



MEJORA DEL CONOCIMIENTO HIDROLÓGICO DE
LA UNIDAD HIDROGEOLÓGICA 08.07 EL
MAESTRAZGO – ESTUDIO HIDROCLIMÁTICO

Noviembre 2005



INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. INFORMACIÓN DE PARTIDA.....	1
3. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN	2
3.1. ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS	2
3.2. MÓDULOS PLUVIOMÉTRICOS ANUALES Y AÑOS TIPO	4
4. ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA.....	13
5. EVAPOTRANSPIRACIÓN	14
5.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL	14
5.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL Y LLUVIA ÚTIL	17
5.2.1. Método del balance mensual de agua en el suelo	18
5.2.2. Método de Turc y Coutagne	19
5.2.3. Contraste de los métodos y establecimiento de los coeficientes de escorrentía	19

CUADROS

Cuadro 1. Estaciones pluviométricas seleccionadas	2
Cuadro 2. Módulos pluviométricos anuales	4
Cuadro 3. Precipitación anual (en mm) para los años tipo	9
Cuadro 4. Estaciones termométricas.....	13
Cuadro 5. Temperatura media anual	13
Cuadro 6. Evapotranspiración potencial media anual.....	17
Cuadro 7. Correspondencia de estaciones	18
Cuadro 8. Coeficientes de escorrentía.....	19

FIGURAS

Figura 1. Estaciones meteorológicas

Figura 2. Relación precipitación/altitud

Figura 3 Precipitaciones mensuales medias

Figura 4 Evolución interanual de la precipitación

Figura 5. Isoyetas año medio

Figura 6. Isoyetas año seco

Figura 7. Isoyetas año húmedo

Figura 8 Temperaturas medias mensuales

Figura 9 ETP medias mensuales

Figura 10 Balance hídrico mensual. Hipótesis de reserva de agua en el suelo

Figura 11 Balance hídrico mensual. Años tipo

Figura 12 Balance hídrico mensual. Estaciones meteorológicas

Figura 13. Isolíneas de lluvia útil para año medio

Figura 14. Isolíneas de lluvia útil para año húmedo

ANEXOS

1. Series tratadas de precipitaciones mensuales y definición de años tipo
2. Series tratadas de temperaturas medias mensuales
3. Series de ETP mensuales medias según Thornthwaite
4. Balance hídrico mensual de agua en el suelo para los años tipo
5. ETR y lluvia útil anual según los métodos de Turc y Coutagne
6. Cuadros resumen de los valores de ETR, lluvia útil y coeficientes de escorrentía obtenidos mediante la aplicación de los diferentes métodos

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del estudio hidroclimático es la identificación, caracterización y cuantificación de los volúmenes hídricos relacionados con las variables climáticas en la zona de estudio. El planteamiento del estudio es eminentemente práctico, de forma que los resultados obtenidos son aplicables al modelo de funcionamiento hidrogeológico de la zona y, por tanto, al correspondiente balance hídrico.

Para alcanzar los objetivos propuestos se han realizado, de una forma consecutiva, las siguientes actividades:

- Selección de las estaciones pluviométricas y termométricas a utilizar.
- Restitución y completado de las series de datos pluviométricos y termométricos de las estaciones seleccionadas para el periodo 1965-2004.
- Análisis de los datos pluviométricos, considerando años tipo.
- Análisis de los datos termométricos.
- Cálculo de la evapotranspiración potencial utilizando el método de Thornthwaite.
- Cálculo de la evapotranspiración real y lluvia útil mediante el método del balance de agua en el suelo y los métodos de Turc y Coutagne.
- Contraste de los resultados obtenidos por los diferentes métodos y establecimiento de los valores de la lluvia útil.

2. INFORMACIÓN DE PARTIDA

La información de partida que se ha empleado para la realización del presente estudio hidroclimático procede del Instituto Nacional de Meteorología, y consiste en series de datos de precipitación total mensual y temperatura media mensual de una selección de estaciones meteorológicas.

En la zona de estudio existen numerosas estaciones meteorológicas, aunque su distribución espacial no es homogénea. En aquellos lugares en los que hay mayor concentración de estaciones, como ocurre en las zonas sur, sureste y noreste, se han elegido aquellas que presentan las series más completas; mientras que en otros lugares, como en la zona central y oeste donde existen muy pocas estaciones y con series muy incompletas, se han utilizado todas las disponibles, de manera que haya cierta representatividad. El número total de estaciones seleccionadas es de 21 estaciones pluviométricas y 12 termométricas. En la figura 1 se representan estas estaciones. El período de tiempo considerado es de enero de 1965 a diciembre de 2004 (39 años) para el análisis de la pluviometría, y de enero de 1970 a diciembre de 2004 (35 años) para el de temperatura, de manera

que las series son suficientemente representativas para la obtención de los valores medios de las variables meteorológicas.

3. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN

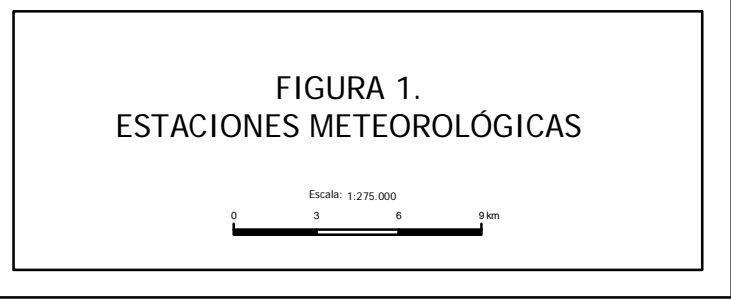
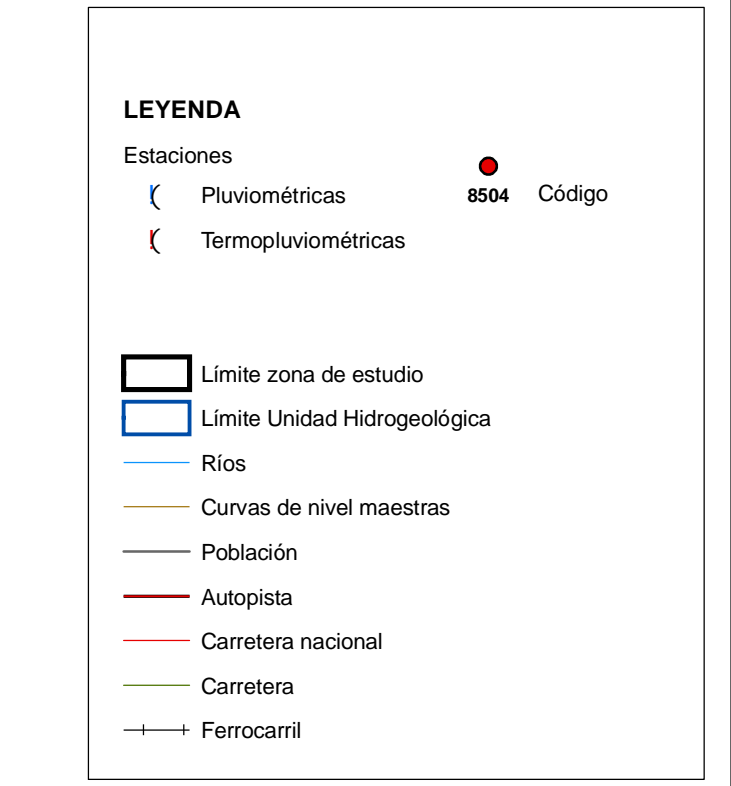
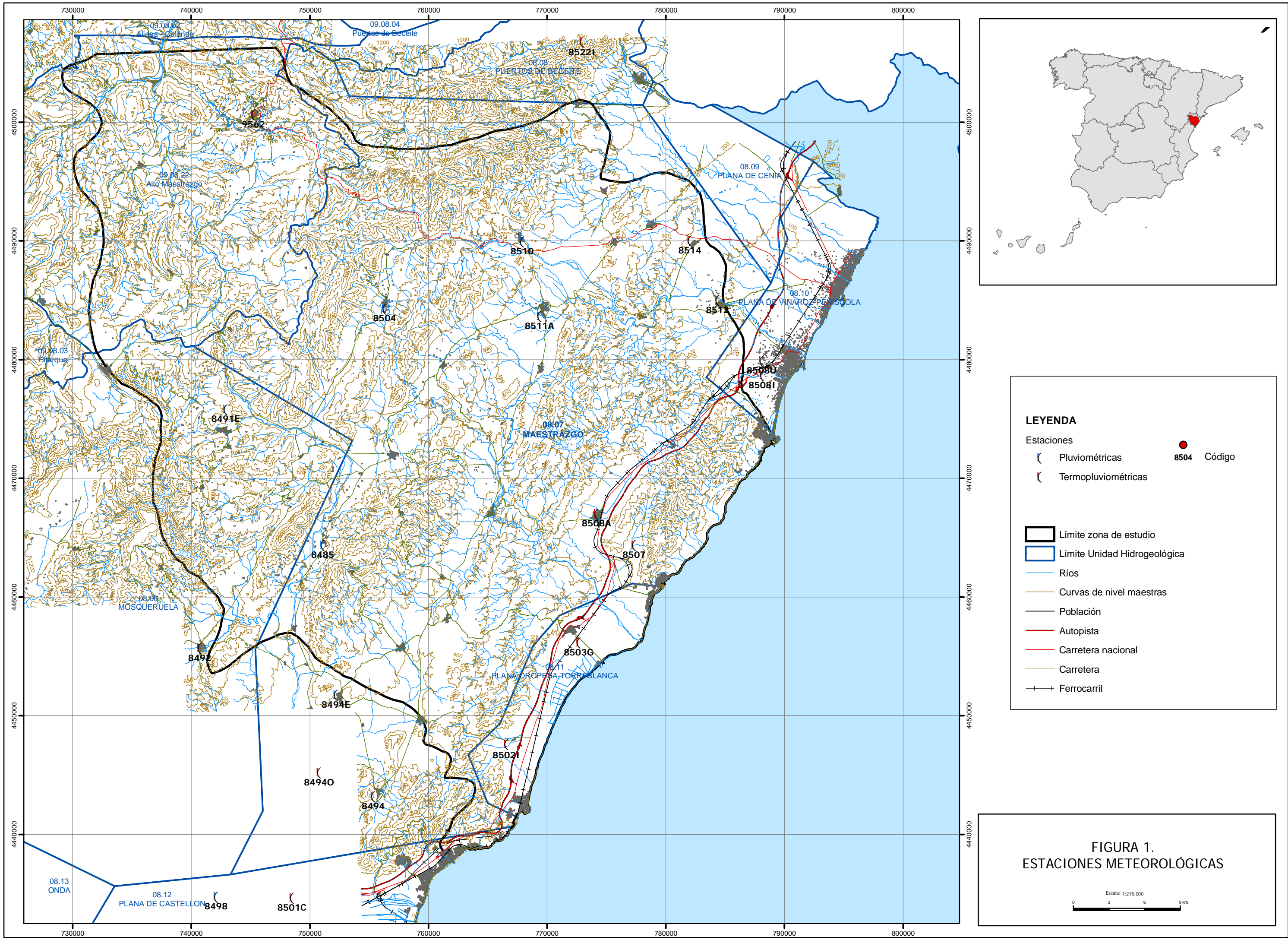
3.1. ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS

Para la realización del presente estudio se han utilizado las series mensuales de precipitación de las 21 estaciones pluviométricas representadas en la figura 1. En el cuadro 1 se enumeran las estaciones utilizadas, con sus principales datos de localización.

