



APÉNDICE Nº 1 AL ANEJO Nº 2: ESTUDIO HIDROLOGICO DEL ANTEPROYECTO DE ENCAUZAMIENTO DE LA RAMBLA DE ALCALÁ EN ZONA URBANA, BENICARLÓ.

ANEJO Nº 4.- ESTUDIO HIDROLÓGICO.

1.- INTRODUCCIÓN. ESTUDIOS PREVIOS.

La Rambla de Alcalá, cuya desembocadura se encuentra al Sur de Benicarló, presenta una cuenca drenante de 170,0 km², afectando a los términos municipales de Alcalá de Xivert, Santa Magdalena de Pulpis, Cervera del Maestre, Peñíscola y Benicarló. La red hidrográfica principal se desarrolla en sentido Sur - Norte, lo que constituye una singularidad en toda la cuenca del Júcar, con un desarrollo casi paralelo a la costa forzado por la Sierra de Irtá (cota máxima $\approx$ +520 m), que se interpone entre la Rambla y la costa. Al oeste la cuenca está cerrada por las sierras de Vall d'Angel y San José (Talaies de Alcalá) que definen las divisorias con las cuencas del río de San Miguel y la Rambla de Cervera, tal y como se refleja en el gráfico adjunto. La cota máxima de la cuenca es + 716,0 m, en la cima del Tossal d'En Canes, dentro de la Sierra de Vall d'Angel.



En los siguientes apartados se pretende definir las características geomorfológicas principales de la cuenca, para lo que ha generado un Modelo Digital del Terreno de la zona, comprender la respuesta de la red hidrográfica durante episodios de lluvias extremas y estimar los caudales máximos de diseño en la zona de estudio (parte final) para los distintos periodos de retorno.

Se debe citar por su interés que, como consecuencia de la aplicación del PATRICOVA, existen dos estudios recientes sobre esta cuenca, realizados por el I.C.C.P. D. Pedro A. Portolés para la revisión del P.G.O.U. del Ayuntamiento de Benicarló y por INARTEC para un promotor privado, estudios a los que se ha tenido acceso, siendo de gran utilidad tanto para completar la visión de conjunto sobre la cuenca como, a partir de los diferentes planteamientos y metodología utilizados, comparar las conclusiones de los tres estudios.

2.- DEFINICIÓN MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT).

CAPAS DE INFORMACIÓN UTILIZADA.

El M.D.T. generado consta de un Modelo de Elevación Digital, fundamental para la delimitación de la cuenca y de sus características geomorfológicas (red hidrográfica, curva hipsométrica, campos de pendientes, ...) y de una serie de capas con información cualitativa referida a capacidad agrológica (relacionada con las abstracciones iniciales a la precipitación), usos del suelo, ... De especial utilidad ha sido el uso de ortofotos para ajustar las distintas superficies, sobre todo en el caso de cultivos en bancales.

El Modelo de elevación digital se ha generado a partir de la cartografía a escala 1:10.000 del Instituto Cartográfico Valenciano (I.C.V.), digitalizada en formato vectorial (.dgn). El tamaño de celda es de 20 · 20 m, adecuado para la precisión de la cartografía y los objetos del estudio.

Las coberturas de información cualitativa utilizadas han sido:

- **Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana** (C.O.P.U.T.), hojas 571 y 594.

- .- Cobertura ArcInfo Capacidad de Uso del Suelo.
- .- Cobertura ArcInfo Usos del Suelo.
- .- Cobertura ArcInfo Cartografía Base (Términos mun., núcleos urbanos, infraestructuras).

- **Ortofotos** a escala 1:5.000 del I.C.V., con vuelos del año 2001, hojas 571 y 594.

Estas capas se utilizan fundamentalmente para la estimación del umbral de escorrentía (campos Uso del Suelo y Grupo del Suelo en la Tabla 2.1 de la Instrucción 5.2-IC), en combinación con los campos de pendientes del terreno. La ventaja fundamental del uso de los M.D.T. consiste en que esta información se procesa de forma distribuida (valores asignados a cada celda de 20 · 20 m), aumentando mucho la fiabilidad en uno de los parámetros más sujetos a error o arbitrariedad del método racional.

Se adjuntan en el Anexo mapas a escala 1:200.000 con:

- Planta General de la Rambla de Alcalá y su Ámbito Territorial.
- Cobertura TIN (triangulación) obtenida a partir de la cartografía vectorial.
- Modelo de Elevación Digital (celdas 20 · 20 m) obtenido a partir de la cobertura TIN.
- Mapa de pendientes del terreno, generado a partir del Modelo de Elevación Digital.

3.- ESTRUCTURA GENERAL DEL ESTUDIO. METODOLOGÍAS EMPLEADAS.

El método propuesto para estimar los caudales de diseño es el Método Racional Modificado de Témez (1991), que modifica ligeramente la versión propuesta en la Instrucción 5.2-IC (1990) con el objeto de ampliar el campo de aplicación a cuencas de hasta 3.000 km² y tiempos de concentración de hasta 24 h (Ferrer Polo, 1997):

Q (m³/s)= K · (C · I_t (mm/h) · S (km²) / 3,6

- siendo: K Coeficiente de uniformidad (adimensional), que refleja el aumento de la intensidad neta (precipitación menos abstracciones) de la lluvia con la duración del aguacero.
- C Coeficiente de escorrentía, función de Pd y de las características geomorfológicas de la cuenca (pendiente, tipo de suelo, usos, vegetación,)
- I_t Intensidad de cálculo, función de P_d, del coeficiente de torrencialidad y del tiempo de concentración y, a través del factor de reducción areal, de la superficie de la cuenca..
- S Superficie de la cuenca.

Se adopta este método por ser el más ampliamente utilizado en España y porque el dimensionamiento hidráulico se plantea en régimen permanente, siendo suficiente por tanto estimar el valor máximo del caudal de diseño para cada periodo de retorno.

Para definir cada uno de los factores de la expresión anterior el estudio se estructura en tres partes:

- Definición de la cuenca y de sus parámetros principales: Superficie (**S**), longitud del recorrido principal, pendiente del recorrido principal, tiempo de Concentración. Estos parámetros se obtienen a partir del M.D.T. mediante la herramienta HEC-GeoHMS (un módulo hidrológico del U.S.A.C.E. implementado en ArcView 3.2), que permite definir además la red hidrográfica completa de la cuenca.
- Modelo pluviométrico, para estimar la intensidad de lluvia de cálculo (**I_t**). Tal y como se justificará posteriormente en este caso se ha utilizado la herramienta MAXPLU (C.E.H. - CEDEX), para obtener el valor de la precipitación diaria máxima en el centro de la cuenca, asumiendo este valor como representativo del total. El resto de parámetros del modelo se obtienen con la metodología de Témez.
- Modelo de infiltración del terreno, para estimar el coeficiente de escorrentía (**C**) asociado a cada periodo de retorno. El valor de C es función de la precipitación máxima diaria P_d y del Umbral de Escorrentía P_o, que se estima de forma distribuida mediante el tratamiento de las coberturas citas con las herramientas GIS de ArcView.

4.- PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA.

La delimitación de la red hidrográfica y la definición de la cuenca vertiente en un punto determinado de la misma se realiza a partir del Modelo de Elevación Digital mediante HEC-GeoHMS, en un proceso secuencial que comprende los siguientes pasos:

- **Relleno de depresiones:** a partir del modelo original se genera un modelo de elevación corregido (denominado “hidrológicamente correcto”) donde se eliminan puntos bajos que, en muchos casos, pueden ser considerados errores en la generación del modelo digital. Este aspecto es importante ya que todo el proceso posterior de la red se realiza sobre un terreno modificado que ignora los endorreísmos existentes en la cuenca, que pueden condicionar fuertemente el comportamiento general de la escorrentía. En el caso de la Rambla de Alcalá existe una **depresión** justo al Norte de Alcalá de Xivert, con un volumen de **1,50 Hm³** estimado comparando el modelo de elevación original con el corregido, por lo que no puede ignorarse su influencia en el comportamiento global de la cuenca, así como una pequeña depresión en T.M. de Peñíscola de muy pequeña magnitud que no se ha considerado.
- Definición de direcciones de flujo en cada celda, comparando la cota de la celda con las ocho adyacentes y calculando la pendiente máxima (algoritmo D8 de Moore).

- Mapa de celdas drenantes acumuladas, añadiendo un nuevo campo al M.D.T. que indica el número total de celdas que drenan a cada una de las que forman el modelo, siguiendo hacia aguas arriba el camino definido por las direcciones de máxima pendiente.
- Definición de la red hidrográfica, formada por todas aquellas celdas cuyo número de celdas drenantes acumuladas supera un determinado umbral. En este caso se elige un umbral de 0,50 km² (1.250 celdas), que proporciona una buena definición de la red. Se adjunta en el Anexo mapa de distribución de celdas drenantes a escala 1:200,000, donde se observa perfectamente el desarrollo de la cuenca de la Rambla de Alcalá, río de San Miguel y Rambla de Cervera.

Una vez definida la red hidrográfica los siguientes pasos corresponden a procesos de cálculo y vectorización de los resultados para obtener por topología las superficies de cada subcuenca y los valores agregados en cada nodo de la red:

- Segmentación de la red hidrográfica (procesando cada uno de los tramos entre confluencias)
- Delineación de la subcuenca vertiente correspondiente a cada subtramo de la red hidrográfica
- Vectorización de las subcuencas.
- Vectorización de los tramos de la red drenante.
- Agregación de subcuencas.

El resultado final (denominado “Procesamiento previo del terreno”) es la división de la zona de estudio en superficies parciales que corresponden a subcuencas unitarias, definidas por el tamaño mínimo del umbral, de las que se conocen sus parámetros principales (superficie y perímetro, longitud del tramo de cauce, cotas en los extremos y pendiente parcial). A partir de estos resultados un nuevo módulo permite, definido un punto concreto de la red, obtener la cuenca total drenante, así como definir subcuencas parciales introduciendo puntos intermedios.

