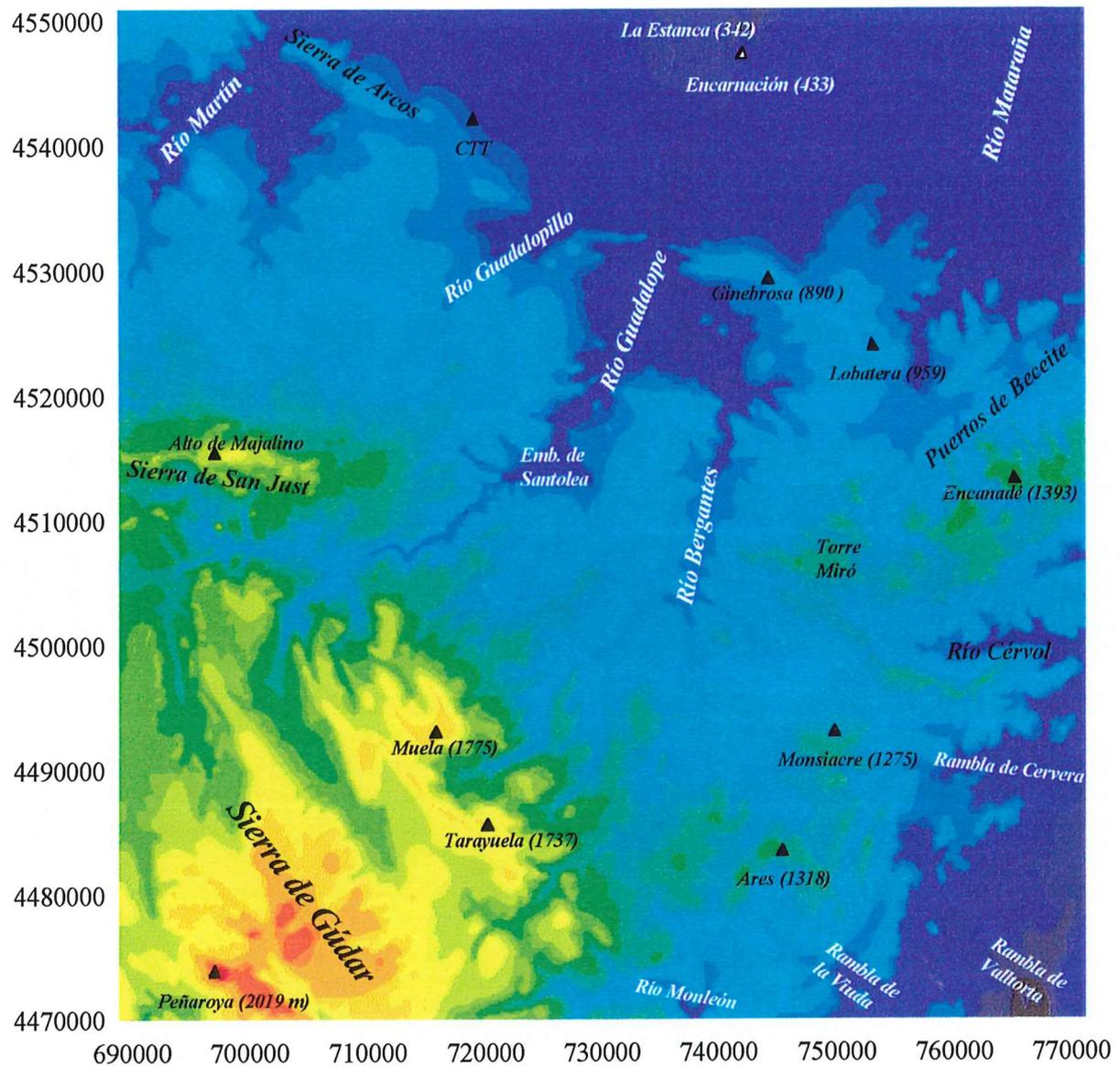


Fig. 2.2. Principales accidentes topográficos del área de estudio. Coordenadas UTM expresadas en m.

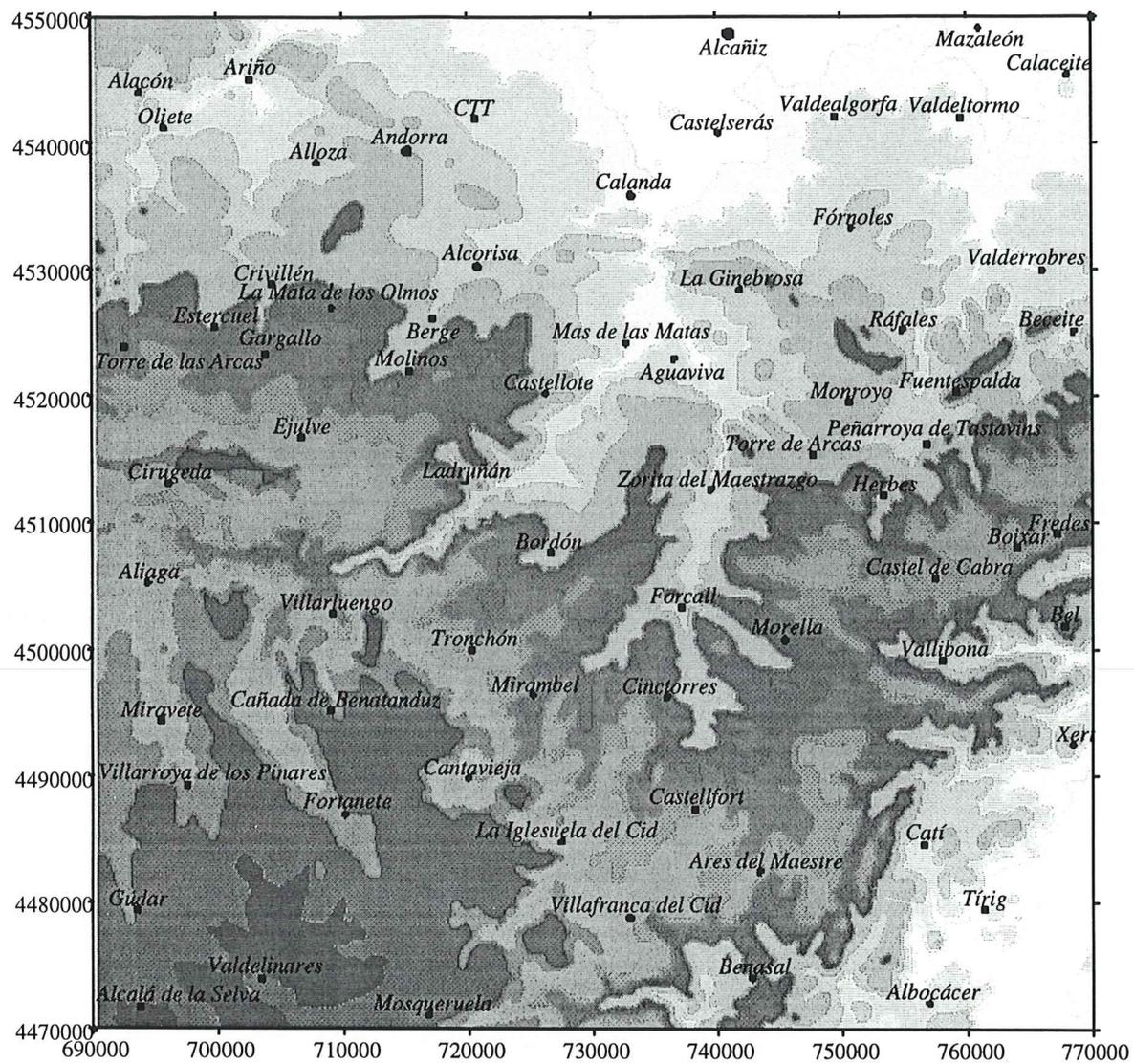


Fig. 2.3. Localización geográfica de los núcleos urbanos mencionados en el estudio. Coordenadas UTM en m.

2.2. LITOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA

El área estudiada incluye principalmente unidades carbonatadas cretácicas y unidades detríticas terciarias. Las primeras se distribuyen fundamentalmente al Sur y las segundas al Norte (Fig. 2.4). La aparición de materiales paleozoicos es muy reducida, limitándose a un triángulo al Este de la zona estudiada. También aparecen materiales triásicos correspondientes a facies germánica, en reducidos afloramientos, dispersos principalmente en la mitad Este del área de estudio. El fondo de los principales valles se halla formado frecuentemente por materiales cuaternarios no consolidados.

Los materiales paleozoicos están formados principalmente por metasedimentos siliciclásticos, dando lugar a la primera unidad litológica. Aparecen al Norte de Torre de las Arcas y llevan asociados una franja de materiales triásicos que se prolonga hacia las proximidades de Gargallo y Esteruel.

Los materiales triásicos, que definen la segunda unidad litológica, se componen de areniscas rojas, calizas, arcillas y yesos. Además del área anteriormente citada se encuentran en pequeñas franjas con dirección NO-SE al Sur de Calanda, al Noroeste de Andorra, al Norte de Ariño, al Sur de Oliete, entre Gúdar y Alcalá de la Selva.