Cuadro 1. Estaciones pluviométricas seleccionadas

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO(*)	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m.)
8485	SIERRA ENGARCERAN- LOS ROSILDOS	P	40-17-30	00-02-47W	480
8492	ADZANETA	PT	40-13-00	00-10-17W	400
8494	PUEBLA TORNESA	P	40-06-00	00-00-17W	298
8498	PANTANO MARIA CRISTINA	P	40-01-40	00-09-47W	130
8504	CATI	P	40-28-10	00-01-23E	661
8507	ALCALA DE CHIVERT AVASA	PT	40-17-00	00-15-43E	200
8510	CHERT	P	40-31-00	00-09-43E	515
8512	CALIG	P	40-28-00	00-21-13E	122
8514	SAN JORGE	PT	40-30-45	00-19-43E	175
8491E	BENASAL C H JUCAR	P	40-23-50	00-08-17W	830
8494E	VALL D ALBA	P	40-10-40	00-02-17W	305
8494O	VILLAFAMES H S	PT	40-07-10	00-03-27W	295
8501C	BORRIOL "GRANJA"	PT	40-01-30	00-05-17W	206
8502I	CABANES RIBERA	PT	40-08-10	00-07-43E	30
8503G	TORREBLANCA "C.AGR.LOCAL"	PT	40-12-40	00-12-13E	25
8508 ^a	ALCALA DE CHIVERT COOPERATIVA	PT	40-18-30	00-13-33E	130
8508I	BENICALO PALAU S A	PT	40-24-30	00-23-43E	15
8508U	BENICARLO SAN GREGORIO	PT	40-25-10	00-23-43E	23
8511 ^a	SAN MATEO H S	PT	40-27-34	00-10-35E	325
8522I	EMBALSE DE ULLDECONA	PT	40-40-00	00-13-43E	500
9562	MORELLA	PT	40-37-11	00-06-04W	990

(*) P: estación pluviométrica; PT: estación pluvio-termométrica



3.2. MÓDULOS PLUVIOMÉTRICOS ANUALES Y AÑOS TIPO

El período de años considerado para el estudio de la precipitación es de 1965 a 2004, ambos incluidos, lo que representa un total de 39 años.

Las series originalmente recopiladas presentan una calidad muy desigual. En un principio se seleccionaron sólo las estaciones cuyas series eran suficientemente amplias, pero hubo que recurrir a estaciones con series más incompletas para poder representar la parte central de la unidad. Para cubrir todas las lagunas de información de las series se procedió a su completado, que se realizó con una corrección ortogonal entre estaciones próximas y con altimetrías similares. En función del valor del coeficiente de correlación resultante se eligieron aquellas estaciones que iban a actuar como estaciones base para restituir a las otras estaciones los datos que les faltaran. Las series mensuales tratadas y completas de precipitación total de cada estación para el período de 39 años considerado se encuentran en el Anexo 1. Los módulos pluviométricos anuales para cada estación en el período de años considerado se observan en el cuadro 2, obteniéndose una media de precipitación en la zona de estudio de 563 mm.

Cuadro 2. Módulos pluviométricos anuales

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	MÓDULO PLUVIOMÉTRICO ANUAL (mm)
8485	SIERRA ENGARCERAN- LOS ROSILDOS	533.5
8492	ADZANETA	602.6
8494	PUEBLA TORNESA	581.8
8498	PANTANO MARIA CRISTINA	480.1
8504	CATI	745.5
8507	ALCALA DE CHIVERT AVASA	510.6
8510	CHERT	523.7
8512	CALIG	477.6
8514	SAN JORGE	568.9
8491E	BENASAL C H JUCAR	552.4
8494E	VALL D ALBA	546.9
8494O	VILLAFAMES H S	536.9
8501C	BORRIOL "GRANJA"	557.3
8502I	CABANES RIBERA	520.8
8503G	TORREBLANCA "C.AGR.LOCAL"	513.4
8508 ^a	ALCALA DE CHIVERT COOPERATIVA	564.4
8508I	BENICALO PALAU S A	465.3

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	MÓDULO PLUVIOMÉTRICO ANUAL (mm)
8508U	BENICARLO SAN GREGORIO	513.6
8511A	SAN MATEO H S	688.9
8522I	EMBALSE DE ULLDECONA	736.3
9562	MORELLA	595.1
	MEDIA	562.6

La relación entre la altitud a la que se encuentran las estaciones pluviométricas y su módulo pluviométrico anual se refleja en la figura 2. Puede observarse la buena correlación existente entre ambos parámetros, de manera que a mayor altitud corresponde mayor pluviometría.

En la figura 3 se representa la distribución mensual de la precipitación de tres estaciones que se consideran representativas de diferentes altitudes y localizaciones en la zona de estudio, que a su vez presentan series iniciales bastante completas. Estas estaciones son: 8494E-Vall d Alba (305 m.s.n.m.), 8508U-Benicarló San Gregorio (23 m.s.n.m.), 9562-Morella (990 m.s.n.m.). La distribución de las precipitaciones es semejante para las tres estaciones, variando lógicamente los valores absolutos de precipitación. La estación de Morella, que se sitúa al noroeste y en la zona más elevada de la zona de estudio, presenta los valores más altos de precipitación. Considerando toda la zona de estudio, las máximas precipitaciones se produce en el mes de octubre y con otro máximo relativo en abril y mayo. Los meses más secos son junio y julio. Las diferencias de precipitación entre las estaciones son más marcadas en los meses de máximas precipitaciones.

La evolución interanual de la precipitación en las estaciones de Vall d Alba, Benicarló San Gregorio y Morella, para los 39 años analizados, se representa en la figura 4. En general, la pluviometría evoluciona de forma similar en las tres estaciones seleccionadas.

Para la definición de los años tipo (seco, medio y húmedo) de cada estación se han ajustado las series de valores de precipitación total anual obtenidas para cada estación a una distribución de Goodrich. Aquellos años con un valor de pluviometría anual menor que el correspondiente a la probabilidad de 0.35 son considerados secos, y aquellos con una pluviometría mayor que la correspondiente a la probabilidad de 0.65 se consideran húmedos. En el Anexo 1 se indican los años tipo para cada una de las 21 estaciones, con indicación de los valores medios mensuales que conforman el año tipo medio (toda la serie), año tipo seco (años secos) y año tipo húmedo (años húmedos). Los valores anuales de precipitación para los años tipo de cada estación se presentan en el cuadro 3. Para el año medio la precipitación media es de 562 mm, para el seco es de 372 mm y para el húmedo 779 mm. Los valores máximos de precipitación se producen en la estación de Catí, mientras que los mínimos corresponden a la estación de Villafames H S.