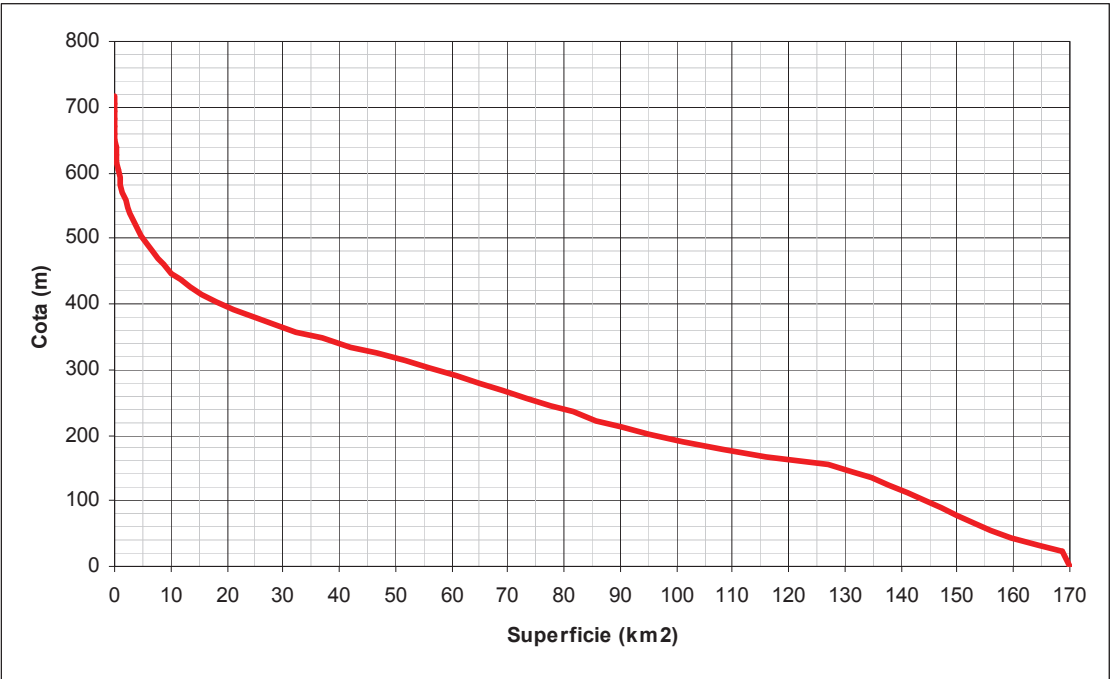
Se ha definido como punto de salida de la cuenca la desembocadura, siendo los parámetros principales:

- Superficie de la cuenca:	170,0 km²
- Perímetro de la cuenca:	106,7 km
- Longitud del recorrido principal:	34.100,0 m
- Cota máxima en el recorrido principal:	+ 603,0 m
- Cota mínima en el recorrido principal:	+ 0,00 m
- Pendiente media en el recorrido principal:	1,77 %

Se adjunta en el Anexo planta a escala 1:125.000 con la superficie total de la cuenca y la distribución en subcuencas (umbral en este caso 1,0 km²), la red hidrográfica completa y el recorrido principal.

Se destaca que más de la mitad del recorrido principal corresponde a la Rambla del Mas, que es nominalmente un cauce tributario.

También proporciona información importante desde el punto de vista geomorfológico la curva hipsométrica de la cuenca, que refleja la superficie parcial de la cuenca con cotas mayores de una dada:



Esta curva es típica de cuencas sedimentarias, con un potencial erosivo reducido.

4.1.- TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Según la expresión propuesta por Témez, el tiempo de concentración se estima como:

Tc = 0,3 · (L / J^1/4) ^ 0.76

- donde: .-Tc es el tiempo de concentración, en horas
- .- L es la longitud del curso principal, en km
- .- J: es la pendiente media del curso principal, en m/m.

A partir de los valores obtenidos del análisis de la cuenca resulta:

Tc = 9,44 h

4.2.- COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE LA CUENCA.

El coeficiente de uniformidad (**K**) es un parámetro unidimensional introducido por Témez en la metodología con posterioridad a la Instrucción 5.2-IC y que corrige la hipótesis inicial del Método Racional que considera la intensidad neta (lluvia menos abstracción) constante en todo el intervalo de duración del aguacero, hipótesis del lado de la inseguridad.

Con esta formulación se amplía la validez del método a cuencas de hasta 3,000 km² y tiempo de concentración 24 h (75 km² y Tc < 6 h en la Instrucción).

Se ha comprobado que el valor medio de este coeficiente en una cuenca concreta depende fundamentalmente del tiempo de concentración, proponiéndose por Témez la expresión:

K = 1 + Tc^1,25 / Tc^1,25 + 14

resultando para la cuenca de la Rambla de Alcalá:

K = 1,54

4.3.- DEFINICIÓN DE SUBCUENCAS REPRESENTATIVAS.

Aunque para el tamaño global de esta cuenca (170,0 km²) se obtiene una estimación aceptable de los caudales máximos sin considerar subcuencas parciales sí hemos considerado interesante para la comprensión del comportamiento frente a lluvias extremas la división en subcuencas representativas ya que esta rambla presenta ciertas características especiales:

- .- Zona endorreica en cabecera de la Rambla de Alcalá, justo al Norte de Alcalá de Xivert, con un volumen de almacenamiento importante (≈ 1,50 Hm³). La cuenca vertiente en la salida del embalse es de 28,10 km², lo que supone un 17 % del total.
- .- Dos ramales independientes de gran desarrollo relativo en la parte alta, aguas arriba de la confluencia en Santa Magdalena de Pulpis, Rambla del Mas (50,5 km², L ≈ 21,5 km, 2,40 % pendiente media) y Rambla de Alcalá (58,2 km², L ≈ 18,4 km, 1,70 %, endorreísmo) y características morfológicas muy diferentes tanto en pendiente como en capacidad de absorción del suelo y en tiempo de respuesta de la red.
- .- Una sección de control evidente en el cruce de la rambla con la N-340, que puede considerarse el ápice del cono de inundación litoral (aunque quizás se localice más propiamente en el límite entre Peñíscola y Benicarló, a 1,5 km aguas abajo). Esta sección coincide con el inicio del tramo en estudio para el encauzamiento de la rambla. La superficie de la cuenca situada aguas abajo de esta sección, aunque ha sido computada en los cálculos para la estimación de los caudales de diseño, presenta una conexión hidráulica deficiente con el cauce principal, tanto por la escasa pendiente y la proliferación de pequeños banales de huerta completamente horizontales como por las infraestructuras existentes que actúan como barrera al flujo. Los parámetros de la cuenca vertiente en el puente de la N-340 son:

.- Superficie:	148,4	km²	(≈ 87 % del total)
.- Longitud recorrido principal:	30,2	km	(≈ 89 % del total)
.- Diferencia de cotas:	579,0	m	(≈ 96 % del total)

- .- Una red tributaria relativamente importante (15,0 km², 9 % del total) que conecta con la rambla en el tramo final del recorrido, dentro del llano de inundación. Esta subcuenca tiene unas características geomorfológicas propias (mucho más llana), unos límites muy claros definidos por las infraestructuras existentes (en paralelo FF.CC. y carretera N-340) que actúan como barrera entre cuenca principal y tributaria y una conexión con la principal definida por una obra de paso en la N-340 y un canal artificial de 6,0 · 3,0 m, con capacidad reducida, que provocarán con toda seguridad la laminación de los caudales generados en esta subcuenca.

A partir de los supuestos anteriores se plantean dos subdivisiones diferentes, de las que se adjuntan en el Anexo plantas a escala 1:125.000 detallando los límites parciales:

- División en confluencias, resultando como subcuencas representativas la Rambla del Más, la Rambla de Alcalá en Sta. Magdalena, la Rambla de Alcalá en la N-340 y la zona de El Plá de Benicarló (Barranco de la Sotá, que denominamos Subcuenca 3).
- División en subcuencas homogéneas por sus rasgos geomorfológicos, que comprendería la zona endorreica de Alcalá (**Subcuenca 1**), la cuenca principal que en nuestra opinión corresponde al recorrido principal Rambla del Mas - Rambla de Alcalá, de la que sería un tributario el tramo de la Rambla de Alcalá aguas arriba de Sta. Magdalena (**Subcuenca 2**, con límite en el puente de la N-340), el Barranco de la Sotá (**Subcuenca 3**) como un tributario morfológicamente diferente y la zona baja (**Subcuenca 4**).

Se considera esta última subdivisión como la más representativa de las características de la cuenca, lo que se tendrá en cuenta tanto en la utilización de parámetros homogéneos para estimar el umbral de escorrentía como en su consideración para estimar los caudales de diseño. En particular se compararán los resultados referidos a la cuenca completa y en el ápice del cono de inundación (puente N-340).

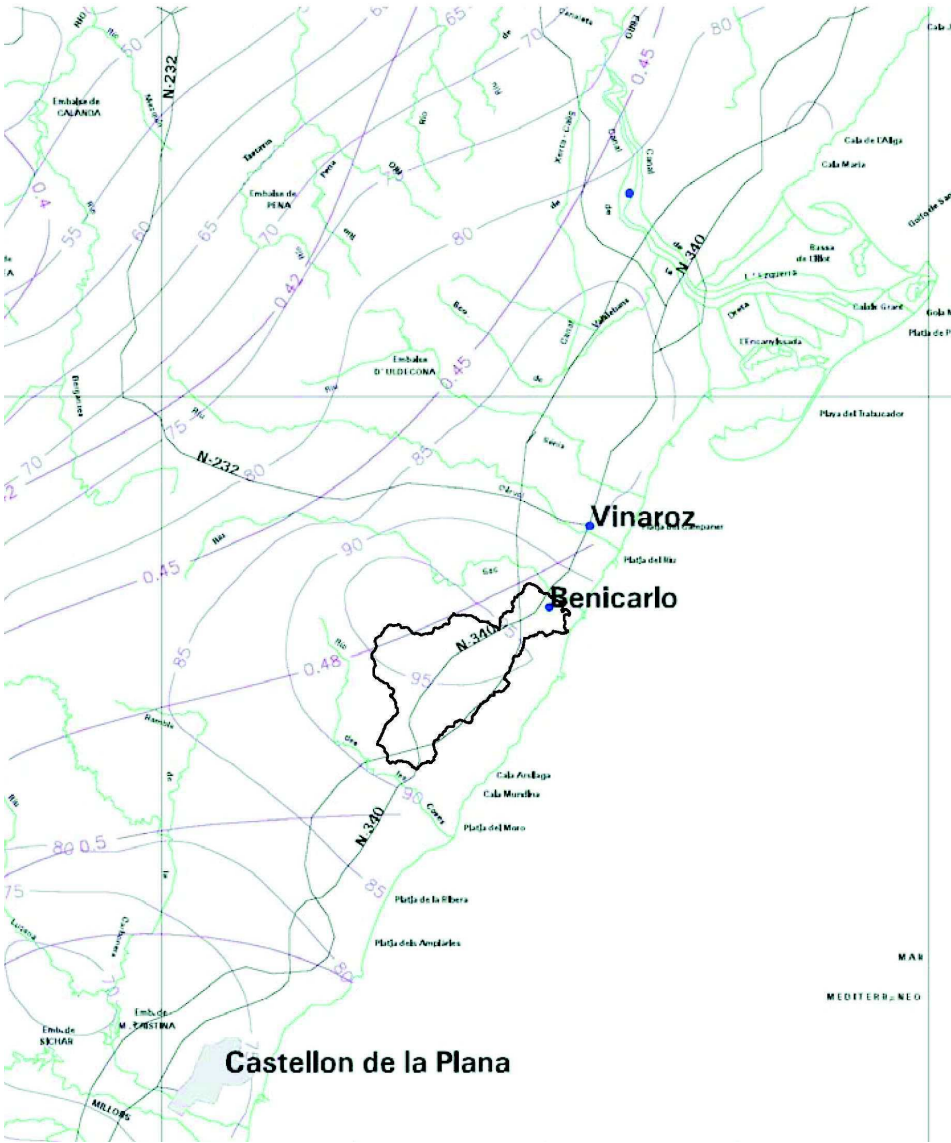
5.- **MODELO PLUVIOMÉTRICO.**

5.1.- **PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA.**

Para la estimación de la precipitación máxima diaria asociada al periodo de retorno considerado se ha utilizado el método propuesto en la monografía "Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular" (Ministerio de Fomento, D. G. de Carreteras,1999). Este método tiene como base el estudio realizado por D. Javier Ferrer Polo en su tesis doctoral, titulada "El modelo de función de distribución SQRT-ET max en el análisis regional de máximos hidrológicos: aplicación a lluvias diarias", de 1996, desarrollado posteriormente en colaboración con el CEDEX. Se puede considerar como el mejor estudio disponible en estos momentos en España.