Debido a los objetivos del presente estudio se ha agrupado en la tercera unidad litológica a los materiales jurásicos, cretácicos y aquellos correspondientes al tránsito Cretácico-Terciario, compuestos primordialmente por rocas carbonatadas. Únicamente se ha diferenciado en la cuarta unidad litológica a los materiales de facies Arenas de Utrillas debido a las litologías netamente diferenciadas que aparecen, formadas por arenas, arcillas y lignitos.

Dentro de los materiales correspondientes al Terciario se han diferenciado dos unidades litológicas compuestas por conglomerados y arcillas, la quinta unidad litológica, y por lutitas y evaporitas, fundamentalmente con la presencia de yeso y anhidrita, la sexta.

Por último, los materiales detríticos no consolidados cuaternarios conforman la séptima unidad litológica, compuesta por sedimentos no consolidados de una gran heterogeneidad entre los que cabe resaltar por su peculiaridad geoquímica las areniscas del *Maestrat* que contienen importantes contenidos en óxidos de hierro y que aparecen en la zona Sureste del área de estudio.

En cuanto a la presencia de mineralizaciones metálicas en la zona estudiada, éstas son de escasa magnitud, habiendo sido explotadas sobre todo durante el siglo pasado y la primera mitad del siglo XX. Durante el periodo en el que se dio lugar este tipo de minería, las menas metálicas fueron objeto de pequeñas explotaciones, generalmente subterráneas y de importancia local (Fernández Nieto y López Ciriano, 1991). A pesar de ello, conviene tenerlas en cuenta ya que pueden ocasionar fondos geoquímicos localmente elevados.

Se tiene constancia de minería de menas de hierro a pequeña escala en los términos de Gargallo, La Zoma (al Sur de Gargallo), Ejulve, Linares y Valdelinares. Yacimientos sedimentarios de óxidos e hidróxidos de Mn aparecen en Crivillén, Gargallo, La Mata de los Olmos y Alfambra, al Este del área de estudio.

En la Sierra de Gúdar aparecen yacimientos de cobre compuestos principalmente por filones de calcopirita, como los que se encuentran en Alcalá de la Selva, al Suroeste de la zona estudiada. Además en la Sierra de Gúdar, se concentra un sector con abundantes mineralizaciones de Pb-Zn aunque de pequeñas dimensiones, como las de Valdelinares, Alcalá de la Selva y Linares de Mora (al Sur de Valdelinares y fuera del área de estudio). En La Zoma se manifiestan mineralizaciones de Pb-Zn con predominio de la galena frente a la esfalerita.

En la zona de Beceite, Fuentespalda, Valderrobres y Peñarroya de Tastavins se encuentran yacimientos de bauxitas que se explotan en la actualidad, compuestas por gibbsita como hidróxido de aluminio predominante, aunque son utilizadas preferentemente como materiales refractarios.

La conjunción de las litologías presentes con la topografía, el clima resultante y la vegetación, ha ido generando por meteorización unos suelos con unas características propias. Desde la orogenia alpina, el relieve producido ha estado sujeto a procesos opuestos respecto a la edafogénesis, la meteorización y la erosión. A ello ha contribuido notablemente desde hace 2000 años la acción antrópica, que ha deforestado extensamente las áreas más propensas a sostener actividades ganaderas y agrícolas. Ello ha supuesto un factor limitante en la formación de los suelos y, en algunos casos, ha producido erosión de la cubierta meteorizada.

Los suelos presentes en la zona, según a la taxonomía de suelos SCS-USDA (Marzo, 1967), corresponden a los órdenes de aridisoles, hacia el Norte, entisoles, instalados principalmente sobre las cadenas montañosas carbonatadas e inceptisoles, en la zona de tránsito de las anteriores (Serrano, 1992).

Los entisoles son suelos muy poco evolucionados que solo poseen horizontes A (ócrico) y/o C, llegando incluso a carecer de ellos. Corresponden a suelos muy jóvenes o a aquellos que han sido modificados debido a actividades humanas. En la zona están representados principalmente por los orthents, suelos desarrollados sobre laderas de pendiente acentuada donde se dan procesos erosivos. En la Sierra de Gúdar, donde aparecen las mayores elevaciones de la zona de estudio, aparecen ustorthents por encima de 1500 m de altitud, aproximadamente, mientras que hacia el Este y Nordeste de la Sierra de Gúdar, a menores elevaciones, se dan los xerorthents, donde los períodos de sequedad son más severos que en los ustorthents. En los fondos de los valles donde se han depositado materiales aluviales o coluviales aparecen fluvents caracterizados por los sucesivos aportes de sedimentos que forman capas y laminaciones que no son propiamente horizontes. En las zonas donde los valles de los ríos Matarraña, Guadalope y Martín se abren los fluvents adquieren extensiones cartografiables, como en el caso de la zona del Embalse de Santolea, Aguaviva y entre Oliete y Ariño.

Los aridisoles aparecen en la zona donde el régimen climático presenta una evapotranspiración potencial que supera ampliamente a las precipitaciones durante la mayor parte del año y/o presentan una importante acumulación de sales. Con frecuencia pueden aparecer horizontes petrocálcicos, cálcicos, gípsicos o sálicos. La zona Norte del área de estudio, donde aparecen predominantemente materiales terciarios correspondientes a lutitas, evaporitas y conglomerados, se halla cubierta por aridisoles formados principalmente por calciorthids y suelos asociados, entre los que destaca el gypsiorthid, con acumulaciones de yeso que pueden llegar a constituir

horizontes gípsicos.

Los inceptisoles constituyen suelos poco maduros que conservan cierta semejanza con el material parental. En la zona de estudio aparecen aquellos típicos de zonas secas, los xerochrepts, desarrollados sobre margas y calizas, en la zona de Monroyo, La Ginebrosa y Fórnoles, además de aparecer en la zona de la Cordillera Ibérica al Norte de Miravete y Villarluego, ocupando un amplio sector al Oeste del Embalse de Santolea.

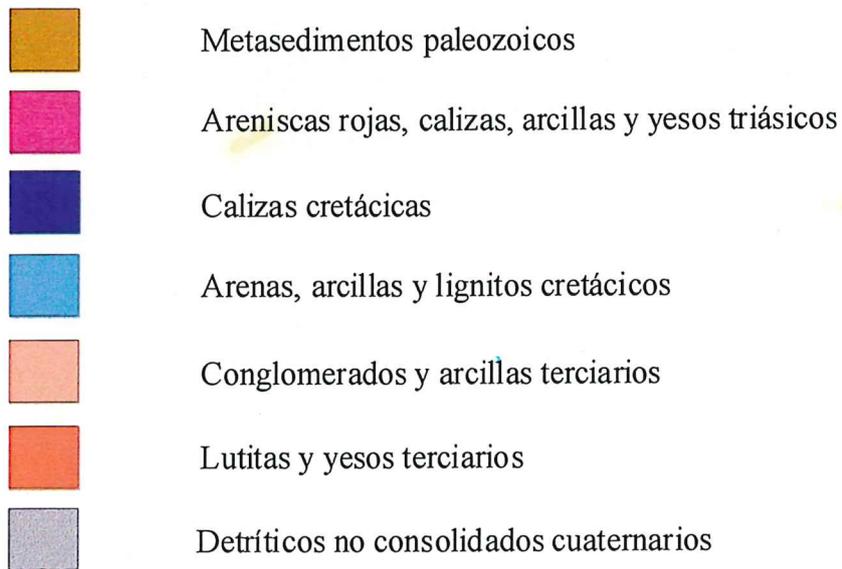
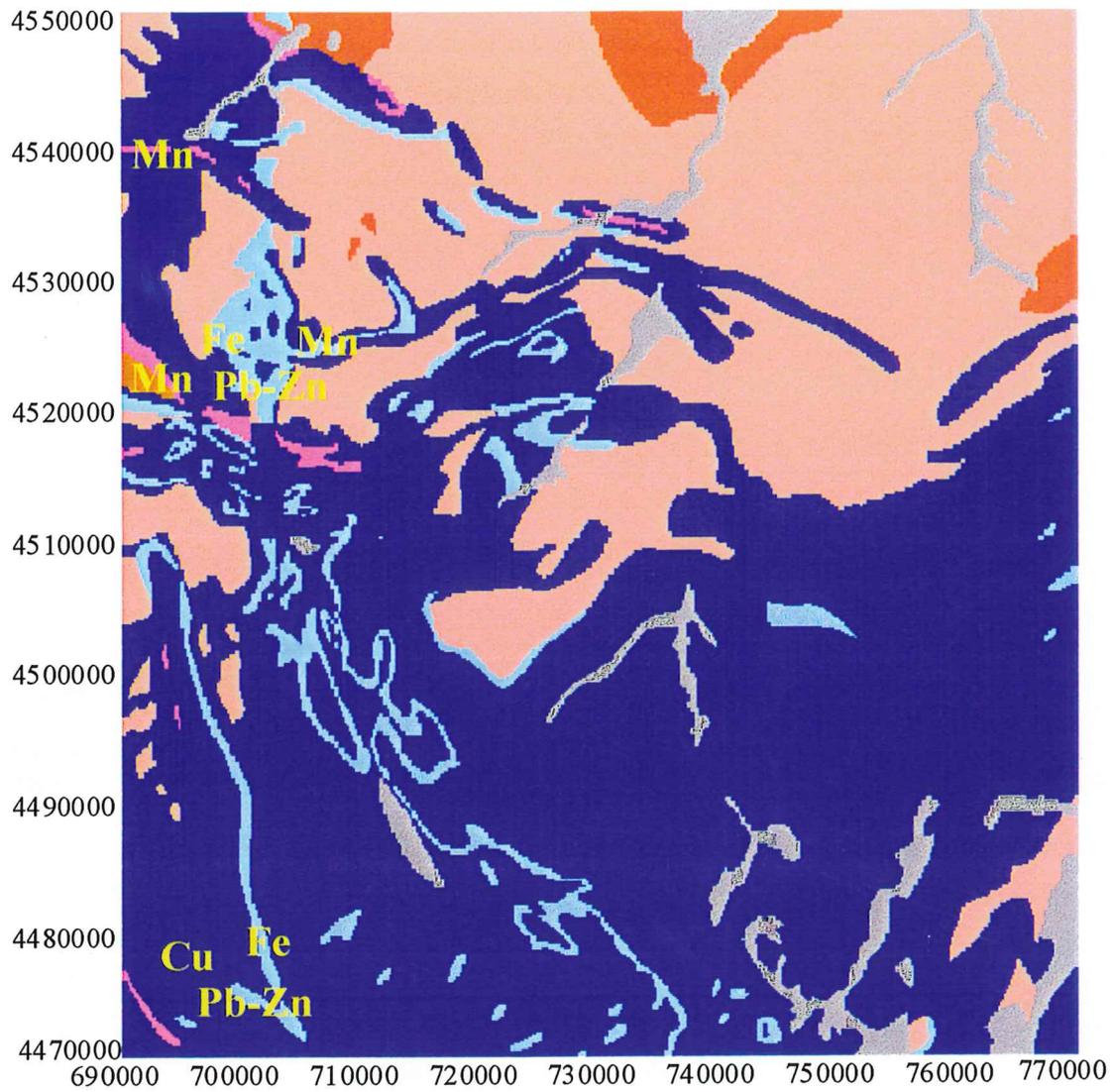