Figura 4. Relación precipitación/altitud

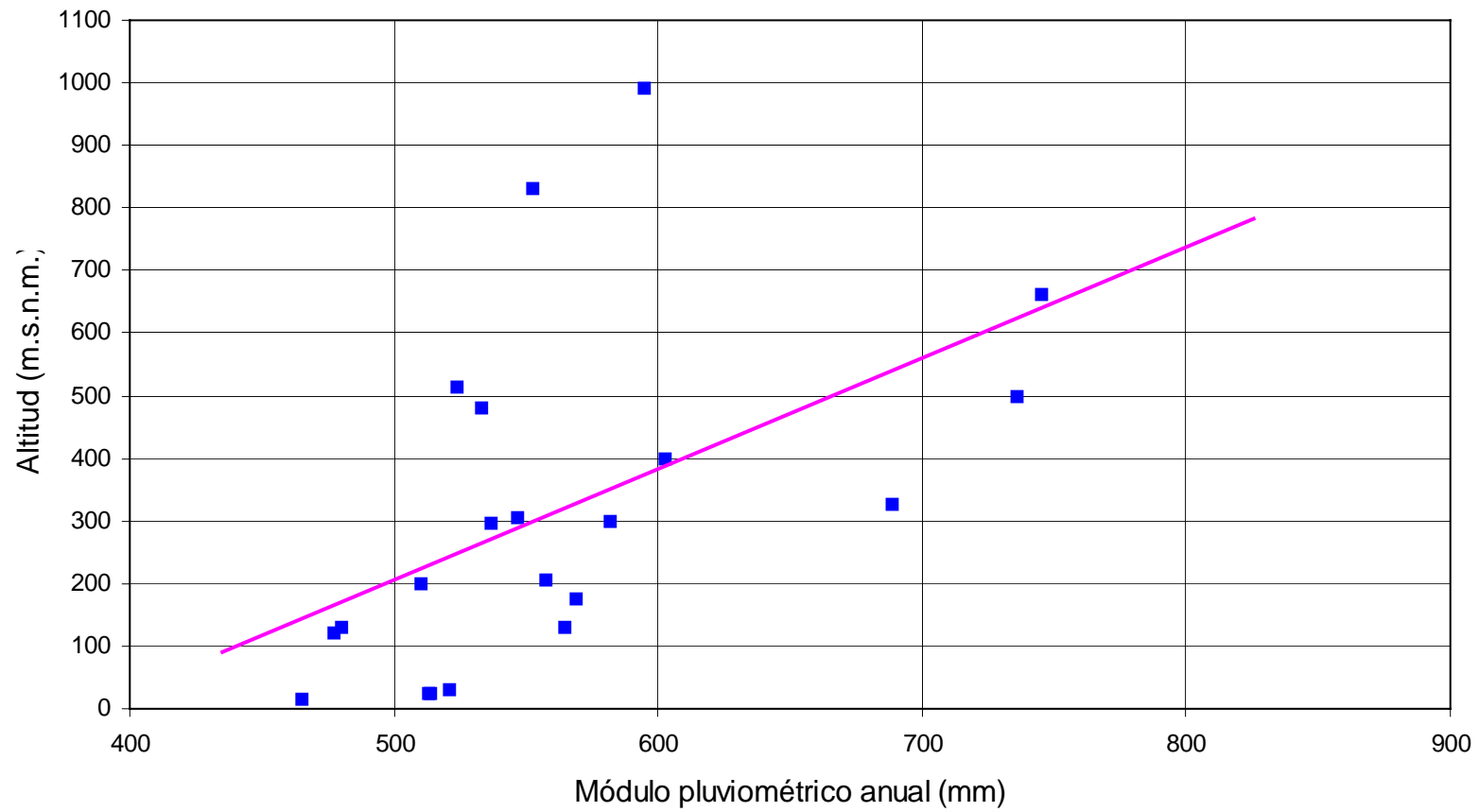


Figura 3. Precipitaciones mensuales medias

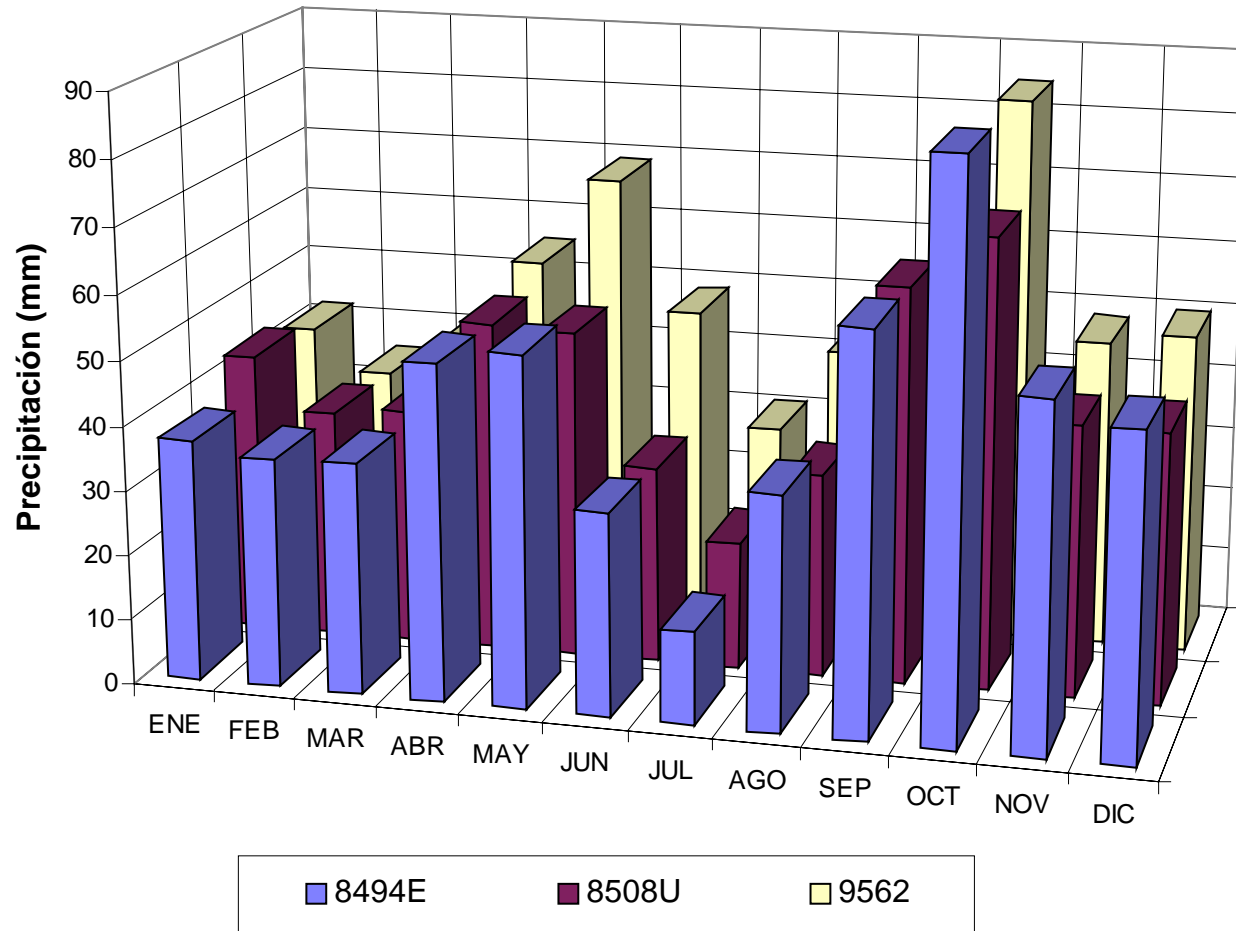
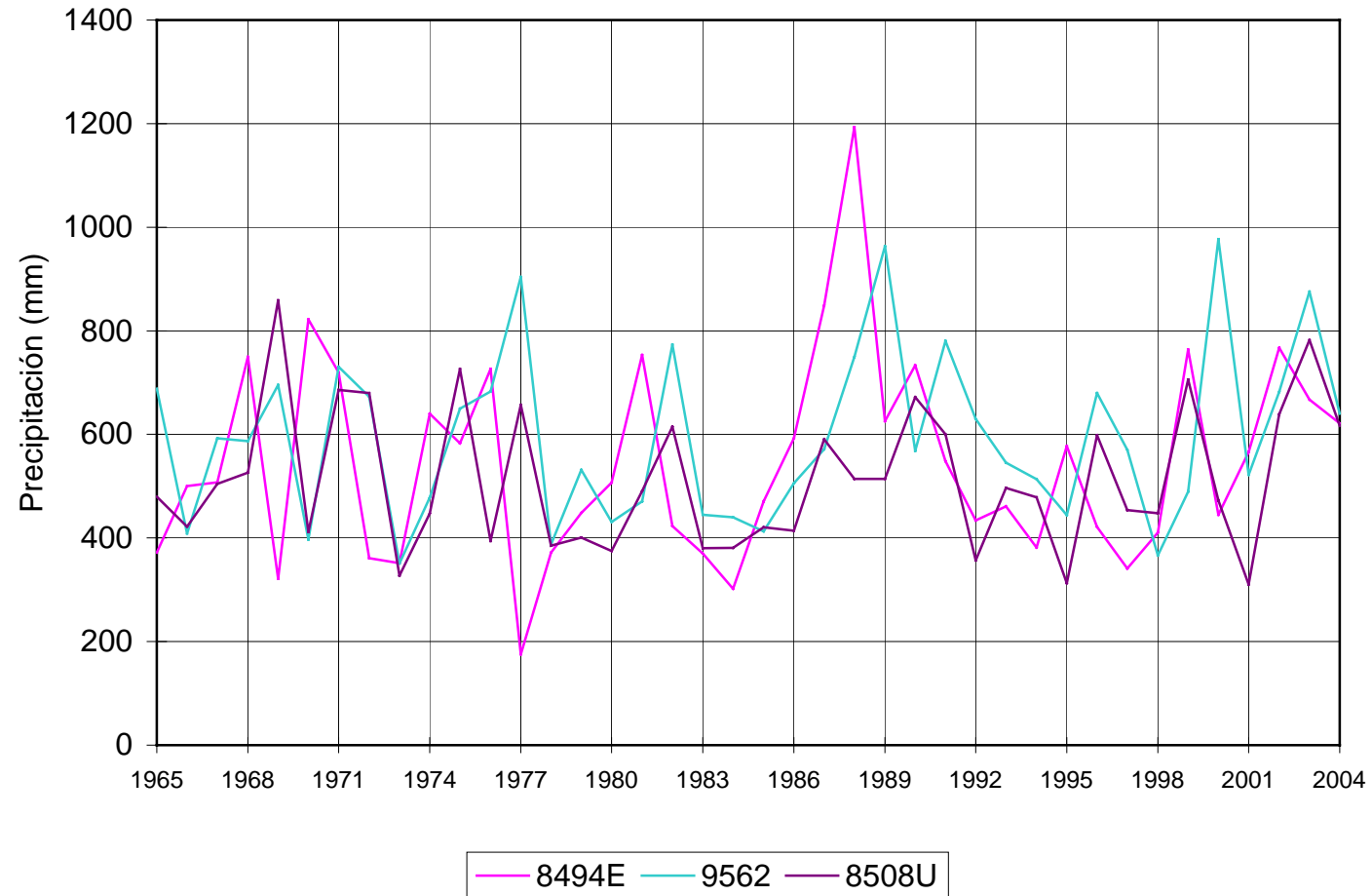


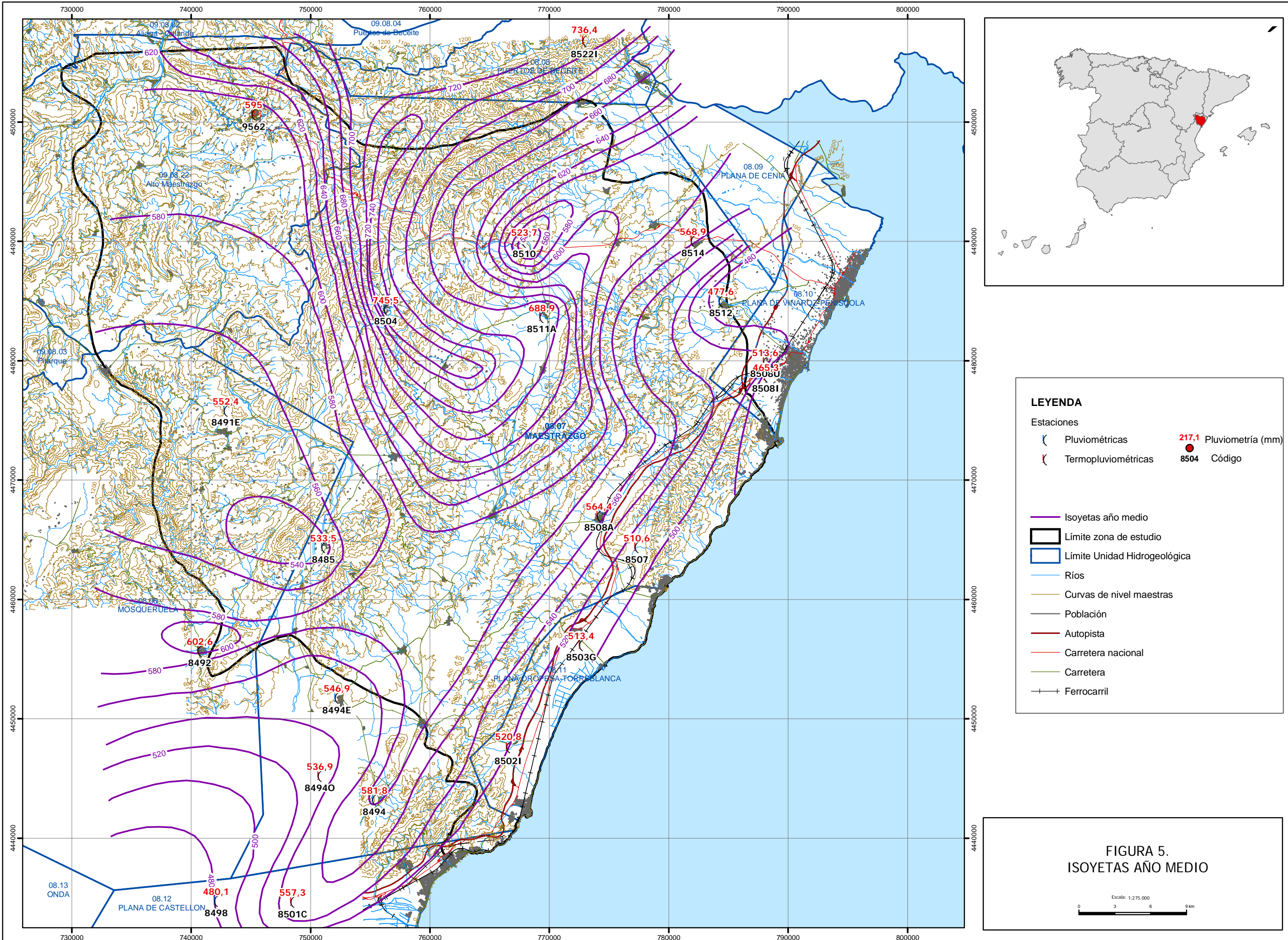
Figura 4. Evolución interanual de la precipitación