El método es del tipo regional, modificando el enfoque anterior. Denominado tradicionalmente "índice de avenida", este método asume que la variable Y resultante de dividir en cada estación los valores máximos anuales por su media, $Y = P / P_m$, sigue idéntica distribución de frecuencia en toda la región considerada. La estimación de los cuantiles locales X_t en un punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales Y_t (denominados Factores de Amplificación **K_T** en la referida publicación) con la media local P_m según la siguiente expresión $X_t = Y_t \cdot P_m$ (t ≡ Periodo retorno)

La incertidumbre existente respecto a los límites considerados en las regiones (discontinuidad de borde, ...), se resuelve adoptando a escala nacional un mapa de isolíneas de coeficiente de variación (**C_v**), suavizando estas discontinuidades, cuyo detalle se adjunta con la implementación sobre el mismo de la cuenca en estudio. Un mayor detalle sobre la idoneidad de la función de distribución SQRT-ET max respecto de otras opciones y los procesos de estimación de los parámetros puede obtenerse en la monografía citada.



Dado que el estudio regional se ha realizado con datos de lluvias anteriores a 1995 se recomienda (Albentosa, 2004) corregir el valor de la precipitación media a partir de los datos actualizados de estaciones del entorno de la cuenca, manteniendo el coeficiente de variación ya que es un parámetro muy consistente. Sin embargo, en este caso las estaciones pluviométricas se localizan en los extremos de la cuenca y la calidad de los datos registrados es deficiente (Portolés, 2003), por lo que se ha considerado más adecuado obtener los datos directamente del análisis regional. En el Anexo se adjunta mapa con la localización de las estaciones.

El Ministerio de Fomento ha desarrollado un programa de cálculo, denominado MAXPLU. para la estimación de la precipitación máxima diaria siguiendo el método propuesto, en función de las coordenadas de un punto representativo de la cuenca y del periodo de retorno considerado. El proceso es el siguiente:

- A partir de localización geográfica $\Rightarrow$ P_m (precipitación media), C_v (coeficiente de variación)
- A partir de C_v , T $\Rightarrow$ K_T (factor de ampliación)

estimándose la precipitación máxima diaria como:

$$P = K_T \cdot P_m$$

En función de lo anterior, tomando como coordenada representativa de la cuenca el centroide de la misma (estimado por el método de la elipse y como punto medio del recorrido principal, los dos casi coinciden en la cuenca total):

$$x \approx 778.200 \quad y \approx 4.474.400$$

los parámetros característicos resultan:

- P_m (precipitación media): 96,0 mm/d
- C_v (coeficiente de variación): 0,486

resultando, para distintos periodos de retorno, valores de precipitación máxima diaria:

<u>T (años)</u>	<u>P_d (mm)</u>
25	194
50	228
100	263
200	300
500	353

Estos valores están en el mismo orden (ligeramente superiores) a los obtenidos en los estudios de Portolés (ajuste regional, tras desechar razonadamente los datos registrados, en un punto no definido de la cuenca) e INARTEC (ajuste regional, calculado de forma distribuida mediante herramientas SIG a partir de una malla de 500 · 500 m e interpolación mediante krigging), tal y como era lógico a la vista de la distribución de las isolíneas de P_m y C_v en la cuenca.

Los resultados anteriores deben afectarse por el denominado Factor de Reducción Areal (ARF), coeficiente adimensional que intenta corregir la hipótesis de lluvia simultánea sobre toda la cuenca, que es más restrictiva cuando mayor es la superficie considerada. La expresión propuesta por Témez es:

$$K_A = 1 + \frac{\log S}{15}$$
 S = superficie de la cuenca, en km².

resultando, para la Rambla de Alcalá, $K_A = 0,85$, y los valores corregidos de precipitación:

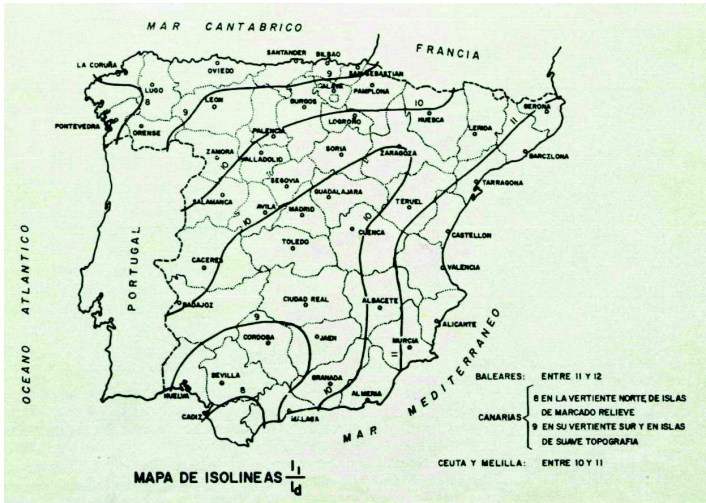
<u>T (años)</u>	<u>P_d (mm)</u>
25	165
50	194
100	224
200	255
500	300

5.2.- INTENSIDAD DE CÁLCULO.

La máxima intensidad media de la precipitación de cálculo viene dada según la expresión:

$$I = Id \left(\frac{I_1}{Id} \right)^{\left(\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{0.4} \right)}$$

- donde:
- Id: intensidad media de la precipitación diaria máxima (P_d); I_d = P_d / 24.
 - I₁/Id: parámetro característico del lugar de emplazamiento de la zona de estudio, correspondiente a cuencas de T_c igual a una hora, que se obtiene para el territorio peninsular de las isolíneas de la figura que se acompaña a continuación. Se adopta el valor de **11,3** para la cuenca de la Rambla de Alcalá.



resultando, para la precipitación máxima corregida por el factor de reducción areal:

T (años)	I _t (mm/h)
25	16,6
50	19,5
100	22,5
200	25,7
500	30,2

6.- MODELO DE INFILTRACIÓN.

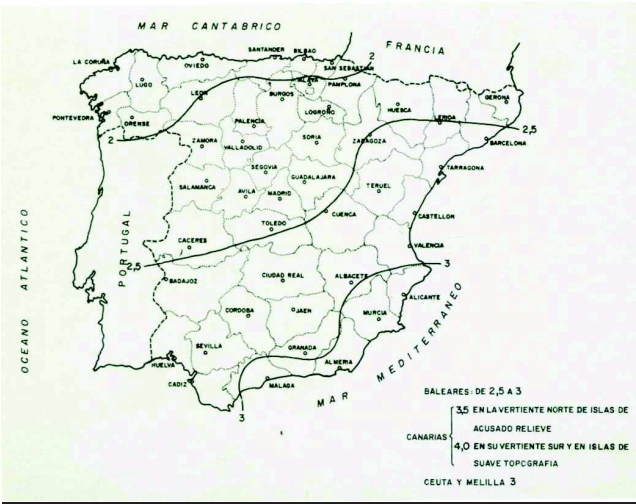
La capacidad de infiltración, que define qué proporción de la lluvia caída se transforma en escorrentía neta, es función de las propiedades físicas del suelo, de la humedad del mismo con anterioridad al aguacero, de la pendiente del terreno, del tipo y condiciones de la cubierta vegetal y de la duración e intensidad de la lluvia.

El modelo de infiltración propuesto en el Método de Témez deriva del propuesto por el Soil Conservation Service (S.C.S.) de Estados Unidos, ampliamente utilizado y con un buen comportamiento en regiones con cauces efímeros y de fuerte torrencialidad, como las cuencas mediterráneas, basado en la suposición de que existe un valor de intercepción inicial, denominado umbral de escorrentía (P_e) por debajo del cual la precipitación no genera flujo.

El valor del umbral se discretiza en unas tablas (Tabla 2.1 de la Instrucción 5.2-IC) cuyos campos de entrada son:

- Uso de la tierra.
- Pendiente del terreno.
- Características hidrológicas (densidad de la cubierta vegetal, hábitos de cultivo).
- Grupo de suelo, atendiendo a la capacidad de infiltración.

El parámetro relativo a las condiciones iniciales de humedad, que en el método del S.C.S. se discretiza en tres grupos (terreno seco, medio y húmedo) se ha regionalizado en el método de Témez como un factor corrector que refleja la humedad inicial habitual en el suelo al comienzo de los aguaceros más significativos (los que producen mayor escorrentía):



El coeficiente de escorrentía (**C**) correspondiente al intervalo de máxima intensidad de precipitación (de duración Tc), se estima a partir de P_d y P_o mediante la expresión:

$$C = \frac{[(Pd/Po) - 1] \cdot [(Pd/Po) + 23]}{[(Pd/Po) + 11]^2}$$

Como se deduce de esta exposición inicial, el margen de arbitrariedad y error inherente a este método es elevado, por lo que es sumamente útil el empleo de S.I.G. para poder, al menos, tratar de forma objetiva toda la información necesaria y obtener de forma distribuida los valores del umbral en cada celda del modelo mediante la combinación de valores de distintos campos.

Las capas de información utilizadas han sido:

- Mapa de pendientes del terreno.
- Cartografía Temática de la Comunidad Valenciana (C.O.P.U.T.), hojas 571 y 594.
 - Cobertura ArcInfo Capacidad de Uso del Suelo.
 - Cobertura ArcInfo Usos del Suelo.
- Ortofotos a escala 1:5.000 del I.C.V., con vuelos del año 2001, hojas 571 y 594.

Esta información ha sido contrastada con visitas a las distintas zonas, comprobando las características actuales de la cobertura vegetal, el grado de abancalamiento en las zonas de cultivos, los hábitos de trabajo de la tierra (arado siguiendo las curvas de nivel o la dirección de máxima pendiente), la existencia o no de cárcavas, las secciones de los cauces existentes, ...

6.1.- MAPA DE PENDIENTES RECLASIFICADAS.

A partir del campo distribuido de pendientes en la cuenca de la Rambla de Alcalá se han reclasificado los valores en cada celda en tres categorías:

- Pendiente < 3 %
- Pendiente entre el 3 % y el 10 %
- Pendiente mayor del 10 %

Se ha introducido una clasificación intermedia (3 % < Pend < 10 %) ya que **se comprueba con las ortofotos** que los cultivos ocupan casi exactamente las zonas con pendiente menor del 10 % y, sobre el terreno que en la mayor parte de los casos las parcelas están abancaladas.

6.2.- USO DE LA TIERRA (CUBIERTA DEL SUELO).

Se ha comprobado una correlación muy estrecha entre las clases y subclases de la cobertura de Capacidad de Uso y la densidad de la cubierta vegetal, lo que ha permitido refinar y ajustar los datos incluidos en la cobertura de uso del suelo:

- Los suelos clasificados de **mayor capacidad (clase B)** se concentran en la zona endorreica de Alcalá (como es lógico dada la acumulación de sedimentos), y en las zonas llanas de Benicarló donde coinciden prácticamente con la extensión de la huerta. En la zona de Alcalá encontramos cultivos de secano, de regadío (naranjos) y zonas sin cultivar en las partes bajas con mayor frecuencia de anegamiento, siempre dispuestos en bancales, por lo que se pueden asociar a estos terrenos valores altos del umbral de escorrentía, por encima de lo indicado en las tablas.