Fig. 2.4. Mapa litológico de la zona. Se indica la localización de las mineralizaciones presentes. Coordenadas UTM en m.

2.3. CLIMATOLOGÍA

A causa de la extensión de la zona estudiada y de la topografía existente la descripción climatológica de la zona se ha de realizar teniendo en cuenta las variaciones geográficas que presenta. El relieve es el principal factor determinante del clima de la zona, condiciona la distribución de las precipitaciones y el comportamiento de los vientos. Debido al interés en sucesivos capítulos, se hará especial hincapié en la distribución de las precipitaciones en el período estudiado (de 1984 a 1993, para las precipitaciones), puesto que será determinante para conocer la magnitud de la lixiviación de los suelos y el desarrollo y estado de la vegetación.

Para el estudio de las precipitaciones se ha contado con los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología, tanto por su sede en Madrid como por la de Zaragoza. La información de la que se ha partido ha sido la precipitación mensual de 48 estaciones repartidas por la zona de estudio, estando mejor representado el sector Norte del área de estudio que el del Sur en cuanto al número de estaciones. Respecto al estudio sobre la distribución del viento, se ha podido contar con datos suministrados por la central térmica, bien directamente, bien a partir de la bibliografía.

La zona estudiada presenta unas precipitaciones que varían entre 400 mm y 800 mm, incrementándose hacia el Sureste perpendicularmente a la Cadena Costero Catalana (Almarza y Balairón, 1992). Aunque no se observan variaciones en la humedad relativa anual, sí se hacen patentes al estudiar la humedad estacionalmente. En Primavera y Verano la humedad media relativa es mayor en las zonas altas que hacia la Depresión del Ebro (variaciones de 55 % a 60 % en Primavera y de 45 % a 60 % en Verano). La evaporación media anual es de 400 mm en la zona Norte y de 500 mm hacia el Sureste.

Si consideramos la temperatura media anual, ésta alcanza valores de 20 °C hacia la Depresión del Ebro y de 7,5 °C en la Sierra de Gúdar, estando entre las más bajas de la Península Ibérica. En la zona Norte del área estudiada el número de días con temperatura mínima menor o igual a 0 °C es de 30, mientras que en la máxima elevación de la zona de estudio es de 120 días. El mes más frío corresponde a Enero, con unas temperaturas medias mensuales que oscilan entre 7,5 °C hacia la Depresión del Ebro y 2,5 °C en la Sierra de Gúdar. El mes más caluroso es Agosto con unas temperaturas medias mensuales que varían desde 25 °C hacia el Norte de la zona hasta menos de 20 °C en la Sierra de Gúdar. Respecto a las temperaturas máximas alcanzadas se tiene una variación entre 42,5 °C al Norte de la zona estudiada y 37 °C en la Sierra de Gúdar, mientras que las temperaturas mínimas alcanzadas oscilan entre -10 °C hacia la Depresión del Ebro y -17,5 °C en la Sierra de Gúdar.

Según Köppen se puede clasificar el clima de la zona estudiada en varios subtipos, teniendo desde la zona de Alcañiz hasta la Sierra de Gúdar y siguiendo el patrón impuesto por el relieve:

- Clima estepario frío (Bsk).
- Clima templado lluvioso con invierno seco y verano caluroso (Cwa).
- Clima templado lluvioso con invierno seco y verano cálido (Cwb).

En el período del 1 de Enero de 1984 al 31 de Diciembre de 1993, la precipitación anual media se distribuye en la zona estudiada conforme se representa en la Fig. 2.5. En ella se puede observar que las precipitaciones anuales más bajas se producen hacia la zona de Alcañiz, alcanzando valores inferiores a 350 mm en algún caso, incrementándose hacia las cadenas montañosas y muy especialmente hacia la Población de Benifassar, al Este de la zona de estudio donde se llegan a valores de 945 mm, que es la precipitación máxima para el periodo estudiado. Sin embargo los valores de precipitación media anual para la Sierra de Gúdar se hallan cercanos a los 500 mm. Existe un máximo local relativo en la zona de Estercuel y Gargallo, donde las precipitaciones medias anuales llegan a los 550 mm.

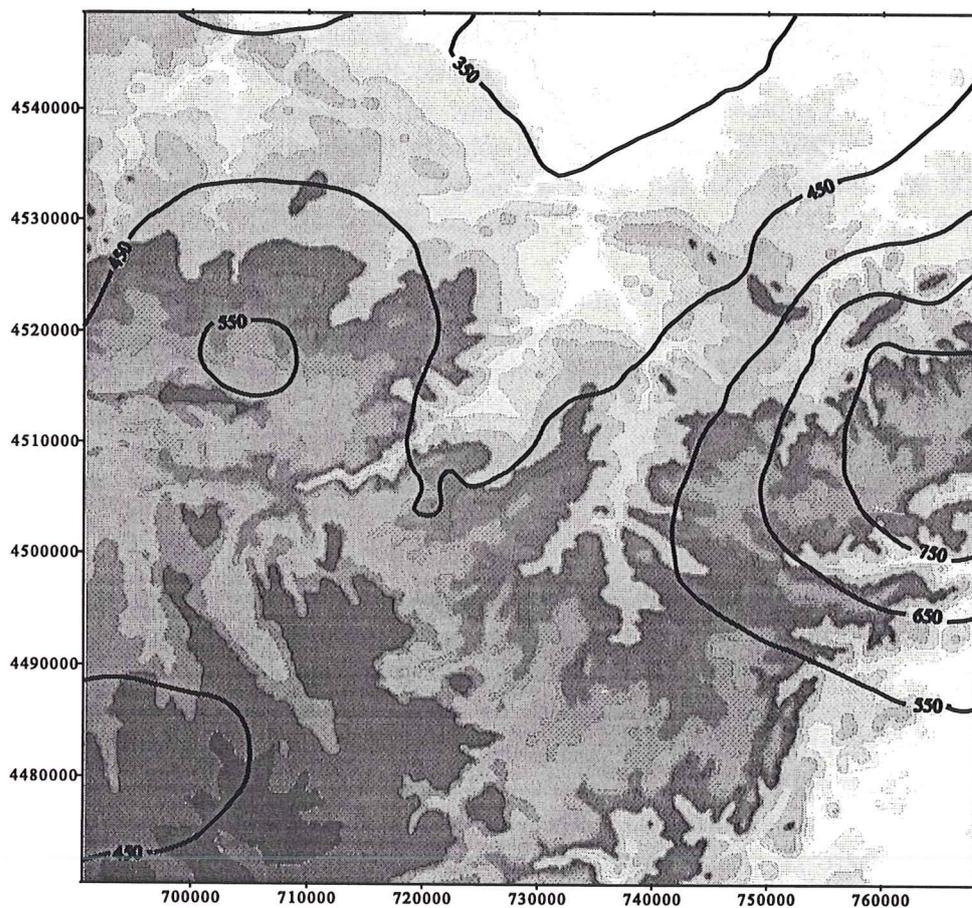


Fig. 2.5. Distribución de las precipitaciones medias mensuales para el período comprendido entre el 1-1-1984 y el 31-12-1993. Valores en milímetros de precipitación por metro cuadrado y año.