Cuadro 3. Precipitación anual (en mm) para los años tipo

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	AÑO SECO	AÑO MEDIO	AÑO HÚMEDO
8485	SIERRA ENGARCERAN- LOS ROSILDOS	370.3	533.5	744.4
8492	ADZANETA	418.8	602.6	827.8
8494	PUEBLA TORNESA	354.2	581.8	791.2
8498	PANTANO MARIA CRISTINA	317.2	480.1	659.5
8504	CATI	492.7	745.5	1042.7
8507	ALCALA DE CHIVERT AVASA	370.8	510.6	712.0
8510	CHERT	330.3	523.7	754.7
8512	CALIG	314.6	477.6	716.5
8514	SAN JORGE	394.0	568.9	812.7
8491E	BENASAL C H JUCAR	383.3	552.4	753.1
8494E	VALL D ALBA	365.4	546.9	759.3
8494O	VILLAFAMES H S	187.9	536.9	665.7
8501C	BORRIOL "GRANJA"	345.7	557.3	781.1
8502I	CABANES RIBERA	346.3	520.8	728.6
8503G	TORREBLANCA "C.AGR.LOCAL"	330.7	513.4	7385
8508A	ALCALA DE CHIVERT COOPERATIVA	394.7	564.4	775.9
8508I	BENICALO PALAU S A	323.9	465.3	666.3
8508U	BENICARLO SAN GREGORIO	382.6	513.6	673.5
8511A	SAN MATEO H S	428.3	668.9	989.7
8522I	EMBALSE DE ULLDECONA	524.9	736.3	992.3
9562	MORELLA	436.0	595.1	767.0
	MEDIA	372.0	561.7	778.7

La distribución de las isoyetas para los años tipo medio, seco y húmedo se representa en las figuras 5, 6 y 7, respectivamente. El trazado de estas isolíneas se ha realizado a partir de los valores medios de pluviometría de cada estación. Para aquellas zonas con pocas estaciones, se ha utilizado la topografía como referencia para el trazado de estas isoyetas, lo cual es válido teniendo en cuenta la buena correlación existente entre altitud y pluviometría. Los valores más bajos de precipitación corresponden la zona próxima a la costa o Bajo Maestrazgo. Las mayores precipitaciones se producen en la zona central de la zona, con los máximos en la zona central noroeste, en la localidad de Catí. Esta pauta se mantiene para los tres años tipo, con mayor rango de variación en los valores de pluviometría, y por tanto mayor pendiente, para los años húmedos (de 680 a 1000 mm), y menor para los años secos (de 320 a 560 mm).



LEYENDA

Estaciones

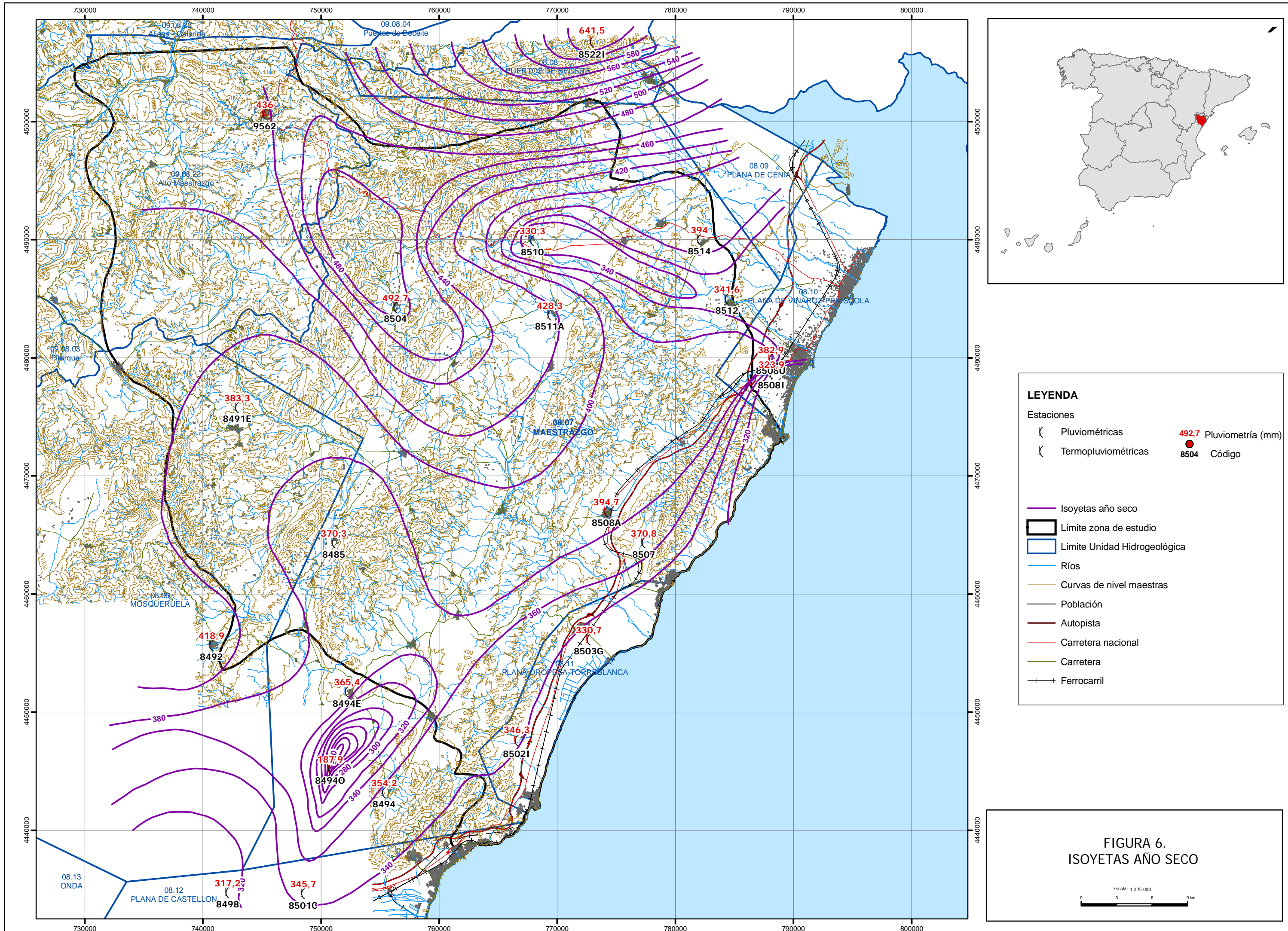
(	Pluviométricas	217,1	Pluviometría (mm)
(	Termopluviométricas	8504	Código

- Isoyetas año medio
- Límite zona de estudio
- Límite Unidad Hidrogeológica
- Ríos
- Curvas de nivel maestras
- Población
- Autopista
- Carretera nacional
- Carretera
- +— Ferrocarril

FIGURA 5.
ISOYETAS AÑO MEDIO

Escala: 1:275.000

0 3 6 9 km



LEYENDA

Estaciones

- () Pluimétricas
- () Termopluiométricas

Pluimetria (mm)