Foto nº 1: Vista de la zona endorreica desde el paso superior de la N-340 en Alcalá de Xivert

- Los suelos clasificados como de **clase C** en cuanto a su capacidad coinciden prácticamente con los terrenos cultivados (generalmente la trilogía mediterránea: almendros, olivos, algarrobos) y con la franja de terreno de pendientes comprendidas entre el 3 % y el 10 % (la que mejor ajusta con los cultivos). En casi todos los casos la limitación es por espesor del suelo, no por riesgo de erosión (predominan los bancales) y donde se mantienen los cultivos en explotación se tienen en cuenta prácticas agrícolas que favorecen la retención del agua



Foto nº 2: Cono de deyección de la Rambla del Más, entre Sta. Magdalena y Salzadella



Foto nº 3: Cultivos en el Plá de Balleste. La piedra retirada se acumula cerrando el recinto.

.- Los suelos clasificados como de **clase D** se ubican en su totalidad en zonas con pendiente mayor del 10 %, y en general no se puede hablar de aprovechamiento agrícola, aunque existen zonas significativas donde las laderas han sido abancaladas, sobre todo en la cabecera de la Rambla del Mas (Talaies d’Alcalá, zona del Plá de Balleste). En general se trata de colinas calizas con monte bajo de media y escasa densidad, tal y como se observa al fondo de la fotografía anterior, con las siguientes excepciones:

.- En cabecera de la Rambla del Mas, en zona más occidental de la cuenca y donde se localizan las cimas (Tossal d’En Canes, 716 m) la vegetación es mucho más espesa, lo que puede indicar una zona con mayores precipitaciones debido a efectos convectivos. Se observa asimismo mayor presencia de terrazas en las laderas que en otras zonas. Se ha clasificado esta zona como “Matorral de alta densidad”. Además se clasifica como bosque una pequeña zona indicada como tal en la cobertura de usos del suelo.



Foto nº 4: Alta densidad de matorral y predominio de terrazas en la zona del Tossal d’En Canes.

.- En cabecera de la Rambla de Alcalá, en la Sierra de Irta (frente a Alcalá de Xivert) la cobertura de usos del suelo clasifica toda la franja con pendientes mayores del 10 % como “Bosque”. En la foto adjunta se puede comprobar que el arbolado no ocupa toda la ladera. Se ha mantenido la clasificación, sin embargo, ya que esta zona **corresponde a la Subcuenca 1** (zona endorreica, con fuerte laminación de caudales) y a que no se han considerado otras pequeñas zonas boscosas de las laderas de Sierra de Irta, más al Norte.



Foto nº 5: Zonas boscosas en Sierra de Irta frente a Alcalá de Xivert. En primer plano los cultivos y barbechos de la zona baja entre la N-340 y la AP-7.

.- Los suelos clasificados como de **Clase E y È (Ò)** en cuanto a su capacidad de uso hidrológico han sido considerados en su totalidad como matorral de Baja Densidad, despreciando algunas pequeñas zonas boscosas y abancaladas situadas en Sierra de Irta y en las partes altas de la cuenca de la Rambla del Más.

Combinando la información anterior se clasifican los usos del suelo en la cuenca en siete (7) categorías, afinando la clasificación inicial incluida en la cobertura de Usos del Suelo (C.O.P.U.T.):

- .- Frutal de regadío: Suelo clase B y pendiente menor del 3 % en la zona de Benicarló.
- .- Bancales Secano: Suelo clase B y pendiente menor del 3 % en la Subcuenca 2.
- .- Frutal Secano: Suelo clase C y pendiente menor del 3 %, en toda la cuenca.
- .- Bosque: Zonas de bosque en la cobertura de Usos del Suelo (C.O.P.U.T.)
- .- Matorral, alta densidad: Suelo clase D en la zona del Tossal d’En Canes.
- .- Matorral: Suelo clase D en todo el resto de la cuenca.
- .- Matorral, baja densidad: Suelo clase E en toda la cuenca.



Foto nº 6: Terrenos clase E (matorral baja densidad) en los montes que limitan Sta. Magdalena con Cervera. En primer término zonas abancaladas en suelos clase C.



Foto nº 7: Terrenos clase E en Sierra de Irta, en T.M. de Peñíscola

6.3.- **ADAPTACIÓN CLASIFICACIÓN DE LA CUBIERTA DEL SUELO A LAS CLASES DEFINIDAS EN LA INSTRUCCIÓN 5.2-IC. UMBRAL INICIAL DE LA CUENCA.**

Dado que la tabla 2.1 de la Instrucción 5.2-IC es una transposición directa de las tablas del S.C.S. aplicadas en Estados Unidos, con plantaciones de características diferentes, debe realizarse una nueva reclasificación de los usos anteriores buscando la mejor equivalencia con las categorías de la tabla para obtener los valores iniciales del umbral de escorrentía.

El Departamento de Ingeniería Hidráulica de la U.P.V. recomienda:

Cubierta / Uso del Suelo		Clase S.C.S. (Tabla 2.1)	P _{0i} (Grupo B)
.- Urbanizado, infraestructuras	⇔	Roca permeable	5
.- Regadío hortícola	⇔	Rotación cultivos densos, N	42
.- Otros aprovechamientos de regadío	⇔	Cultivos en hilera, N	
.- Herbáceos de secano	⇔	Pradera media	
.- Viñedos y frutales de secano	⇔	P.R.A.F., pobre	28; 34
.- Matorral	⇔	Masa forestal clara / media.	24; 34
.- Pinada y monte bajo	⇔	Masa forestal espesa.	47

Finalmente, en cuanto al grupo de Suelo son predominantes en toda la cuenca los materiales calizos, con texturas que corresponden al **grupo B**.

En el presente estudio, y tras procesar toda la información, se adopta el mismo criterio con tres modificaciones:

- En la **Subcuenca 1**, que corresponde a la zona endorreica, los terrenos definidos como Bancales de Secano corresponden a suelos de capacidad de uso clase B en los que se produce encharcamiento debido a la depresión existente. Se propone aumentar el valor del umbral de P₀ = 34 mm, correspondiente a plantaciones regulares pobres con pendiente menor del 3 % en suelo del grupo B (infiltración moderada según el criterio del S.C.S.) al inmediatamente superior, **P₀ = 42 mm** (plantaciones regulares medias). La interceptión real debe ser mucho mayor que la adoptada, ya que para la capacidad de uso clase B el espesor mínimo de los suelos es de 0.30 m, y quedarían completamente anegados.

- En la zona de huerta de Benicarló, **Subcuencas 3 y 4**, las parcelas de regadío hortícola que están preparadas en origen para riego a manta en láminas de agua de 0,15 a 0,20 m tienen obviamente un umbral de escorrentía mucho mayor que el correspondiente a rotación de cultivos densos (P₀ = 25 para suelos de grupo B). Se propone el valor inmediatamente superior, **P₀ = 47** (suelos grupo A).
- Respecto a los cultivos de secano (almendros, olivos), que se consideran como Plantación regular de aprovechamiento forestal - pobre, se propone tener en cuenta el predominio de disposiciones en bancal y aplicar en toda la zona con pendientes menores del 10 % el valor correspondiente a pendientes menores del 3 %, más ajustado a la realidad del terreno. En este caso el valor del umbral de escorrentía se establece en **P₀ = 34** para pendientes menores del 10 % y **P₀ = 26** para pendientes mayores del 10 %

Sobre los resultados anteriores, organizados de forma distribuida como capas de información en cada una de las celdas (20 · 20 m) del M.D.T. de la cuenca, y utilizando las herramientas de ArcView Map Query y Map Calculator (aplicando codificación con números primos de cada campo, multiplicación cruzada y reasignación de valores), se obtiene el mapa de distribución del umbral de escorrentía en condiciones medias y sin corregir, resultando un valor medio:

Po Inicial	Contador Celdas	Celdas · Po
5	9.723	48.615
24	189.291	4.542.984
26	14.535	377.910
34	139.735	4.750.990
42	17.990	755.580
47	53.763	2.526.861
Totales	425.037	13.002.940
Sup. Total (m ²)	170.014.800	
Po inicial:		30,6

Se adjunta en el Anexo planta a escala 1:125.000 con la distribución de los valores iniciales del umbral de escorrentía.

6.4.- FACTOR CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA.

Como ya se ha citado el parámetro relativo a las condiciones iniciales de humedad se ha regionalizado en el método de Témez como un factor corrector que refleja la humedad inicial habitual en el suelo al comienzo de los aguaceros más significativos (los que producen mayor escorrentía), reflejada en el mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (Fig. 2.5, Instrucción 5.2-IC).

Para la Rambla de Alcalá este factor corrector se estima en **2.70**, resultando un valor del umbral de escorrentía medio para toda la cuenca:

$$P_o = 82.6 \text{ mm}$$

6.5.- INFLUENCIA DEL ENDORREÍSMO DE ALCALÁ DE XIVERT EN EL VALOR FINAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA.

El endorreísmo de Alcalá genera un embalse de capacidad mínima 2,0 Hm3, cuyo comportamiento real es muy difícil de estimar (de entrada requiere una cartografía muy detallada del cruce con la N-340 y un estudio hidráulico de la capacidad de desagüe en la zona de rebose, ya que no coincide exactamente con la ubicación de la obra de paso) pero que no puede obviarse sin sobrevalorar excesivamente los caudales de diseño en la cuenca.

Se propone abordar el problema de forma aproximada considerando el almacenamiento en depresión como un sumando más del umbral de escorrentía (corregido) en cada celda de la zona endorreica, ya que no se producirá escorrentía neta entre la Subcuenca 1 y la Subcuenca 2 mientras la cota de embalse no supere la cota del canal de salida. No se tiene en cuenta, del lado de la seguridad, el efecto de laminación del embalse.

Con esta modificación, el valor final del umbral de escorrentía medio en la cuenca de la Rambla de Alcalá se estima en:

$$P_o = 82.6 \text{ mm} + 2,0 \cdot 10^9 / 170 \cdot 10^6 = 94.2 \text{ mm}$$

Se adjunta en el Anexo planta a escala 1:125.000 con la distribución de los valores finales del umbral de escorrentía, incluyendo el efecto del endorreísmo.

6.6.- DISTRIBUCIÓN DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA POR SUBCUENCAS.