Se ha llevado a cabo un estudio temporal de las precipitaciones con los datos de las estaciones incluidas en la zona de estudio. Debido a la falta de datos en algunas estaciones se han seleccionado dos perfiles compuestos por estaciones que dispongan de la máxima continuidad en los datos y que puedan representar la variabilidad espacial de la zona de estudio. Los perfiles seleccionados se componen de las estaciones localizadas en Ariño, Andorra, Alcorisa, Mas de las Matas y Monroyo, para el primer perfil y las situadas en Obón (al SE de Oliete, próximo a la zona de estudio), Gargallo, Santolea y Morella, para el segundo (Fig. 2.6).

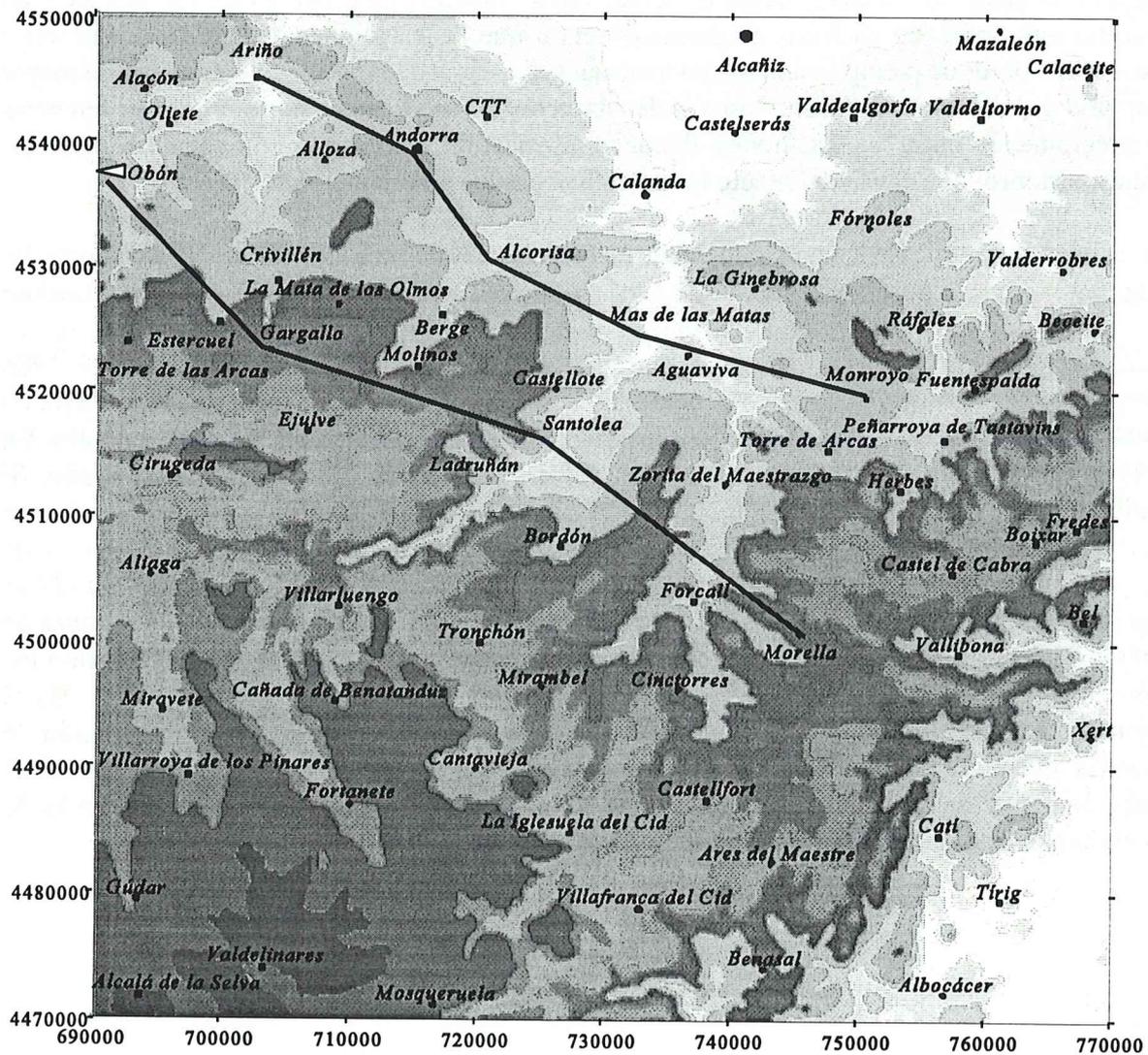


Fig. 2.6. Localización de las estaciones pluviométricas de los dos perfiles estudiados.

Las precipitaciones medias anuales para el período estudiado se han relacionado con la altitud de las estaciones para los dos perfiles considerados obteniéndose una elevada correlación. En la Fig. 2.7. se observan los valores tanto de altitud como de precipitación media anual para el período estudiado. Se observa que las estaciones localizadas en el fondo de los valles presentan valores más bajos de precipitación y que las precipitaciones más elevadas se sitúan hacia la Cadena Costero Catalana. Además se observa que el perfil localizado más hacia el Sur, el de Obón-Morella, muestra mayores precipitaciones también a causa de la mayor altitud de sus estaciones. Las diferencias entre los valores extremos correspondientes a las estaciones de Mas de las Matas (368 mm / año) y Morella (616 mm / año) son considerables siendo prácticamente la mitad la primera respecto de la segunda.

Si estudiamos las variaciones medias mensuales del período considerado (Fig. 2.8.) para los dos perfiles, se observa una distribución bimodal, con un máximo en Mayo y otro en Octubre y un mínimo muy marcado en Julio. Se puede observar que las estaciones de Monroyo y Morella presentan valores de precipitación media mensual por encima de la media, exhibiendo una mayor amplitud de los periodos más lluviosos. Además en el gráfico se detectan importantes diferencias de precipitación entre las estaciones, dándose las mayores diferencias entre la de Mas de las Matas y Monroyo, a causa del efecto orográfico sobre las precipitaciones.

Al realizar un estudio de las precipitaciones medias anuales de todas las estaciones consideradas (Fig. 2.9.) se puede observar cómo desde 1984 evolucionan las precipitaciones medias, dándose un ligero descenso en 1985 a partir del cual se van produciendo incrementos en las precipitaciones medias hasta 1988, en el que se registra el máximo de precipitaciones. De 1988 hasta 1990 se registra un descenso general de las precipitaciones, tendencia que se invierte en 1991 y 1992, años en los que aumentan los valores de las precipitaciones medias anuales. En 1993 las precipitaciones se sitúan entre los valores más bajos del período considerado. Si analizamos la evolución temporal de las precipitaciones para las estaciones estudiadas se observa una tendencia general paralela a la media de todas las estaciones. Destaca el comportamiento de las precipitaciones en Monroyo que presentan unos valores más elevados aunque en 1987 se registra el menor valor de precipitación media anual del perfil. Además las precipitaciones en 1984 y 1986 son en Monroyo superiores al resto de estaciones. Para la estación de Ariño los valores de precipitación media anual son especialmente bajos los años 1989 y 1990. En el segundo perfil estudiado la precipitación es especialmente alta para 1989 en la estación de Morella, que es la máxima registrada para todos los años en ambos perfiles y en Santolea las precipitaciones de 1991 son las más bajas no mostrando el incremento generalizado de precipitaciones para este año en el resto de estaciones.