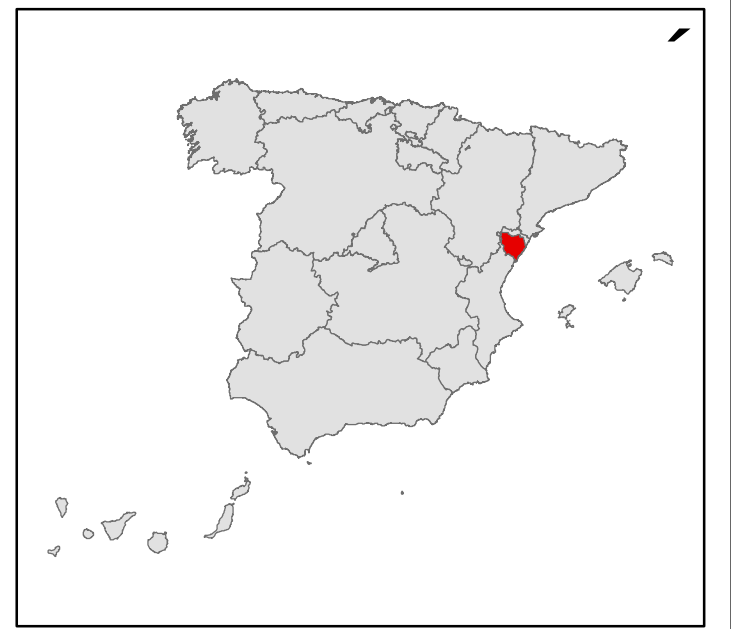
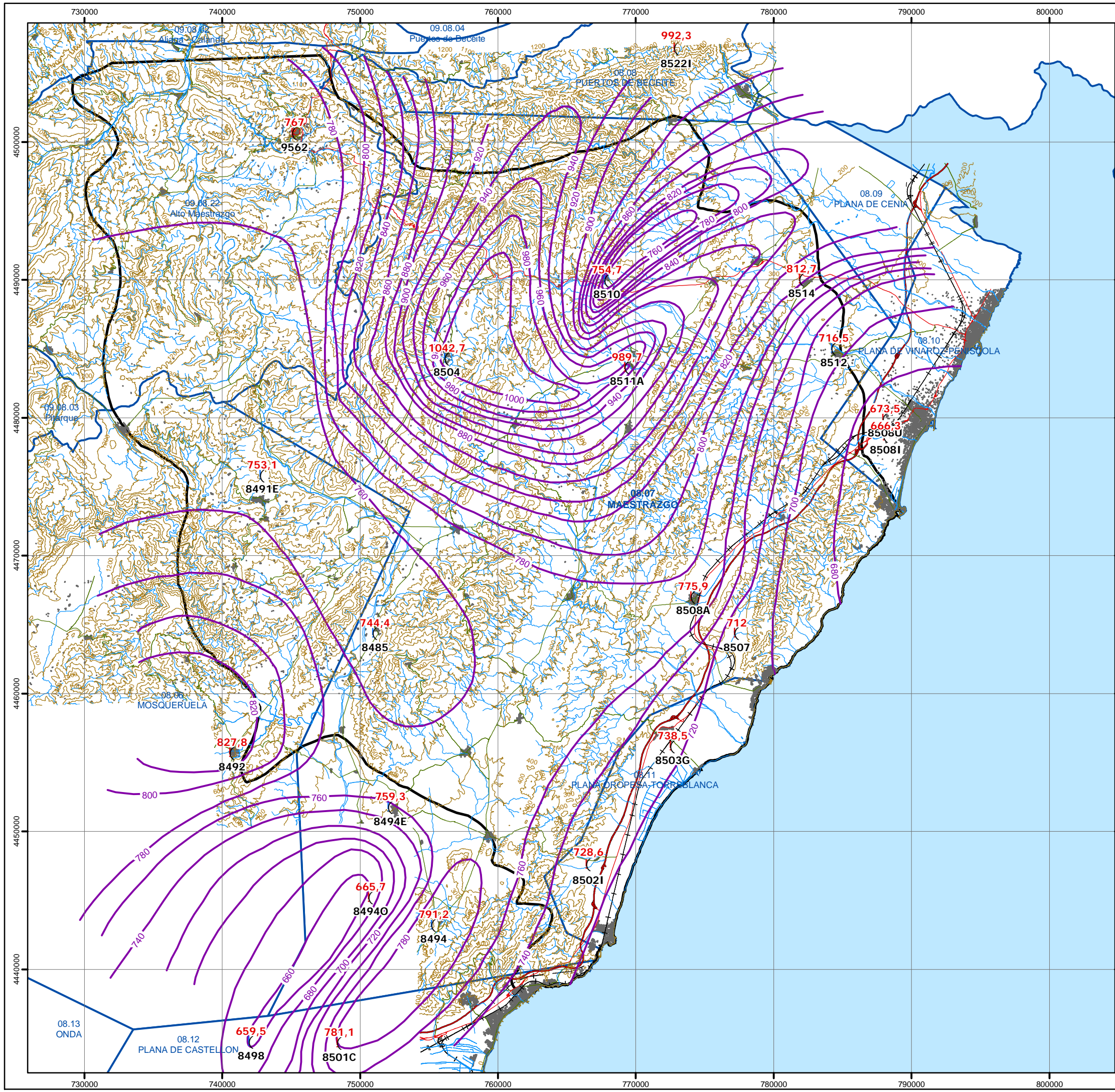
- 492,7
- 8504 Código

- Isoyetas año seco
- ▭ Límite zona de estudio
- ▭ Límite Unidad Hidrogeológica
- Ríos
- Curvas de nivel maestras
- Población
- Autopista
- Carretera nacional
- Carretera
- Ferrocarril

FIGURA 6.
ISOYETAS AÑO SECO

Escala: 1:275.000

0 3 6 9 km



LEYENDA

Estaciones

- (Pluviométricas
- (Termopluviométricas

1042.7 Pluviometría (mm)

8504 Código

- Isoyetas año húmedo
- ▭ Límite zona de estudio
- ▭ Límite Unidad Hidrogeológica
- Ríos
- Curvas de nivel maestras
- Población
- Autopista
- Carretera nacional
- Carretera
- Ferrocarril

FIGURA 7.
ISOYETAS AÑO HÚMEDO

Escala: 1:275.000

4. ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA

Para la realización del presente estudio han sido utilizadas las series de temperaturas medias mensuales de las 12 estaciones meteorológicas representadas en la figura 1. El período de años considerado es de 35 años, entre 1970 y 2004. Las estaciones utilizadas, así como sus principales datos de localización, se indican en el cuadro 4.

Cuadro 4. Estaciones termométricas

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TIPO(*)	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m.s.n.m.)
8492	ADZANETA	PT	40-13-00	00-10-17W	400
8507	ALCALA DE CHIVERT AVASA	PT	40-17-00	00-15-43E	200
8514	SAN JORGE	PT	40-30-45	00-19-43E	175
8494O	VILLAFAMES H S	PT	40-07-10	00-03-27W	295
8501C	BORRIOL "GRANJA"	PT	40-01-30	00-05-17W	206
8502I	CABANES RIBERA	PT	40-08-10	00-07-43E	30
8503G	TORREBLANCA "C.AGR.LOCAL"	PT	40-12-40	00-12-13E	25
8508A	ALCALA DE CHIVERT COOPERATIVA	PT	40-18-30	00-13-33E	130
8508U	BENICARLO SAN GREGORIO	PT	40-25-10	00-23-43E	23
8511A	SAN MATEO H S	PT	40-27-34	00-10-35E	325
8522I	EMBALSE DE ULLDECONA	PT	40-40-00	00-13-43E	500
9562	MORELLA	PT	40-37-11	00-06-04W	990

(*) P: estación pluviométrica; PT: estación pluvio-termométrica

Al igual que en las series pluviométricas, y utilizando la misma metodología, se procedió a la correlación y restitución de las series de temperatura incompletas. En el Anexo 2 se presentan las series mensuales tratadas y completas de temperaturas medias de cada estación para el período considerado. Los valores medios anuales de temperatura para las estaciones seleccionadas se presentan en el cuadro 5, con una temperatura media anual en la zona de 15.8°C.

Cuadro 5. Temperatura media anual

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
8492	ADZANETA	15.0
8507	ALCALA DE CHIVERT AVASA	16.4
8514	SAN JORGE	18.6

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
8494O	VILLAFAMES H S	15.5
8501C	BORRIOL "GRANJA"	17.2
8502I	CABANES RIBERA	16.9
8503G	TORREBLANCA "C.AGR.LOCAL"	16.3
8508A	ALCALA DE CHIVERT COOPERATIVA	16.1
8508U	BENICARLO SAN GREGORIO	16.8
8511A	SAN MATEO H S	14.6
8522I	EMBALSE DE ULLDECONA	14.0
9562	MORELLA	11.8
	MEDIA	15.8

En la figura 8 se muestra la distribución mensual de las temperaturas medias para tres estaciones: 9562-Morella (990 m.s.n.m.), 8494O-Villafames H S (295 m.s.n.m.) y 8508U- Benicarló San Gregorio (23 m.s.n.m.), situadas en la parte noroeste, suroeste y este, respectivamente, de la zona de estudio. Las temperaturas más altas se dan en la estación de Benicarló San Gregorio, cuya media mensual supera en más de cuatro puntos, entre los meses de junio- septiembre, a la media de toda la zona. La distribución de las temperaturas es idéntica en las tres estaciones, siendo enero el mes más frío y agosto el más cálido.

5. EVAPOTRANSPIRACIÓN

5.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

El cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) se ha realizado a través del método de Thornthwaite, que proporciona el valor de la ETP mensual a partir de la temperatura media mensual y de la latitud de la estación. En el Anexo 3 se encuentran los valores mensuales de ETP para el año medio de temperatura de cada estación.

Los valores de la ETP media anual para las estaciones termométricas consideradas se presentan en el cuadro 6. La ETP media de la zona es de 760 mm. En la figura 9 se puede observar la distribución mensual de la ETP para las tres estaciones termométricas consideradas representativas. Los valores máximos y mínimos de ETP coinciden con los de temperatura, es decir, máximos en agosto y mínimos en enero.