Se considera interesante para entender el comportamiento de la cuenca reflejar las diferencias de valor medio del umbral entre las subcuencas propuestas, sobre todo entre la Subcuenca 2 y todas las demás. Al efecto se adjuntan en el Anexo plantas con la distribución del valor final en cada subcuenca, siendo los valores medios resultantes:

	<u>Superficie (km²)</u>	<u>P_o medio (mm)</u>	
Subcuenca 1	28,1	160,5	(*) 90,3 sin depresión
Subcuenca 2	120,3	77,2	
Subcuenca 3	15,6	102,5	
Subcuenca 4	6,0	103,6	

Estos valores, combinados con la forma característica de la cuenca (muy alargada, lo que exagera el efecto de laminación del endorreísmo), al perfil del recorrido principal y a que tanto las curvas regionalizadas de precipitación máxima diaria como los datos físicos (mayor densidad de vegetación en cabecera de la Rambla del Más, zona más alta de la cuenca, bien orientada respecto a los temporales de Levante con vientos de Noreste que entran por Peñíscola, mientras que la zona de Alcalá está protegida por la Sierra de Iрта) indican que los aguaceros más intensos y los que presumiblemente generan los caudales más importantes se concentran sobre la subcuenca 2, siendo escasa la influencia real de las otras cuencas sobre los caudales punta generados.

6.7.- COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.

El coeficiente de escorrentía (**C**) correspondiente al intervalo de máxima intensidad de precipitación (de duración T_c), se estima a partir de P_d y P_o mediante la expresión:

$$C = \frac{[(Pd/Po) - 1] \cdot [(Pd/Po) + 23]}{[(Pd/Po) + 11]^2}$$

mientras P_o se estima como una constante del sistema (una vez definidas las condiciones de humedad iniciales), el valor de la precipitación crece con el periodo de retorno considerado, siendo por tanto mayor el coeficiente de escorrentía para periodos mayores.

7.- ESTIMACIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO.

A partir de los valores deducidos de todos los parámetros que intervienen en el modelo de transformación lluvia - escorrentía que se propone (Método Modificado de Témez), los caudales estimados de diseño para la cuenca global (incluyendo la Subcuenca 4, cuya conexión con el tramo final del cauce es dudosa) y distintos periodos de retorno son:

.- T = 25 años.

NOMBRE DE LA CUENCA :		Rambla de Alcalá			
Datos generales	Superficie (km2)	170,00			
	Dif. de cotas (m.)	603,00	Pendiente media (%)	1,77	
	Longitud (m.)	34.100,0	Tiempo concentr. (hr.)	9,44	
	Coef. de Reducción areal (Ka)	0,85	Coef. de Uniformidad (K)	1,54	
	Precip. diaria, Pd (mm/d)	194,00	Precip. corregida $K_a \cdot P_d$	164,90	
	I1 / Id	11,30			
	Int. media It (mm/ h.) :	16,60	Int. cálculo It (mm/ h.)	16,60	
Datos subcuencas	Nº	Orden	Área (km²)	Descripción del suelo	P ₀ (mm)
	1	28,10		Integración del Umbral de Escorrentía mediante SIG, con un	160,5
	2	120,30		factor corrector de 2.70 y teniendo en cuenta el endorreismo de	77,2
	3	15,60		Alcalá de Xivert	102,5
	4	6,00			103,6
	5				
	Umbral de escorrentía medio (mm), sin corregir:				94,22
Coef. Corrector del Umbral:		1,00	Umbral Escorrentía (mm):	94,20	
			Coef. de Escorrentía:	0,11	
CAUDAL DE CALCULO :		132,9	m³/s	$Q \text{ (m}^3/\text{s)} = K \cdot C \cdot It \cdot A / 3.6$	

.- T = 50 años.

NOMBRE DE LA CUENCA :		Rambla de Alcalá			
Datos generales	Superficie (km2)	170,00			
	Dif. de cotas (m.)	603,00	Pendiente media (%)	1,77	
	Longitud (m.)	34.100,0	Tiempo concentr. (hr.)	9,44	
	Coef. de Reducción areal (Ka)	0,85	Coef. de Uniformidad (K)	1,54	
	Precip. diaria, Pd (mm/d)	228,00	Precip. corregida $K_a \cdot P_d$	193,80	
	I1 / Id	11,30			
	Int. media It (mm/ h.) :	19,50	Int. cálculo It (mm/ h.)	19,50	
Datos subcuencas	Nº	Orden	Área (km²)	Descripción del suelo	P ₀ (mm)
	1	28,10		Integración del Umbral de Escorrentía mediante SIG, con un	160,5
	2	120,30		factor corrector de 2.70 y teniendo en cuenta el endorreismo de	77,2
	3	15,60		Alcalá de Xivert	102,5
	4	6,00			103,6
	5				
	Umbral de escorrentía medio (mm), sin corregir:				94,22
Coef. Corrector del Umbral:		1,00	Umbral Escorrentía (mm):	94,20	
			Coef. de Escorrentía:	0,16	

CAUDAL DE CALCULO :	227,1	m³/s	$Q \text{ (m}^3/\text{s)} = K \cdot C \cdot It \cdot A / 3.6$
---------------------	-------	------	---

.- T = 100 años.

NOMBRE DE LA CUENCA : Rambla de Alcalá

Datos generales	Superficie (km2)	170,00		
	Dif. de cotas (m.)	603,00	Pendiente media (%)	1,77
	Longitud (m.)	34.100,0	Tiempo concentr. (hr.)	9,44
	Coef. de Reducción areal (Ka)	0,85	Coef. de Uniformidad (K)	1,54
	Precip. diaria, Pd (mm/d)	263,00	Precip. corregida $K_a \cdot P_d$	223,60
	I1 / Id	11,30		
	Int. media It (mm/ h.) :	22,50	Int. cálculo It (mm/ h.)	22,50

Datos subcuencas	Nº	Orden	Área (km²)	Descripción del suelo	P ₀	(mm)
	1		28,10	Integración del Umbral de Escorrentía mediante SIG, con un	160,5	
	2		120,30	factor corrector de 2.70 y teniendo en cuenta el endorreismo de	77,2	
	3		15,60	Alcalá de Xivert	102,5	
	4		6,00		103,6	
	5					
	Umbral de escorrentía medio (mm), sin corregir:				94,22	

Coef. Corrector del Umbral: 1,00 Umbral Escorrentía (mm): 94,20

Coef. de Escorrentía: 0,19

CAUDAL DE CALCULO : 311,2 m³/s

$Q \text{ (m}^3/\text{s)} = K \cdot C \cdot It \cdot A / 3.6$

.- T = 200 años.

NOMBRE DE LA CUENCA : Rambla de Alcalá

Datos generales	Superficie (km2)	170,00		
	Dif. de cotas (m.)	603,00	Pendiente media (%)	1,77
	Longitud (m.)	34.100,0	Tiempo concentr. (hr.)	9,44
	Coef. de Reducción areal (Ka)	0,85	Coef. de Uniformidad (K)	1,54
	Precip. diaria, Pd (mm/d)	300,00	Precip. corregida $K_a \cdot P_d$	255,00
	I1 / Id	11,30		
	Int. media It (mm/ h.) :	25,70	Int. cálculo It (mm/ h.)	25,70

Datos subcuencas	Nº	Orden	Área (km²)	Descripción del suelo	P ₀	(mm)
	1		28,10	Integración del Umbral de Escorrentía mediante SIG, con un	160,5	
	2		120,30	factor corrector de 2.70 y teniendo en cuenta el endorreismo de	77,2	
	3		15,60	Alcalá de Xivert	102,5	
	4		6,00		103,6	
	5					
	Umbral de escorrentía medio (mm), sin corregir:				94,22	

Coef. Corrector del Umbral: 1,00 Umbral Escorrentía (mm): 94,20

Coef. de Escorrentía: 0,23

CAUDAL DE CALCULO : 430,3 m³/s

$Q \text{ (m}^3/\text{s)} = K \cdot C \cdot It \cdot A / 3.6$

.- T = 500 años.

NOMBRE DE LA CUENCA :		Rambla de Alcalá	
Datos generales	Superficie (km2)	170,00	
	Dif. de cotas (m.)	603,00	Pendiente media (%) 1,77
	Longitud (m.)	34.100,0	Tiempo concentr. (hr.) 9,44
	Coef. de Reducción areal (Ka)	0,85	Coef. de Uniformidad (K) 1,54
	Precip. diaria, Pd (mm/d)	353,00	Precip. corregida $K_a \cdot P_d$ 300,10
	I1 / Id	11,30	
	Int. media It (mm/ h.) :	30,20	Int. cálculo It (mm/ h.) 30,20

Datos subcuencas	Nº Orden	Área (km²)	Descripción del suelo	P ₀ (mm)
	1	28,10	Integración del Umbral de Escorrentía mediante SIG, con un	160,5
	2	120,30	factor corrector de 2.70 y teniendo en cuenta el endorreismo de	77,2
	3	15,60	Alcalá de Xivert	102,5
	4	6,00		103,6
	5			
	Umbral de escorrentía medio (mm), sin corregir:			94,22

Coef. Corrector del Umbral:	1,00	Umbral Escorrentía (mm):	94,20
-----------------------------	------	--------------------------	-------

Coef. de Escorrentía:	0,28
-----------------------	------

CAUDAL DE CALCULO :	615,6 m³/s
---------------------	------------

Q (m³/ s) = K · C * It * A / 3.6

A efectos del diseño hidráulico del encauzamiento en su tramo final el caudal de diseño será el correspondiente al periodo de retorno de 500 años.

Interesa también, dado que el encauzamiento se inicia en el cruce de la Rambla con la N-340 y que aguas abajo existe una confluencia, comparar estos resultados con los que aporta la cuenca vertiente en el puente de la carretera nacional (sólo la Subcuenca 2 y todo el conjunto incluyendo el endorreísmo), utilizando la misma metodología:

.- Rambla de Alcalá en el puente de la N-340. T = 500 años.

<u>NOMBRE DE LA CUENCA :</u>		Rambla de Alcalá en puente N-340	
Datos generales	Superficie (km2)	148,40	
	Dif. de cotas (m.)	579,00	Pendiente media (%) 1,92
	Longitud (m.)	30.200,0	Tiempo concentr. (hr.) 8,48
	Coef. de Reducción areal (Ka)	0,86	Coef. de Uniformidad (K) 1,51
	Precip. diaria, Pd (mm/d)	353,00	Precip. corregida $K_a \cdot P_d$ 303,60
	I1 / Id	11,30	
	Int. media It (mm/ h.) :	33,20	Int. cálculo It (mm/ h.) 33,20

Datos subcuencas	Nº Orden	Área (km²)	Descripción del suelo	P₀ (mm)
	1	28,10	Integración del Umbral de Escorrentía mediante SIG, con un	160,5
	2	120,30	factor corrector de 2.70 y teniendo en cuenta el endorreismo de	77,2
	3		Alcalá de Xivert	102,5
	4			103,6
	5			
	Umbral de escorrentía medio (mm), sin corregir:			92,97

Coef. Corrector del Umbral:	1,00	Umbral Escorrentía (mm):	93,00
------------------------------------	-------------	---------------------------------	--------------

Coef. de Escorrentía:	0,29
------------------------------	-------------

CAUDAL DE CALCULO :	598,6 m³/s
----------------------------	-------------------

$$Q \text{ (m³/s)} = K \cdot C \cdot It \cdot A / 3.6$$

- Subcuenca 2 en el puente de la N-340. T = 500 años.