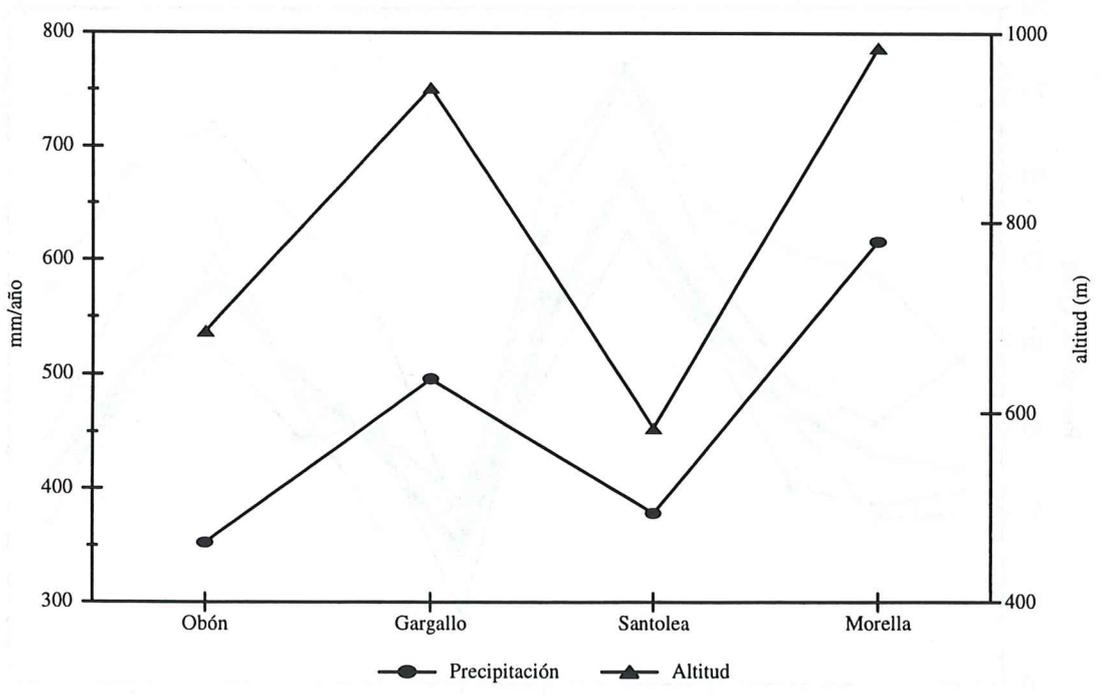
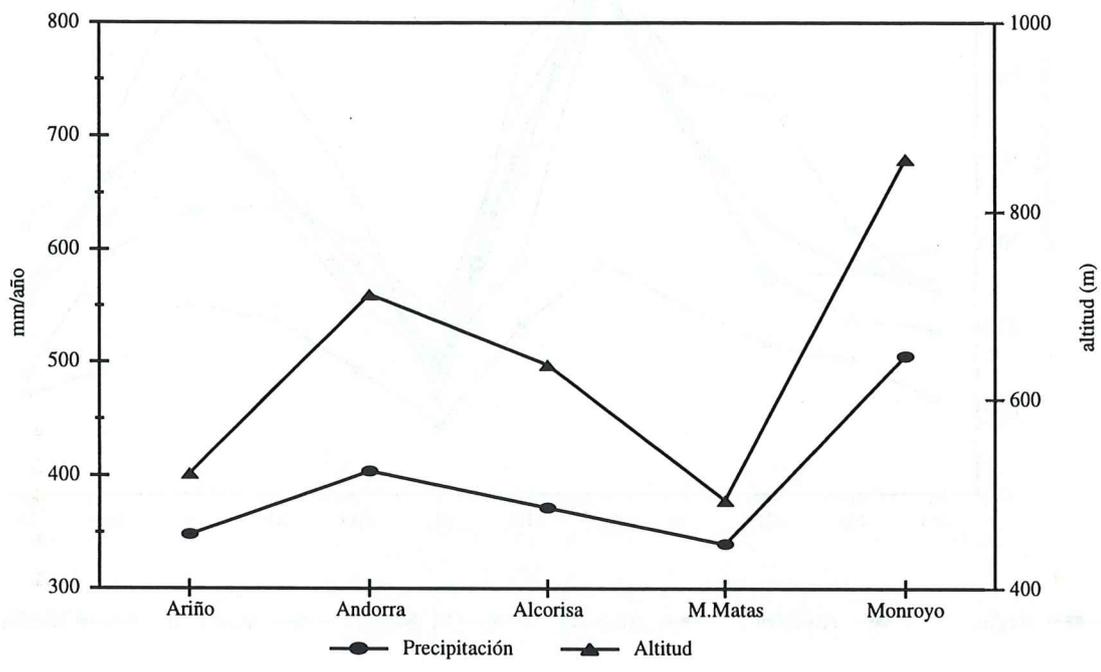
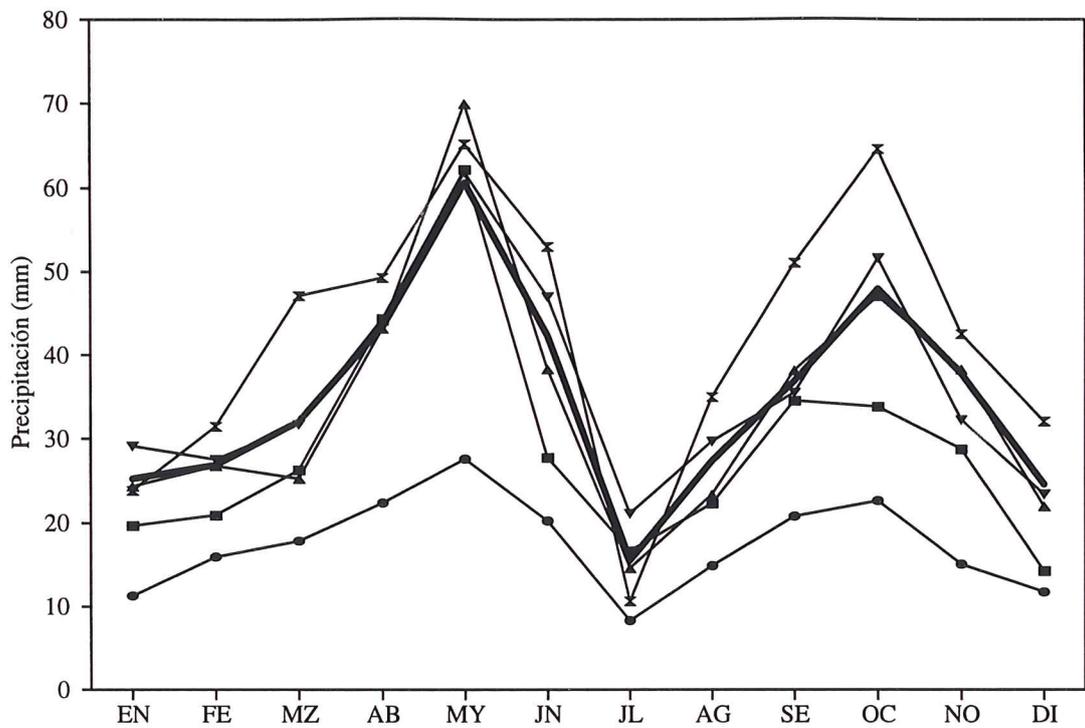
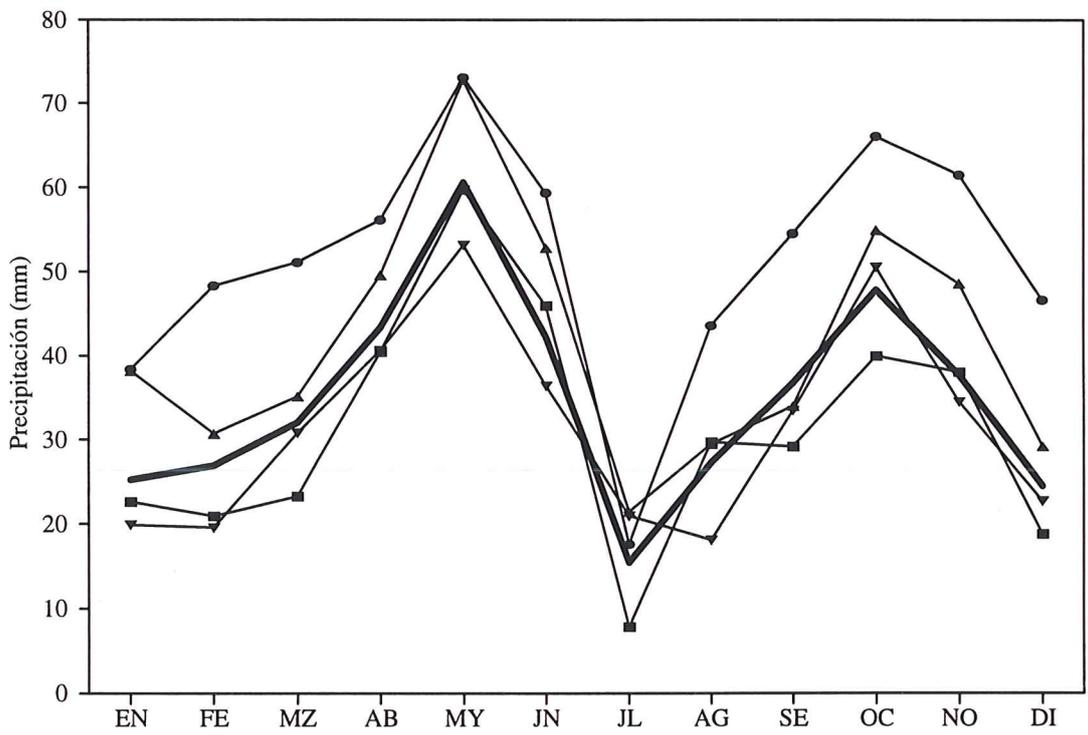


Fig. 2.7. Distribución de las precipitaciones medias anuales y altitudes de las estaciones de los perfiles estudiados.



Ariño
 Andorra
 Alcorisa
 M. Matas
 Monroyo
 Media



Obón
 Gargallo
 Santolea
 Morella
 Media

Fig. 2.8. Precipitaciones medias mensuales de las estaciones de los dos perfiles estudiados.