Figura 8. Temperaturas medias mensuales

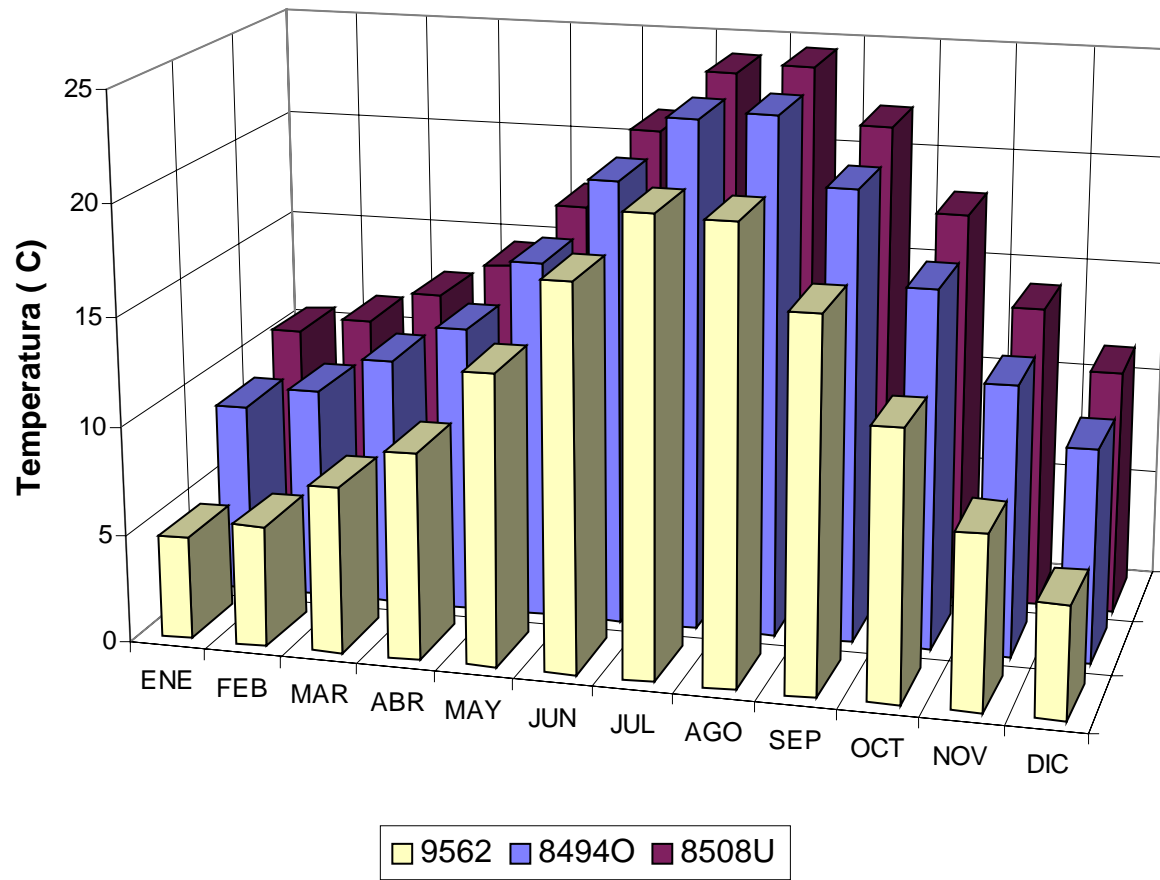
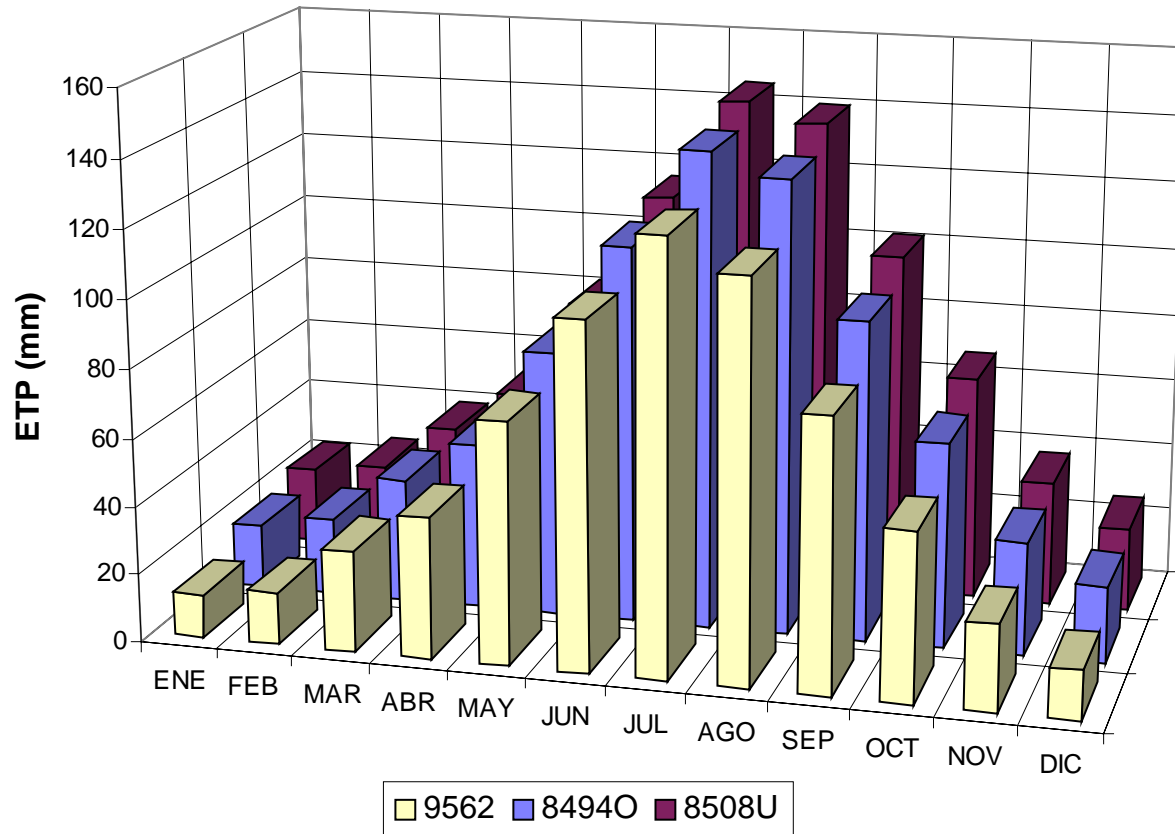


Figura 9. ETP mensuales medias



Cuadro 6. Evapotranspiración potencial media anual

INDICATIVO	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ETP MEDIA ANUAL (mm)
8492	ADZANETA	785.7
8494O	VILLAFAMES H S	799.8
8501C	BORRIOL "GRANJA"	877.3
8502I	CABANES RIBERA	855.0
8503G	TORREBLANCA "C.AGR.LOCAL"	825.2
8507	ALCALA DE CHIVERT AVASA	834.7
8508A	ALCALA DE CHIVERT COOPERATIVA	823.4
8508U	BENICARLO SAN GREGORIO	849.0
8511A	SAN MATEO H S	764.4
8514	SAN JORGE	954.5
8522I	EMBALSE DE ULLDECONA	745.9
9562	MORELLA	682.8
	MEDIA	759.6

5.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL Y LLUVIA ÚTIL

Para el establecimiento de la evapotranspiración real (ETR) y de la lluvia útil o escorrentía se han utilizado tres métodos diferentes:

- Método del balance mensual de agua en el suelo, utilizando la ETP según Thornthwaite y considerando varias hipótesis de reserva máxima de agua en el suelo.
- Método empírico de Turc para valores anuales.
- Método empírico de Coutagne para valores anuales.

La aplicación de estos métodos requiere la confrontación de los datos pluviométricos con los termométricos o los correspondientes a la ETP. Al existir un mayor número de estaciones pluviométricas que termométricas, se hace necesario el extrapolar los datos correspondientes a las estaciones termométricas al total de las pluviométricas. La correspondencia entre las estaciones pluviométricas y termométricas, que se ha realizado atendiendo a su similitud con respecto a la situación altimétrica y a la proximidad geográfica entre las mismas, se presenta en el cuadro 7.

Cuadro 7. Correspondencia de estaciones

ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS	ESTACIONES TERMOMÉTRICAS
8485	8492
8494	8494O
8494E	
8494O	
8504	9562
8507	8507
8508A	8508A
8510	8511A
8511A	
8512	8514
8514	
8491E	8492
8492	
8498	
8501C	8501C
8502I	8502I
8503G	8503G
8508I	8508U
8508U	
8522I	8522I
9562	9562

5.2.1. Método del balance mensual de agua en el suelo

El cálculo del balance mensual de agua en el suelo ha sido realizado para cada una de las 21 estaciones pluviométricas consideradas, utilizando sus respectivas series de valores mensuales de precipitación para cada uno de los años tipo (medio, seco y húmedo), y las series mensuales de ETP calculadas por el método de Thornthwaite. Se han considerado cinco hipótesis de reserva máxima de agua en el suelo o capacidad de campo: 0, 25, 50, 75 y 100 mm. En el Anexo 4 se encuentran los resultados del balance hídrico mensual de cada una de las 21 estaciones.

Los factores que van a influir en los resultados del balance hídrico mensual son: hipótesis de reserva máxima de agua en el suelo o capacidad de campo, año tipo considerado, y situación geográfica y altimétrica de las estaciones pluviométricas con respecto al área afectante.

Para observar la influencia del uso de las hipótesis de reserva máxima de agua en el suelo, en la figura 10 se representan los balances hídricos para el año medio para tres de las hipótesis de reserva: 50, 75 y 100 mm, respectivamente. Se ha elegido la estación de Vall d Alba (8494E) por presentar valores de precipitación y temperatura considerados medios para la zona de estudio. El volumen de lluvia útil no varía con las diferentes capacidades de campo del suelo.

Por lo que respecta a la distribución mensual de la producción de lluvia útil para los distintos años tipo, en la figura 11 se observan los balances hídricos para los años seco, medio y húmedo, respectivamente, de la estación de Vall d Alba (8494E), considerando una capacidad de campo de 75 mm. Se aprecia, lógicamente, como una mayor precipitación anual se corresponde con una mayor producción de escorrentía, durante un período de tiempo mayor. Las diferencias en cuanto a volumen de lluvia útil son considerables, y mientras que para los años secos se obtiene lluvia útil únicamente en los meses de octubre a febrero, en los años húmedos se obtiene escorrentía en todos los meses, salvo junio- agosto.

Por último, el efecto del tercer factor a analizar, que es el relacionado con la situación geográfica y altimétrica de las estaciones, es muy representativo en el área de estudio ya que las diferencias en altitud son muy grandes. En la figura 12 se representan los balances para las estaciones de 9562-Morella (990 m.s.n.m.), 8494O-Villafames H S (295 m.s.n.m.) y 8508U- Benicarló San Gregorio (23 m.s.n.m.), para una capacidad de campo de 75 mm. Se aprecia claramente que en la zona de menor altimetría, donde las precipitaciones son menores y la evapotranspiración potencial es mayor, se obtiene un volumen de lluvia útil menor. Así, mientras que en Benicarló San Gregorio la escorrentía es prácticamente nula, en Morella alcanza un volumen considerable.

5.2.2. Método de Turc y Coutagne

Estos métodos empíricos calculan los valores anuales de evapotranspiración real y de lluvia útil, a partir de la pluviometría anual y de la temperatura media anual. En el Anexo 5 se encuentran los resultados de la aplicación de ambos métodos para cada una de las estaciones pluviométricas utilizadas considerando los años tipo correspondientes.

5.2.3. Contraste de los métodos y establecimiento de los coeficientes de escorrentía

En el Anexo 6 se encuentran, como resumen de valores anuales, los resultados obtenidos correspondientes a la ETR, lluvia útil y coeficiente de escorrentía para cada estación pluviométrica y año tipo, en función del método empleado. Para el conjunto del área afectante, los rangos de variación de los coeficientes de escorrentía se aprecian en el cuadro 8.

Cuadro 8. Coeficientes de escorrentía

MÉTODO		AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO HÚMEDO
TURC		4 - 31%	0 - 14%	13 - 45%
COUTAGNE		14 - 30%	0 - 20%	21 - 43%
BALANCE HÍDRICO - THORNTHWAITE	CC = 0 mm	10 - 39%	0 - 24%	22 - 54%
	CC = 25 mm	5 - 36%	0 - 19%	12 - 52%

MÉTODO		AÑO MEDIO	AÑO SECO	AÑO HÚMEDO
	CC = 50 mm	0 - 31%	0 - 14%	15 - 49%
	CC = 75 mm	0 - 29 %	0 - 9%	11 - 47%
	CC = 100 mm	0 - 26%	0 - 8%	7 - 44%

Del análisis y comparación de estos datos, y a falta del contraste de los mismos con datos hidrológicos y foronómicos, se puede considerar que el balance hídrico para una capacidad de campo de 50 mm es el que mejor se ajusta al previsible comportamiento hidrológico del área.

La distribución de las isolíneas de lluvia útil para los años tipo medio, seco y húmedo se observa en las figuras 13 y 14, respectivamente. Al igual que para las precipitaciones, los valores mínimos de lluvia útil se presentan en la zona próxima a la costa o Bajo Maestrazgo, y los máximos en la zona central noroeste, en las proximidades a Catí.

A partir de estos mapas de lluvia útil, considerando la superficie que existe entre las isolíneas, se ha obtenido un valor medio de lluvia útil para los años medio en la zona de estudio de **77 mm.**, que supone una aportación de 185 hm³/a. El intervalo de variación de los valores de lluvia útil es muy amplio, entre 0 y 240 mm para año medio, de manera que la asignación de un valor único de lluvia útil para toda la zona de estudio puede no ser representativo. Para año húmedo se produce un considerable incremento en la lluvia útil, obteniéndose un valor medio de 443 mm.