NOMBRE DE LA CUENCA : Subcuenca 2 en puente N-340

Datos generales	Superficie (km2)	120,30		
	Dif. de cotas (m.)	579,00	Pendiente media (%)	1,92
	Longitud (m.)	30.200,0	Tiempo concentr. (hr.)	8,48
	Coef. de Reducción areal (Ka)	0,86	Coef. de Uniformidad (K)	1,51
	Precip. diaria, Pd (mm/d)	353,00	Precip. corregida $K_a \cdot P_d$	303,60
	I1 / Id	11,30		
	Int. media It (mm/ h.) :	33,20	Int. cálculo It (mm/ h.)	33,20

Datos subcuencas	Nº	Orden	Área (km²)	Descripción del suelo	P ₀ (mm)
	1			Integración del Umbral de Escorrentía mediante SIG, con un	160,5
	2		120,30	factor corrector de 2.70 y teniendo en cuenta el endorreísmo de	77,2
	3			Alcalá de Xivert	102,5
	4				103,6
	5				
	Umbral de escorrentía medio (mm), sin corregir:				77,20

Coef. Corrector del Umbral: 1,00 Umbral Escorrentía (mm): 77,20

Coef. de Escorrentía: 0,35

CAUDAL DE CALCULO : 585,6 m³/s

$Q \text{ (m}^3/\text{s)} = K \cdot C \cdot I_t \cdot A / 3.6$

Como puede comprobarse los valores calculados para el caudal de diseño tienen el mismo orden (diferencias menores del 5 %) a pesar de que la superficie considerada de la cuenca se ha reducido en un tercio (de 170,0 a 120,3 km²) lo que corrobora los comentarios sobre el protagonismo de la cuenca de la Rambla del Mas en la generación de los caudales punta.

Esta comparativa es útil, además, para estimar el reparto de caudales entre la rambla y la Subcuenca 3 aguas arriba de la confluencia, ya que resulta exagerado adoptar un reparto lineal en función de las superficies respectivas.

8.- CONCLUSIONES.

a partir de los resultados obtenidos en el Estudio Hidrológico de la cuenca de la Rambla de Alcalá se proponen como caudales de diseño del encauzamiento para distintos periodos de retorno:

T = 25 años Q ≈ 135 m³/s.

T = 50 años Q ≈ 230 m³/s.

T = 100 años Q ≈ 310 m³/s.

T = 200 años Q ≈ 430 m³/s.

T = 500 años Q ≈ 615 m³/s.

Se propone en el dimensionamiento hidráulico del encauzamiento para T = 500 años una distribución de los caudales aguas arriba de la confluencia con la Subcuenca 3:

- Rambla de Alcalá, entre la N-340 y la confluencia: Q ≈ 590 m³/s

- Subcuenca 3, aguas arriba de la confluencia: Q ≈ 25 m³/s

- Rambla de Alcalá, aguas abajo: Q ≈ 615 m³/s

Esta propuesta asigna al caudal punta generado en la Subcuenca 3 un menor peso respecto a la relación de superficies, teniendo en cuenta tanto la diferencia en el tiempo de recorrido hasta la desembocadura como el efecto de laminación de la obra de paso actual en la zona de Palau. Se ha considerado también el efecto de laminación del endorreísmo para reducir el caudal estimado para toda la cuenca vertiente en el puente de la N-340 (Q ≈ 600 m³/s). Las diferencias, en todo caso, son mínimas sea cual sea el criterio adoptado.

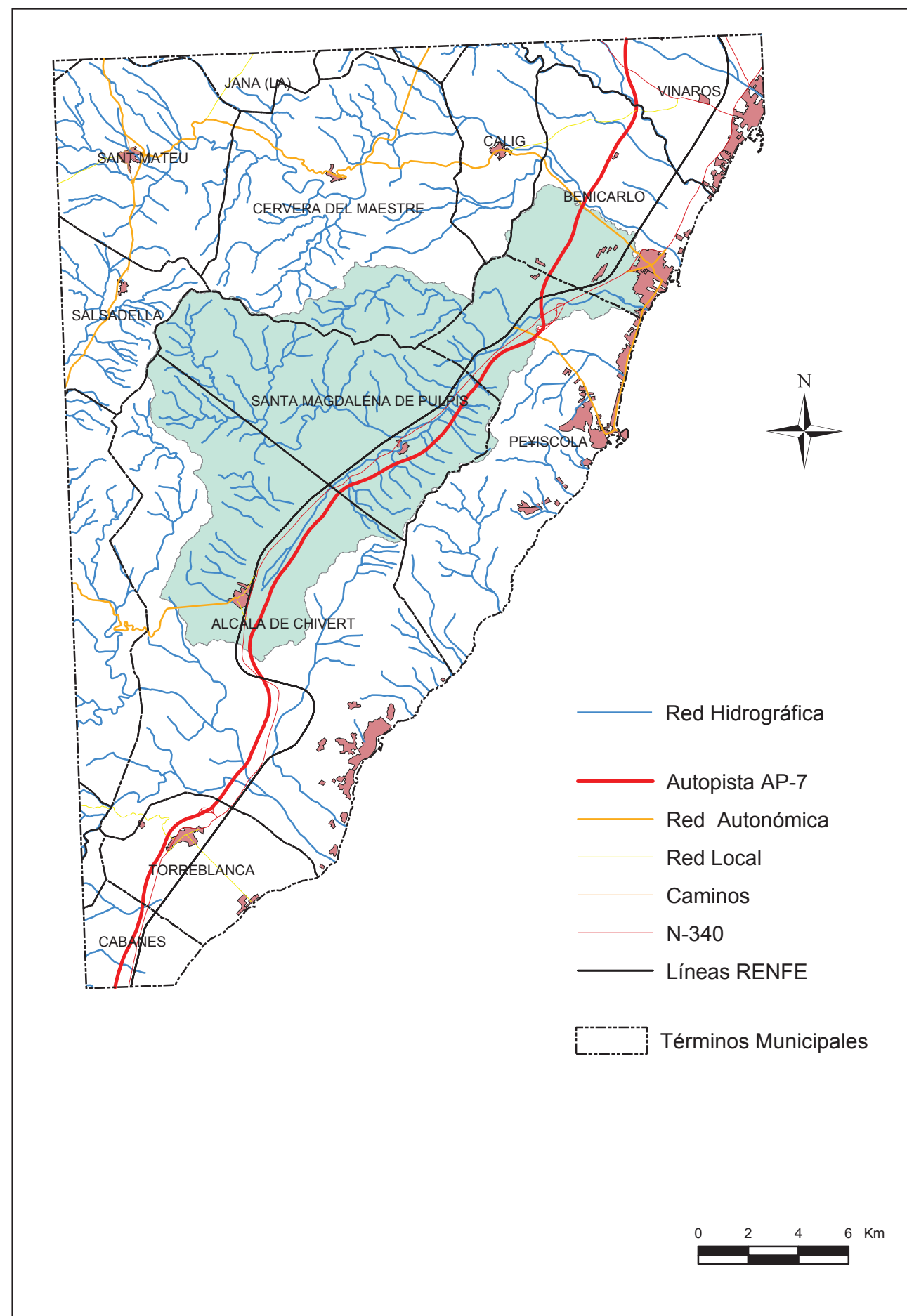
Para periodos de retorno menores se propone aplicar la misma relación de proporcionalidad.

Los mapas representativos del modelo digital se presentan siguiendo el orden en que se desarrolla la exposición del Estudio Hidrológico.

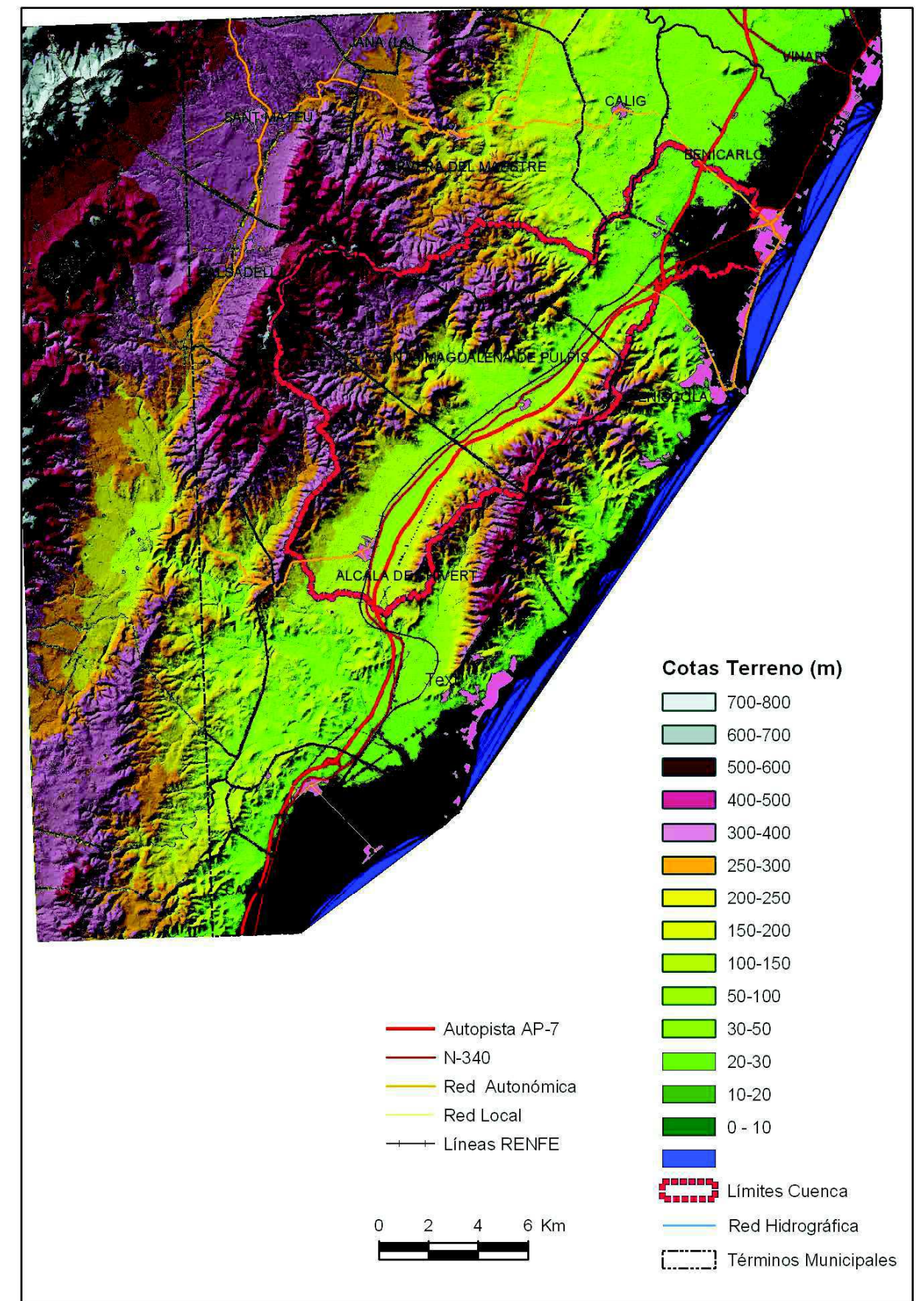
ÍNDICE.

ANEXO.- MAPAS REPRESENTATIVOS DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO.