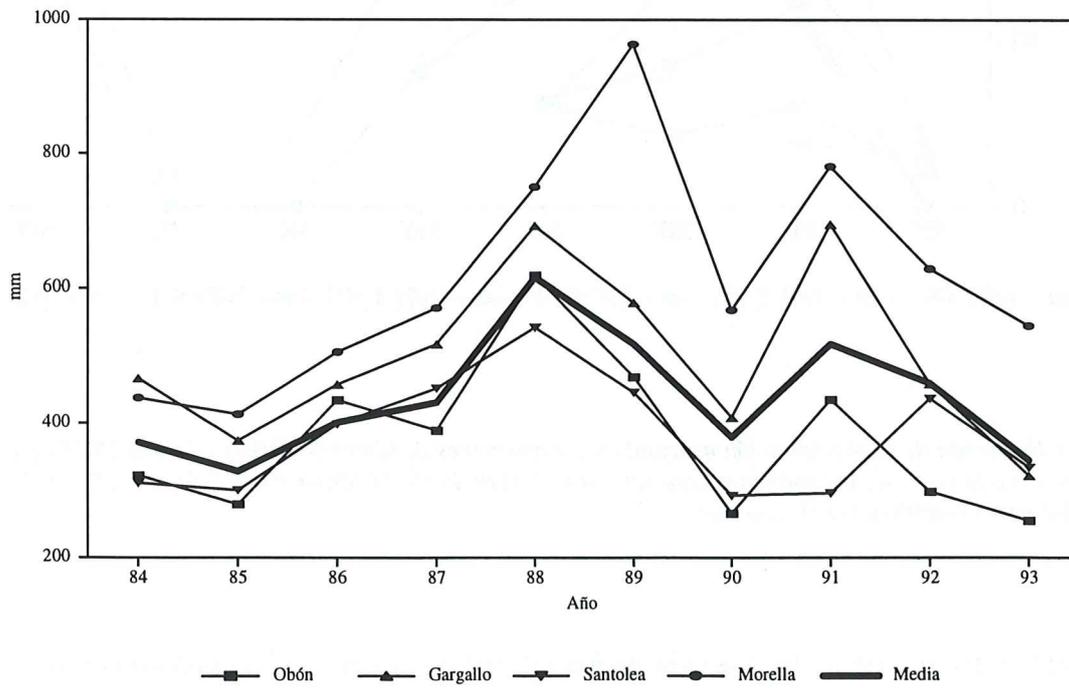
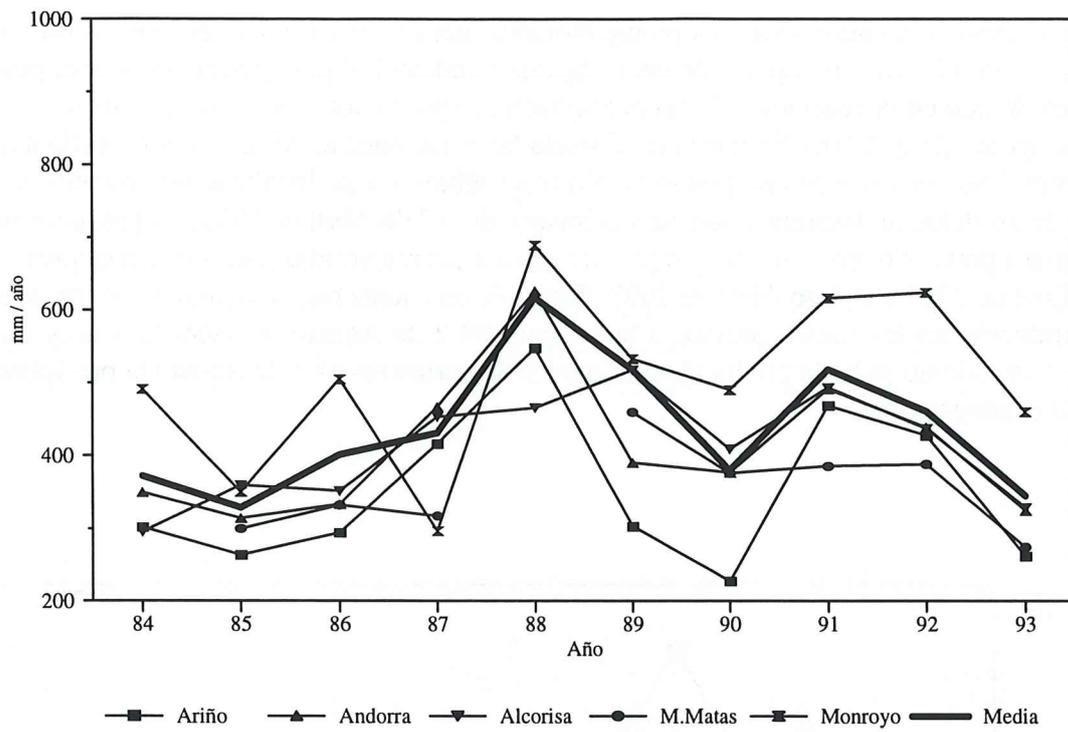


Fig. 2.9. Precipitaciones medias anuales de las estaciones de los dos perfiles estudiados.

Se ha realizado un estudio sobre las precipitaciones mensuales para los años en los que se ha realizado el estudio multitemporal de las imágenes Landsat-TM para poder conocer el posible efecto fenológico en la vegetación de las precipitaciones producidas los meses previos a la fecha de las imágenes (Fig. 2.10.). Se han seleccionado las estaciones de Monroyo y Morella debido a la continuidad en los datos de precipitación disponibles y a su localización geográfica. Del análisis de los datos se desprende que para la imagen del 17 de Abril de 1985, las precipitaciones en los meses previos fueron escasas y muy inferiores a las registradas para los meses previos al 14 de Mayo de 1989 y al 7 de Abril de 1993. Teniendo en cuenta que se tienen datos mensuales, la precipitación en los meses previos a la imagen del 2 de Agosto de 1989 será muy escasa siempre y cuando no se halla producido durante los dos primeros días de Agosto la precipitación registrada para este mes.

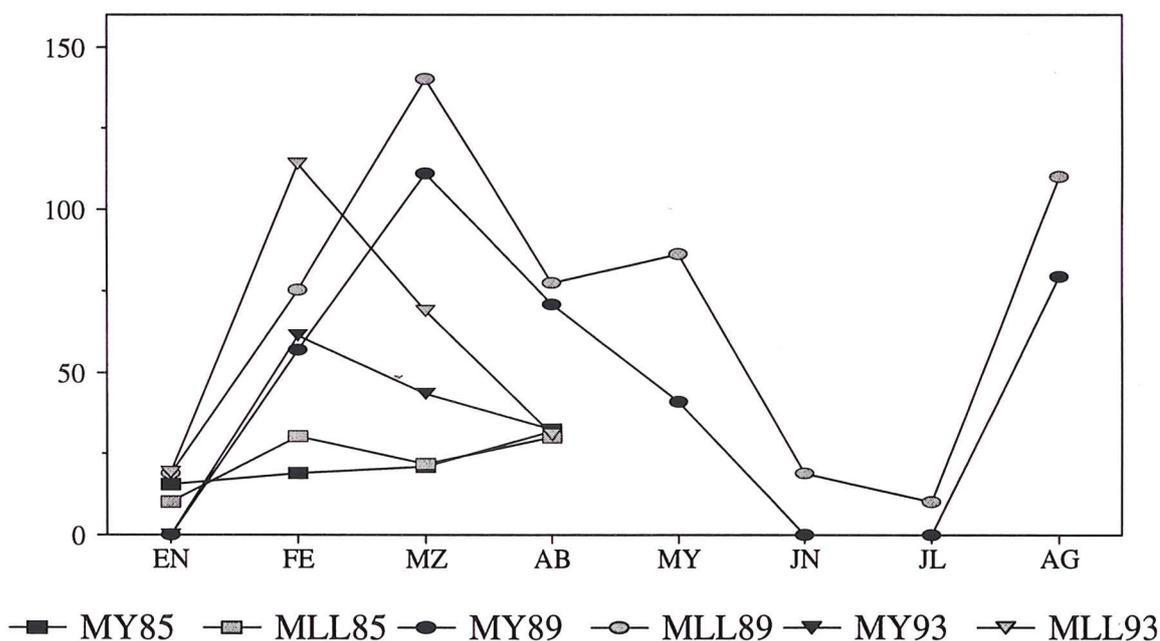


Fig. 2.10. Evolución de la precipitación mensual en las estaciones de Monroyo (MY) y Morella (MLL) para los meses previos a la fecha de las imágenes Landsat-TM (17-Abril-1985, 14-Mayo-1989, 2-Agosto-1989 y 7-Abril-1993) del estudio multitemporal realizado.

En cuanto al estudio de la distribución de los vientos de la zona se ha contado con los datos proporcionados por la estación meteorológica de la CTT que han sido obtenidos del informe de Querol *et al.* (1996b) y consisten en velocidad y dirección a 60 m en intervalos semihorarios para el período de Julio de 1995 a Junio de 1996. Los datos de dirección del viento consisten en el número de observaciones por cada segmento de 10 ° de dirección y se ha transformado a porcentaje de observaciones respecto al total para la obtención de la rosa de los vientos (Fig.

2.11). Se observa una dirección predominante en torno a los 290° que deberá ser tomada en cuenta en la interpretación de los resultados de posteriores capítulos.