Para una capacidad de campo de 75 mm, el valor global de lluvia útil que se alcanza es de 54 mm, lógicamente menor que en el caso de 50 mm, que equivale a una aportación de 131 hm³/a.

Figura 10. Balance hídrico mensual. Hipótesis de reserva de agua en el suelo

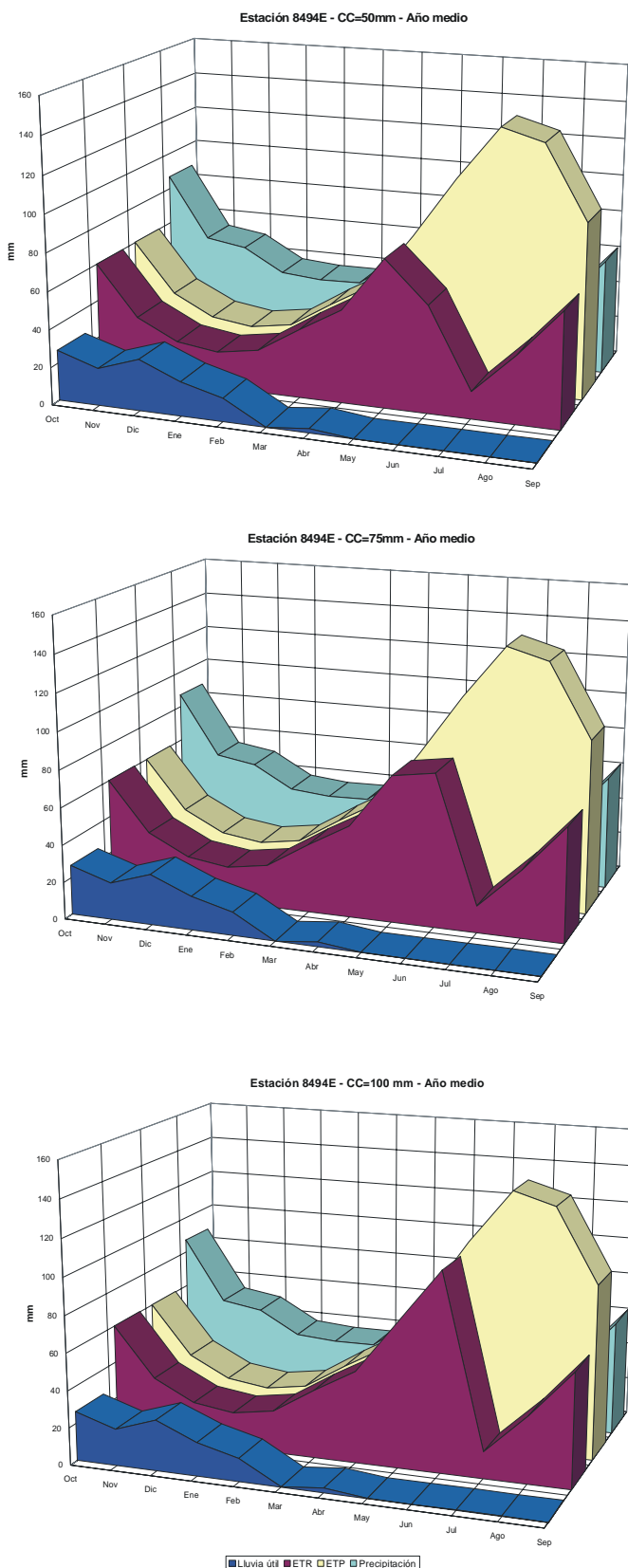


Figura 11. Balance hídrico mensual. Años tipo

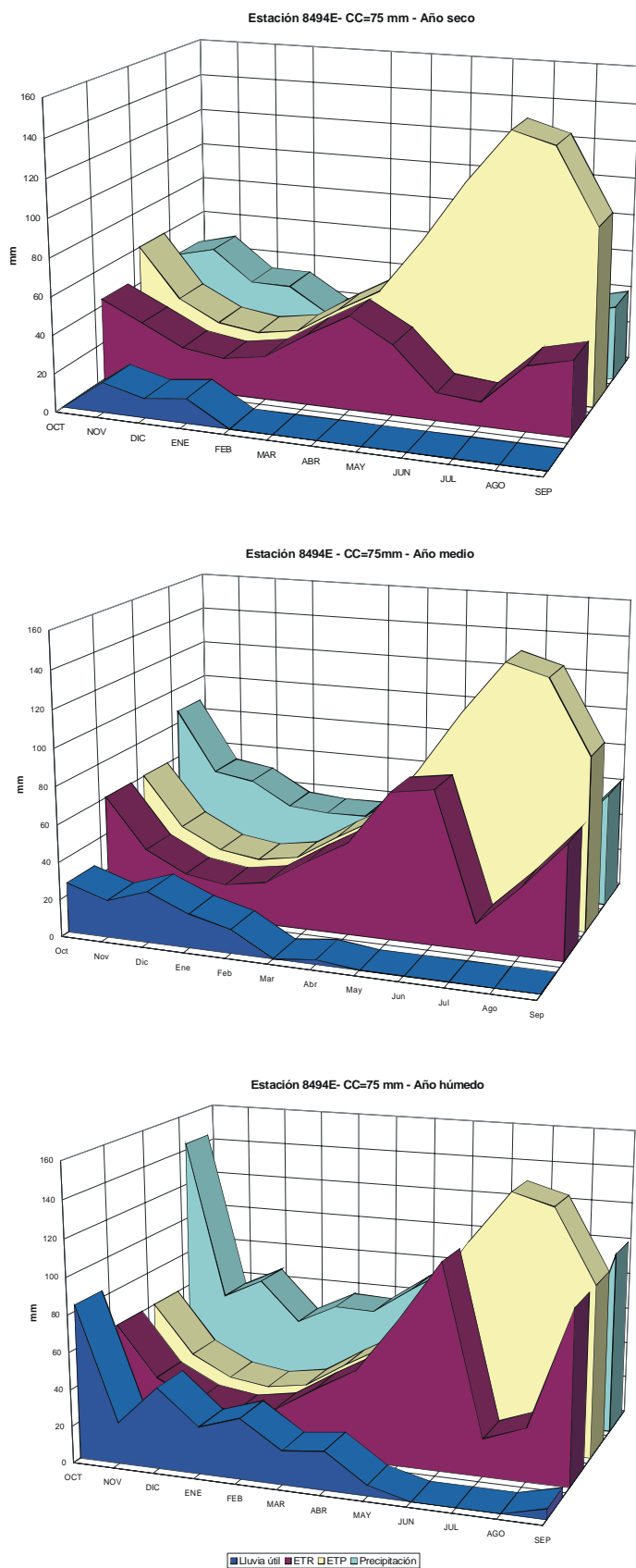
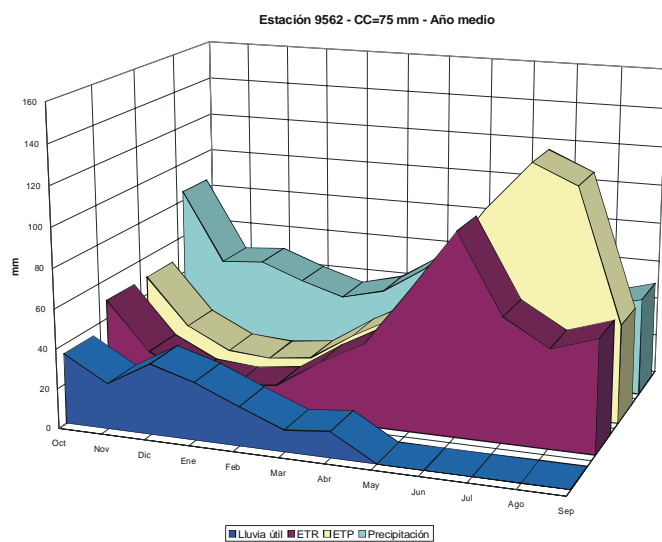
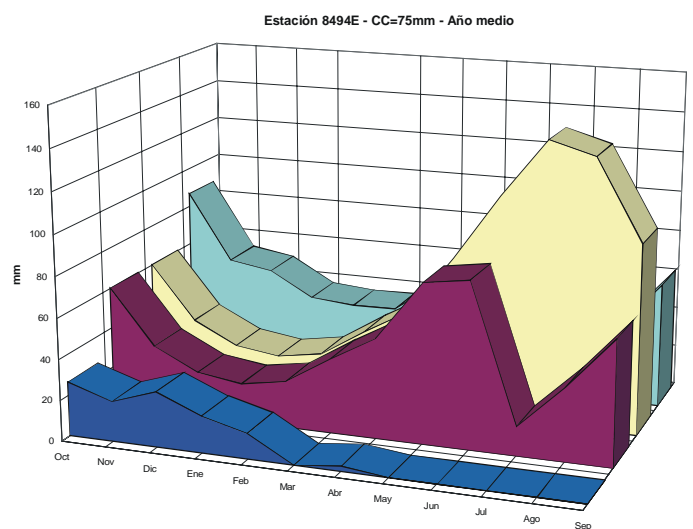
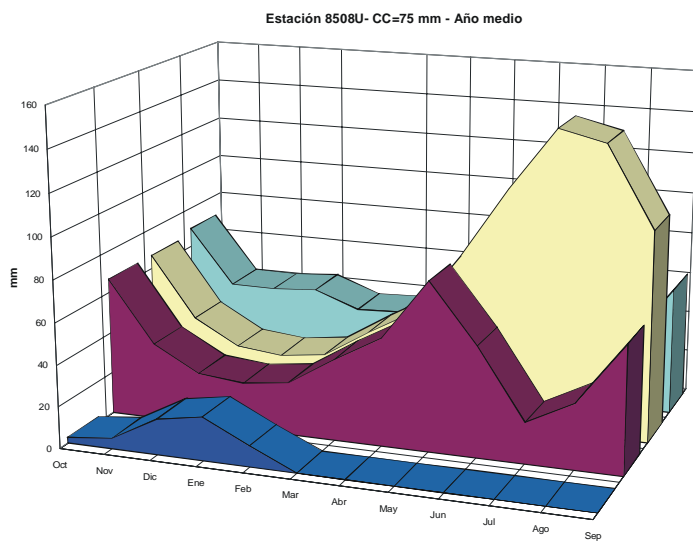
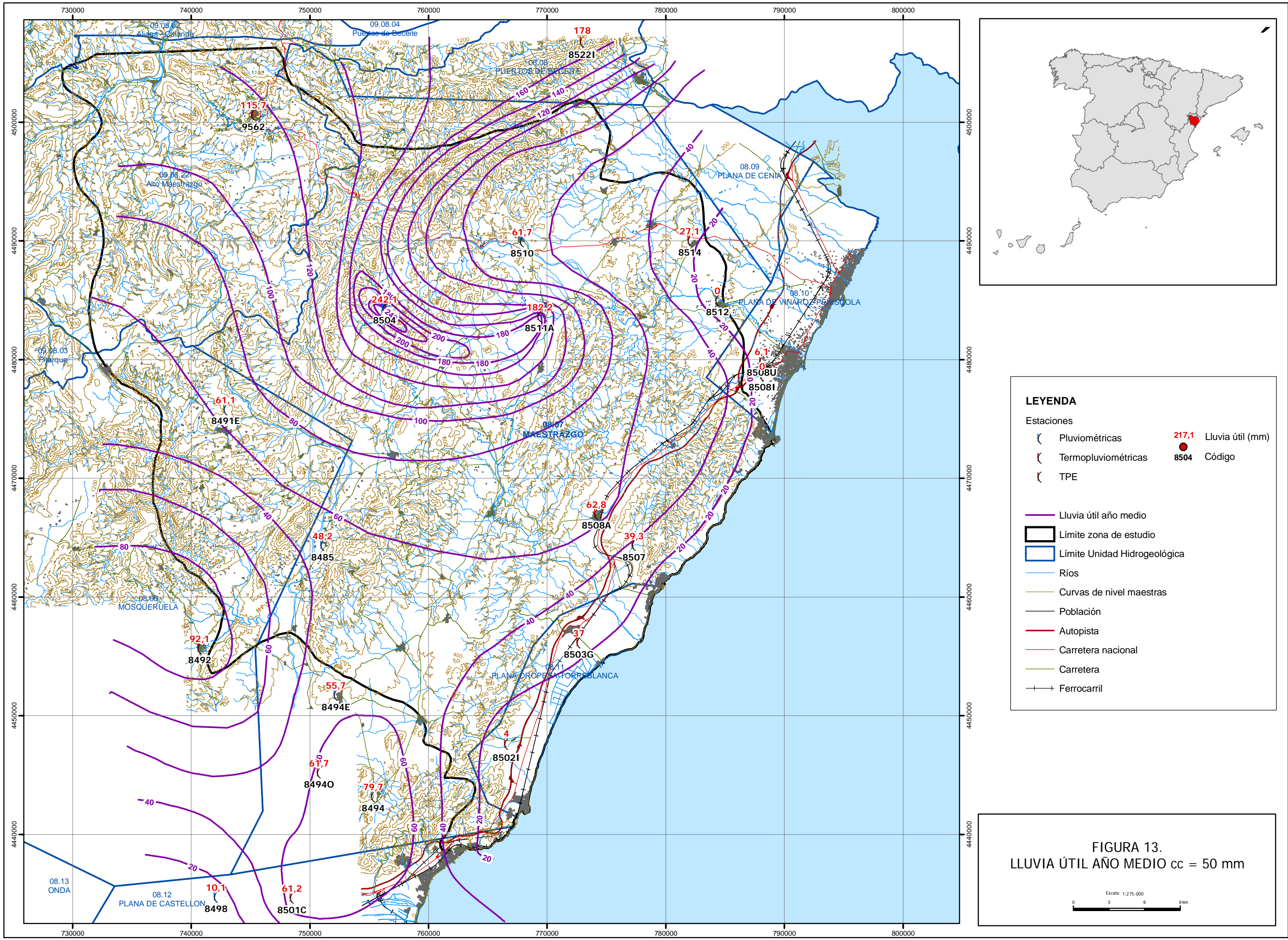