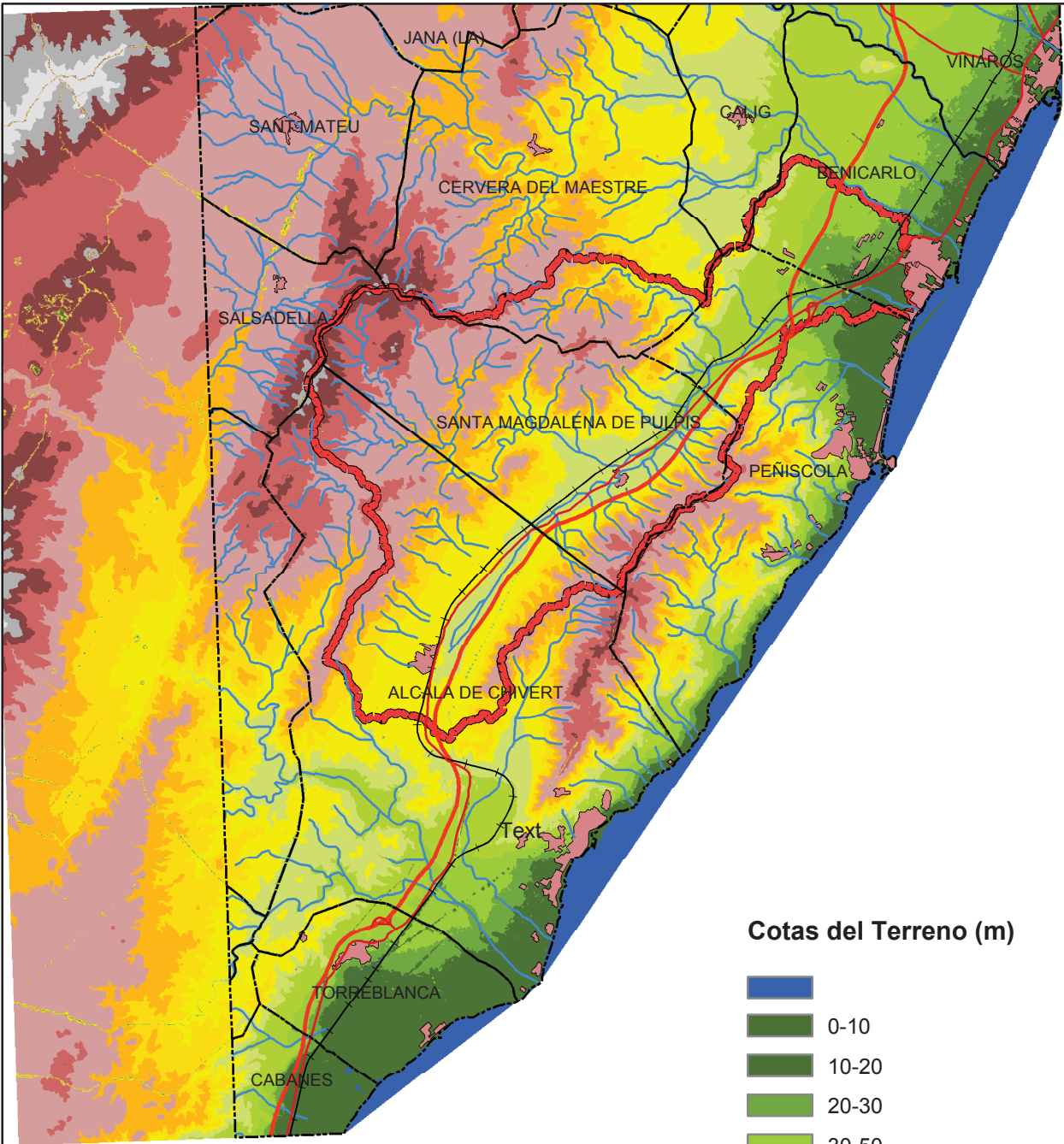
.- Planta General de la Rambla de Alcalá y su Ámbito Territorial.	1 / 200.000
.- Cobertura TIN (triangulación) obtenida a partir de la cartografía vectorial.	1 / 200.000
.- Modelo de Elevación Digital (celdas 20 · 20 m) obtenido a partir de la cobertura TIN.	1 / 200.000
.- Mapa de pendientes del terreno, generado a partir del Modelo de Elevación Digital.	1 / 200.000
.- Modelo Digital del Terreno. Cuenca de la Rambla de Alcalá	1 / 125.000
.- Ortofotos georreferenciadas. Cuenca de la Rambla de Alcalá	1 / 125.000
.- Mapa distribuido de celdas drenantes acumuladas, generado con HEC-GeoHMS.	1 / 200.000
.- Delimitación subcuencas y parámetros principales (Geo-HMS).	1 / 125.000
.- División subcuencas en confluencias (Geo-HMS).	1 / 125.000
.- División subcuencas homogéneas (Geo-HMS).	1 / 125.000
.- Localización de las Estaciones Pluviométricas representativas.	1 / 125.000
.- Mapa de Pendientes del Terreno, clasificadas (Modelo Digital).	1 / 125.000
.- Mapa de Capacidad de Uso del Suelo (Cart. Temática Gen. Val.).	1 / 125.000
.- Capacidad de Uso del Suelo. Clases y Subclases.	1 / 125.000
.- Mapa de Usos del Suelo (Cart. Temática G.V.; observación).	1 / 125.000
.- Mapa de distribución del Umbral de Escorrentía (sin corregir).	1 / 125.000
.- Mapa de Almacenamiento en depresiones (HEC-GeoHMS).	1 / 125.000
.- Mapa de distribución del Umbral de Escorrentía.	1 / 125.000
.- Distribución Umbral de Escorrentía en Subcuenca 1.	1 / 125.000
.- Distribución Umbral de Escorrentía en Subcuenca 2.	1 / 125.000
.- Distribución Umbral de Escorrentía en Subcuenca 3.	1 / 125.000
.- Distribución Umbral de Escorrentía en Subcuenca 4.	1 / 125.000



.- Ámbito territorial de la cuenca de la Rambla de Alcalá. Escala 1 / 200.000



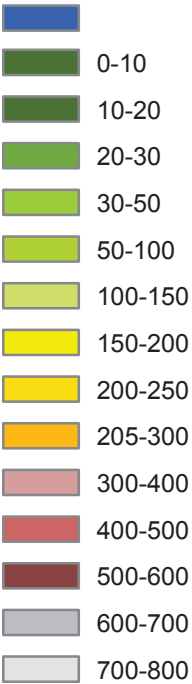
.- Modelo Digital del Terreno Completo. Escala: 1 / 200.000



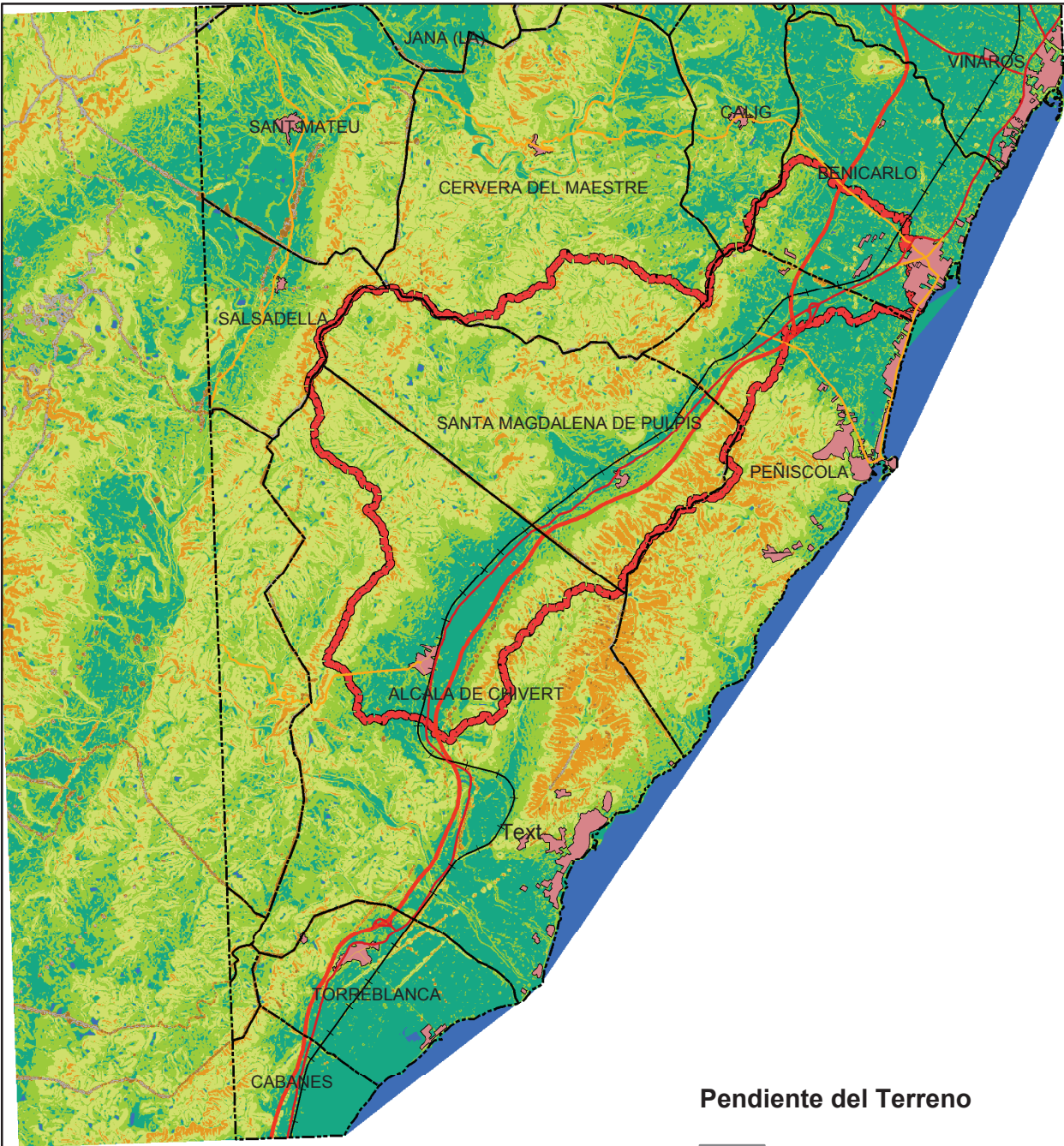
- Límites Cuenca
- Red Hidrográfica
- Autopista AP-7
- N-340
- Líneas RENFE
- Términos Municipales



Cotas del Terreno (m)



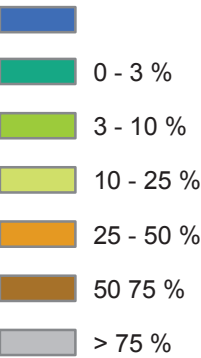
- Mapa de Elevaciones (Modelo Digital del Terreno). Escala: 1 / 200.000