A su vez, en el informe previamente citado se constata que la velocidad media anual del viento a 60 m sobre el terreno es de 5,7 m/s, ocurriendo que las velocidades más elevadas se producen con mayor frecuencia para la dirección predominante de los vientos.

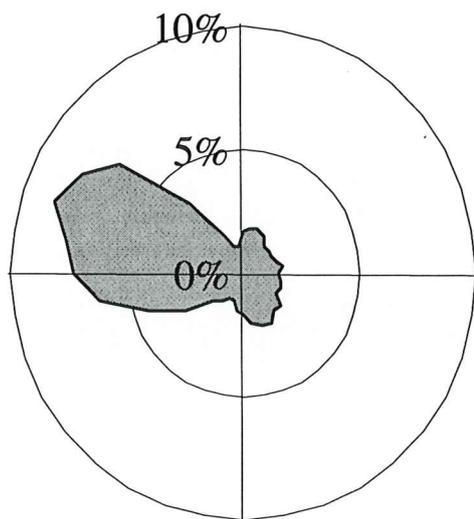


Fig. 2.11. Rosa de los vientos obtenida en la CTT a 60 m sobre el terreno. Valores en porcentajes de observaciones semihorarias para el período de Julio de 1995 a Junio de 1996. (Según Querol et al. (1996b)).

2.4 VEGETACIÓN

Debido a la extensión y a las diferencias de altitud, nos encontramos que la vegetación en la zona de estudio está ligada fundamentalmente a las actividades antrópicas, causantes de unos usos del suelo específicos y a la topografía. La intervención humana ha condicionado tanto las zonas cultivadas como los bosques maderables, modificando la estructura natural del paisaje. De este modo, el paisaje existente en la zona de estudio se encuentra muchas veces fragmentado en un mosaico de unidades que obedecen a diferentes usos del suelo (Fig. 2.12). Además las diferencias de altitud, que van de 300 m a 2000 m, marcan dominios biogeográficos muy marcados.

Se pueden diferenciar en la zona Norte, en el Bajo Aragón y dentro de la Depresión del Ebro, áreas de cultivos de secano donde se explotan cultivos herbáceos principalmente formados por cebada y trigo que configuran una extensa zona limitada por las elevaciones montañosas hacia el Sur. Dentro de esta región y en las zonas improductivas se dan pequeñas áreas de matorral con unas características especiales al encontrarse especies que constituyen en cierta medida la vegetación clímax, que se compone de especies adaptadas a la presencia de sales y a una gran aridez (*Salsola vermiculata* y *Suaeda fruticosa*). Esta extensa área se encuentra interrumpida ocasionalmente por zonas con cultivos de regadío, principalmente en las vegas y primeras terrazas de los ríos que la surcan (Martín, Guadalopillo, Guadalope y Matarraña). En estas zonas se pueden encontrar cebada y trigo de regadío así como maíz, sorgo, alfalfa, además de frutales como el melocotonero, sobre todo en la zona de Calanda, el manzano, peral, olivo, almendro y plantaciones de choperas (*Populus sp.*). En las montañas aparecen masas boscosas principalmente de pinos, aunque en ocasiones se encuentran restos de la vegetación natural formada por encinas (*Quercus ilex*) y en las etapas aclaradas, aulaga común (*Genista scorpius*), tomillo (*Thymus sp.*), tojo (*Ulex parviflorus*), jara (*Cistus laurifolius* y *C. ladaniferus*), cojín de monja (*Eriancea anthyllis*) lentisco (*Pistacea lentiscus*), espliego (*Lavandula latifolia*), carrasca y coscoja (*Quercus rotundifolia* y *Q. coccifera*), oxicedro (*Juniperus oxycedrus*) y romero (*Rosmarinus officinalis*).

Sobre las dos cadenas montañosas aparecen masas boscosas de coníferas, principalmente, y de frondosas (*Quercus ilex*) que a causa de los incendios o de la actividad humana pueden pasar a matorral o pastizal, sobre todo en el fondo de los valles y allí donde las condiciones topográficas y climáticas lo permiten, existen pequeñas superficies cultivadas.

El matorral se encuentra poblado por las especies arbustivas de la vegetación clímax que dependerá fundamentalmente de la altitud. Las especies que lo componen son las mencionadas anteriormente como etapas aclaradas de la vegetación natural. Forman romerales, aulagares y espliegares. En muchas ocasiones aparecen pinos, sabinas, enebros, oxicedros, carrascas, coscojos, quejigos y encinas constituyendo un pequeño porcentaje de la vegetación o una gradación continua hacia las masas arboladas.

El pastizal, donde predominan las herbáceas se halla fuertemente sometido al clima en una zona donde, en función de la altitud, se dan períodos de aridez de dos a seis meses y períodos de heladas de cuatro a seis meses (M.A.P.A., 1985). Está compuesto por gramíneas (*Phalaris sp*, *Poa sp*, *Lolium sp*, *Pheum sp*, etc) leguminosas (*Trifolium sp*, *Hedisarum sp*, *Medicago sp*, *Festuca ovina*, *Brachypodium ramosum*, *Bromus sp*, etc) y otras especies perennes o de ciclo anual.

La superficie arbolada de la zona, según el Mapa de cultivos y aprovechamientos a escala 1:200000, está compuesta fundamentalmente por coníferas que en la zona de estudio está representada por las siguientes especies:

Pino carrasco (*Pinus halepensis*), especie heliófila, termófila, xerófila, calcícola, adaptado a la falta de permeabilidad en el suelo y algo sensible al frío, lo que lo localiza a altitudes por debajo de los 800 m.

Pino negral (*Pinus laricio*), especie xerófila, calcícola y resistente al frío, que aparece y predomina entre los 800 y los 1600 m.

Pino rodeno (*Pinus pinaster*), especie adaptada a la continentalidad del clima, silicícola, situado por debajo de los 1600 m, que sustituye en esta ecología al Pino negral.

Pino albar (*Pinus sylvestris*), es la especie menos xerófila existente en la zona de estudio y coloniza las zonas comprendidas por encima de 1000 m hasta los 2000 m alcanzados en la Sierra de Gúdar.

Además aparece una pequeña zona poblada por pino piñonero (*Pinus pinea*) asociado a encina al Sur de Herbes.

La frondosa más importante en cuanto a extensión es la encina (*Quercus ilex*) que forma bosques densos sobre todo en el cuadrante Sureste de la zona estudiada. Concretamente aparecen masas de encinas en los municipios de Ares del Maestre, Benasal, Morella, Catí, Castelseras, Belmonte de Mezquín, al Sur de la Sierra de Arcos, Castellote, Forcall, Todolella, montes de Vallivana, Monroyo, Peñarroya de Tastavins, Herbes, Zorita, Aliaga, Miravete, Pitarque, Villarluengo, Ejulve, Palomar, Oliete y Obón.

Como pequeñas áreas o mezcladas con pinos y/o encinas aparecen las siguientes especies minoritarias:

Quejigo (*Quercus lusitánica*), aparece en los municipios de Morella, Castellote, Forcall, Alcalá de la Selva, Pitarque, Aliaga, Castel de Cabra, Ejulve, Palomar, Villarluengo y La Zoma.

Sabina albar (*Juniperus thurifera*) asociados a la encina, aparece en Morella, Villarluengo, Cañada de Benatanduz y Alcalá de la Selva.

Oxicedro (*Juniperus oxycedrus*), se encuentra en Villarluengo y Mosqueruela.

Boj (*Buxus sempervirens*), ocupa los claros de los pinares de pino negral. Aparece en Cantavieja y Fredes.

Palmito (*Chamaeops humilis*), se encuentra en Salsadella.

Además como ya se ha visto, estas especies minoritarias se encuentran dispersas como componentes del matorral, del bosque, del pastizal e incluso se conservan en las zonas cultivadas.