Figura 12. Balance hídrico mensual. Estaciones meteorológicas





LEYENDA

Estaciones

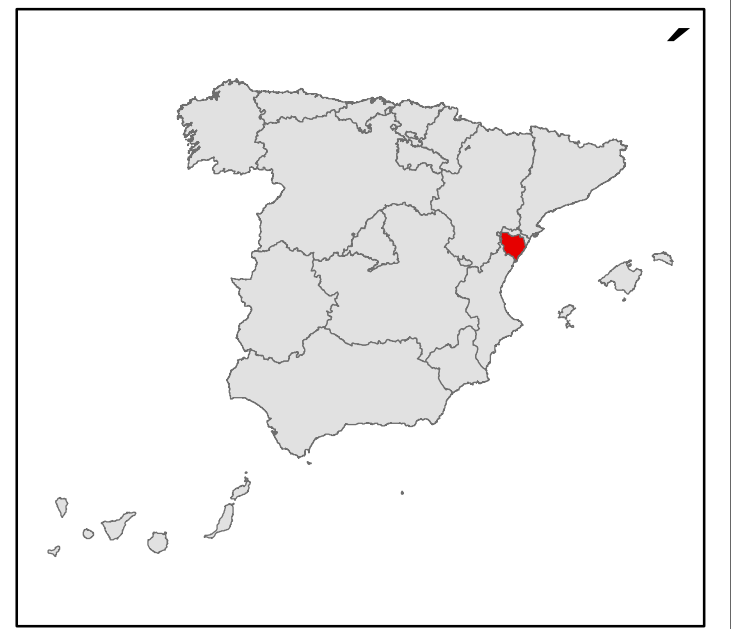
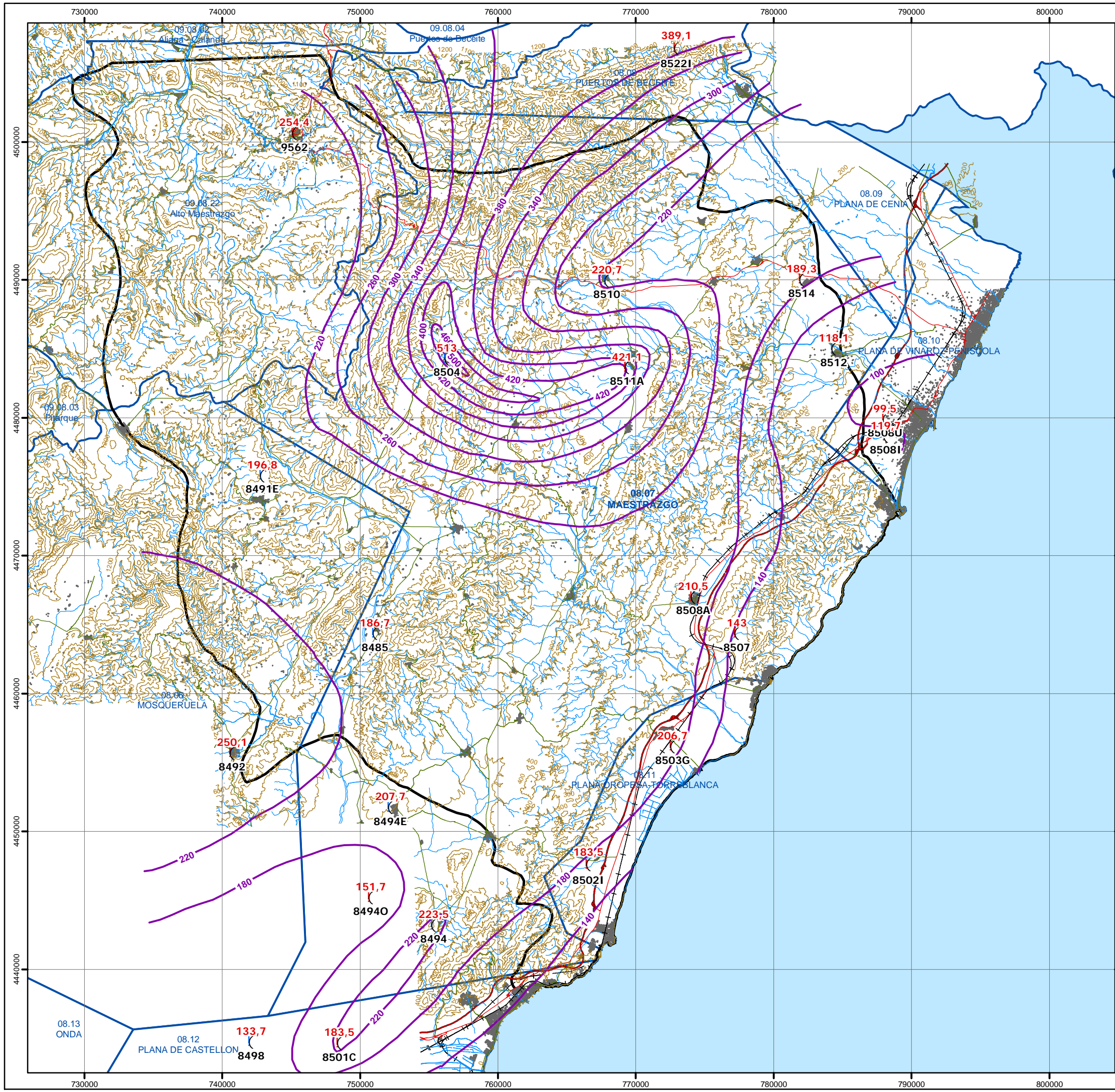
- (Pluviométricas
- (Termopluviométricas
- (TPE

217,1 Lluvia útil (mm)
● 8504 Código

- Lluvia útil año medio
- ▭ Límite zona de estudio
- ▭ Límite Unidad Hidrogeológica
- Ríos
- Curvas de nivel maestras
- Población
- Autopista
- Carretera nacional
- Carretera
- Ferrocarril

FIGURA 13.
LLUVIA ÚTIL AÑO MEDIO cc = 50 mm

Escala: 1:275.000



LEYENDA

Estaciones

(	Pluviométricas	513	Lluvia útil (mm)
(	Termopluviométricas	8504	Código

- Lluvia útil año húmedo
- ▭ Límite zona de estudio
- ▭ Límite Unidad Hidrogeológica
- Ríos
- Curvas de nivel maestras
- Población
- Autopista
- Carretera nacional
- Carretera
- Ferrocarril

FIGURA 14.
LLUVIA ÚTIL AÑO HÚMEDO cc = 50 mm

Escala: 1:275.000

ANEXOS

ANEXO 1:

Series tratadas de precipitaciones mensuales y definición de años tipo

ANEXO 2:

Series tratadas de temperaturas medias mensuales

ANEXO 3:

Series de ETP mensuales medias según Thornthwaite

ANEXO 4:

Balance hídrico mensual de agua en el suelo para los años tipo

ANEXO 5:

ETR y lluvia útil anual según los métodos de Turc y Coutagne

ANEXO 6:

Cuadros resumen de los valores de ETR, lluvia útil y coeficientes de escorrentía obtenidos mediante la aplicación de los diferentes métodos