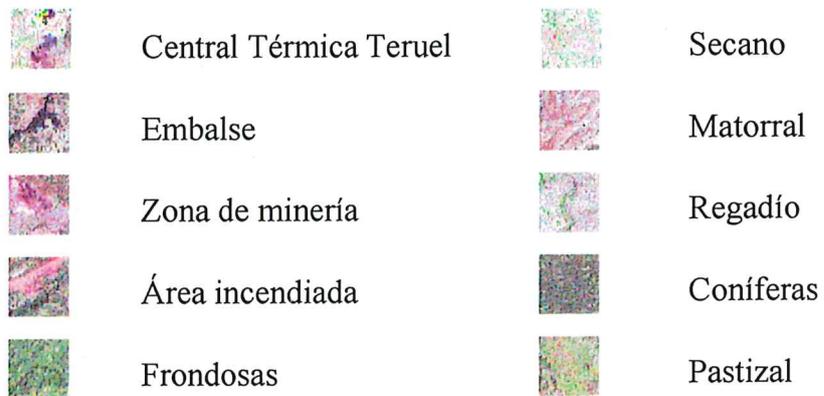
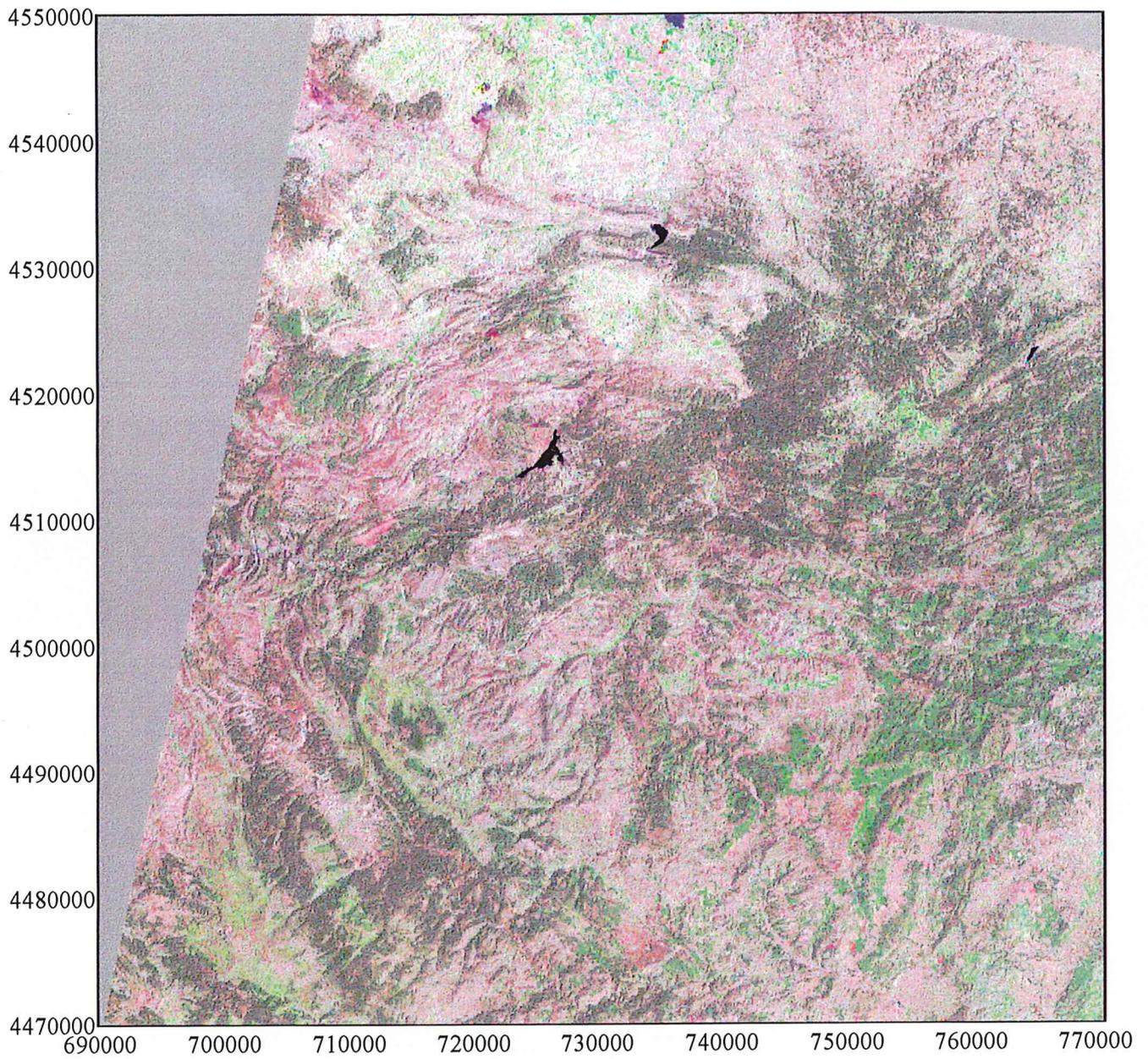


Fig.2.12. Imagen obtenida de una combinación de los canales 7, 4 y 3 (correspondientes al rojo, verde y azul) del Landsat-TM, con fecha 17 de Abril de 1985 y órbita, fila y cuarto 199-32-1. Se representan los diferentes usos del suelo reconocibles mediante criterios de color y texturales.

Durante la campaña de campo se realizaron para cada estación de muestreo observaciones sobre el estado de la vegetación, especialmente para las especies arbóreas (Fig. 2.13.). Se han registrado en la dirección predominantes de los vientos de la CTT una agrupación de observaciones en la vegetación en las que se observa necrosis y/o diversas plagas (procesionaria del pino y muérdago). La necrosis afecta a las acículas de la copa de los pinos y, en dos casos, a la mayor parte del árbol. Aunque las observaciones de la vegetación están limitadas al área próxima al punto de muestreo, se advierte un agrupamiento de los puntos donde se ha detectado necrosis que abarca la zona localizada en la dirección predominante de los vientos. La zona de Calanda, Foz-Calanda, Torrevelilla y la de la Ginebrosa no presentan observaciones sobre la vegetación, a causa de los incendios que se han producido principalmente en el verano de 1986.

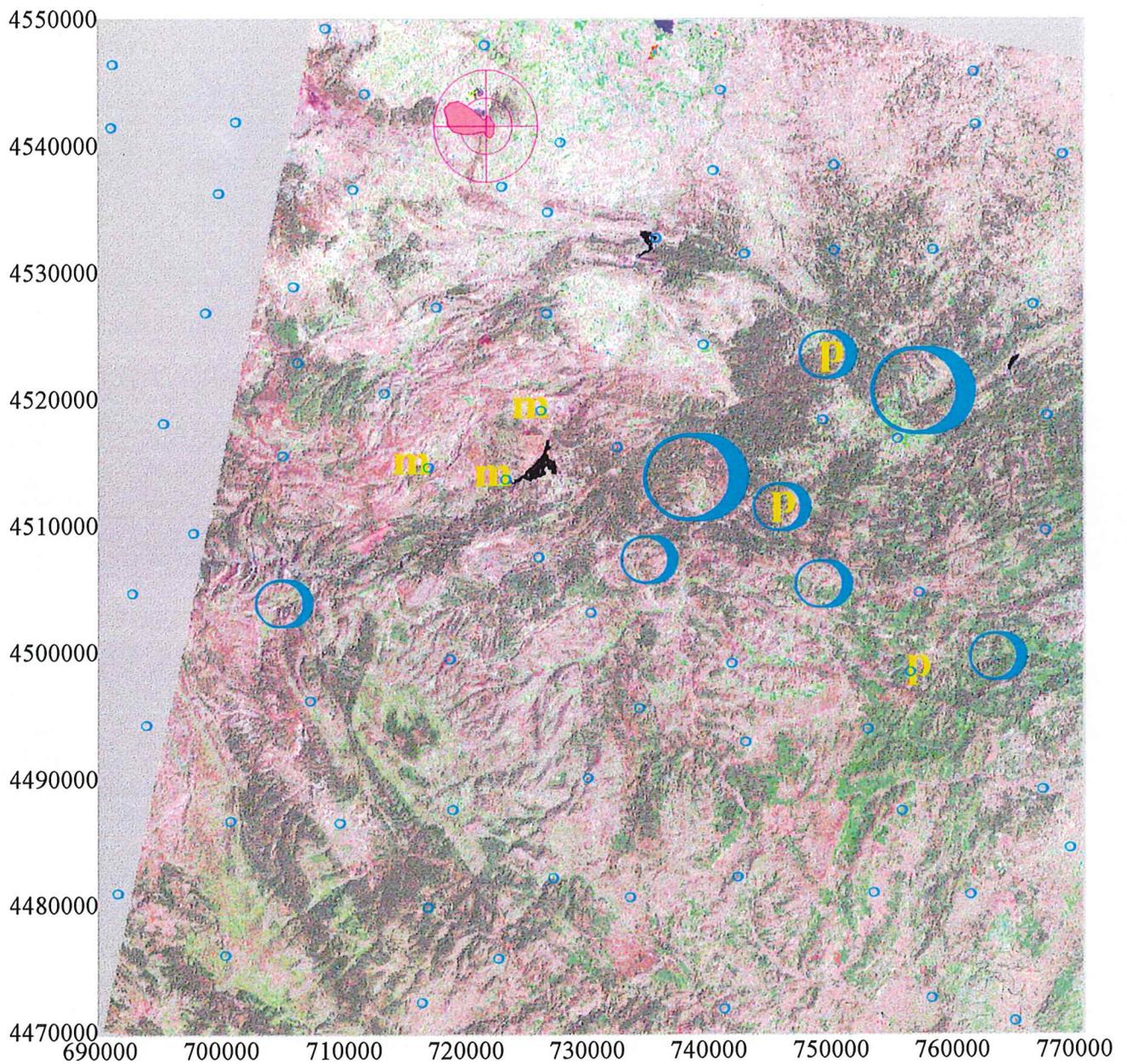


Fig.2.13. Estado de la vegetación y rosa de los vientos. Se representa en círculos resaltados de tres tamaños el estado de la vegetación: pequeños, vegetación sin daños observados, intermedios, necrosis en la copa de los árboles, y grandes, necrosis generalizada en los árboles. Se representan los puntos donde aparecen plagas de muérdago (m) y de procesionaria del pino (p). El fondo corresponde a una imagen obtenida de una combinación de los canales 7, 4 y 3 (correspondientes al rojo, verde y azul) del Landsat-TM, con fecha 17 de Abril de 1985 y órbita, fila y cuarto 199-32-1.