- Autopista AP-7
- N-340
- Red Autonómica
- Red Local
- Líneas RENFE

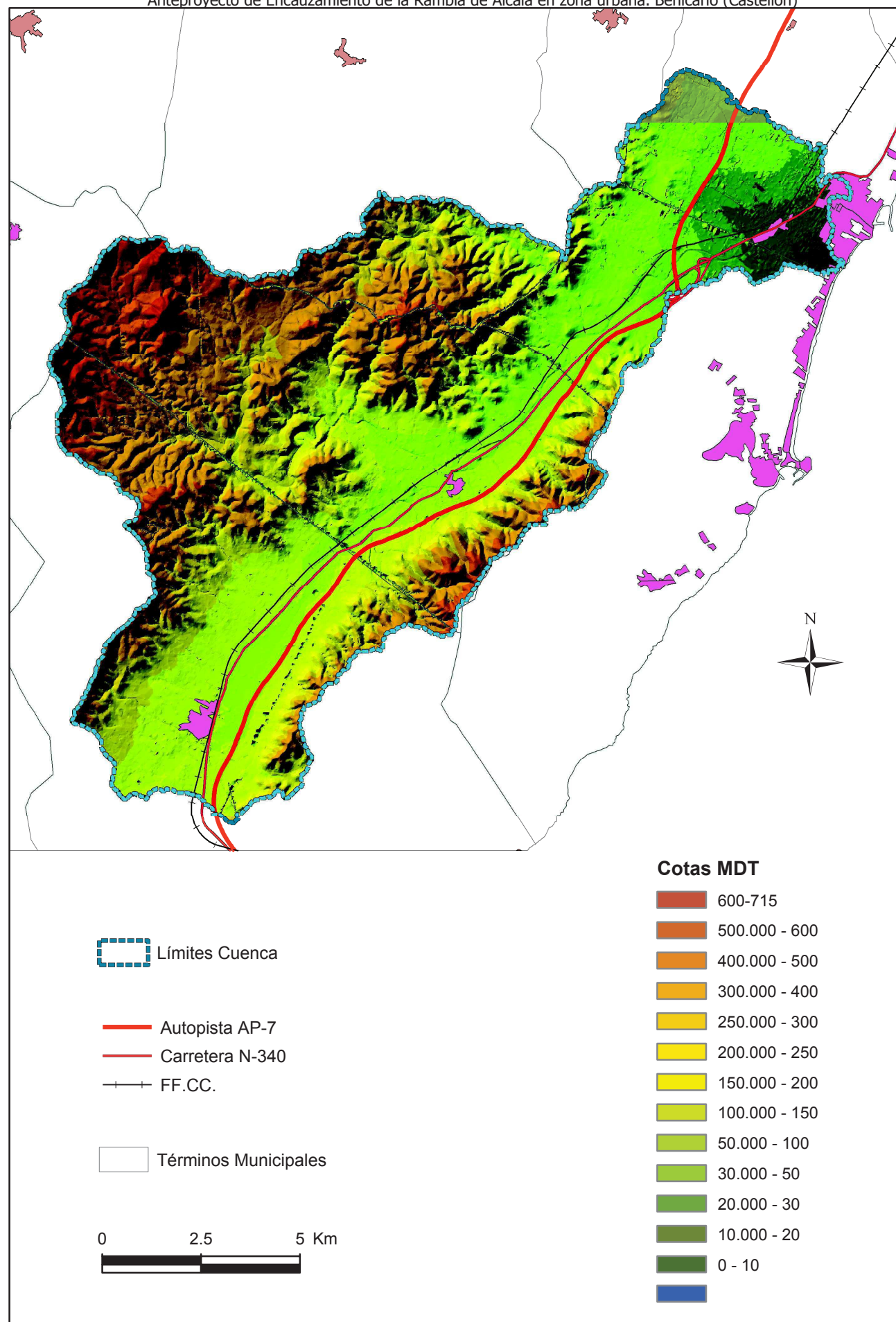


Pendiente del Terreno

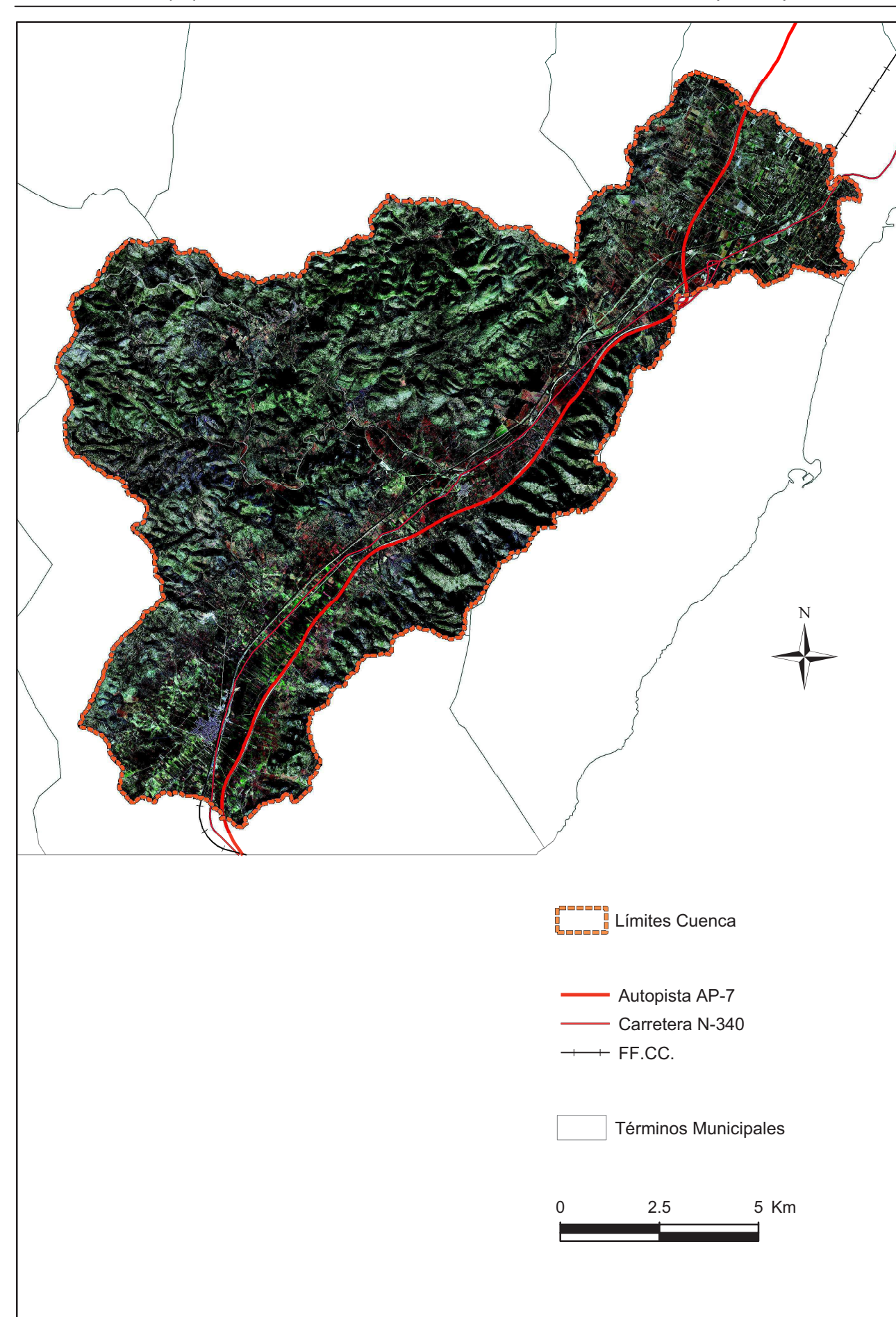


- Límites Cuenca
- Términos Municipales

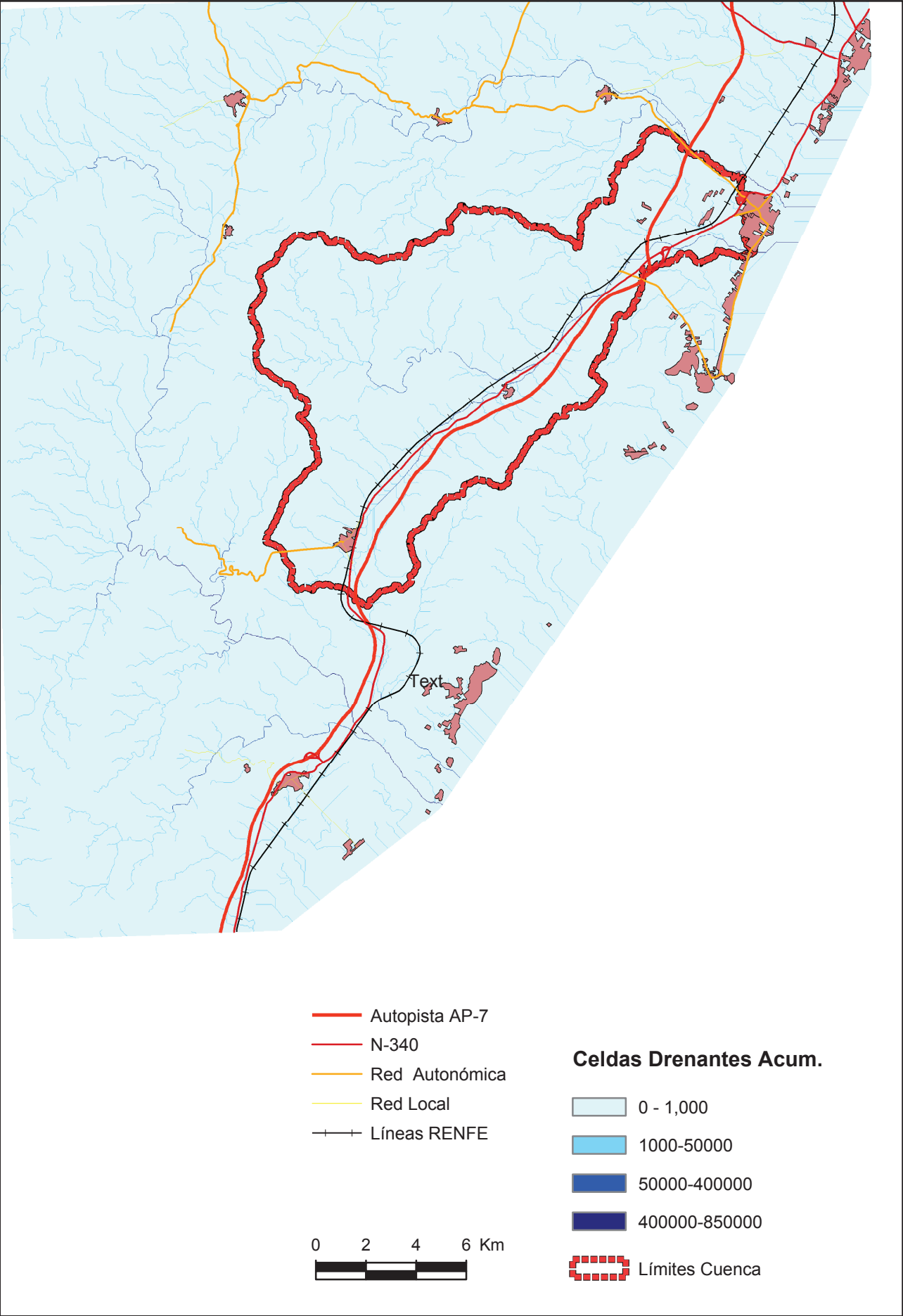
- Mapa de Pendientes del Terreno (Modelo Digital). Escala: 1 / 200.000



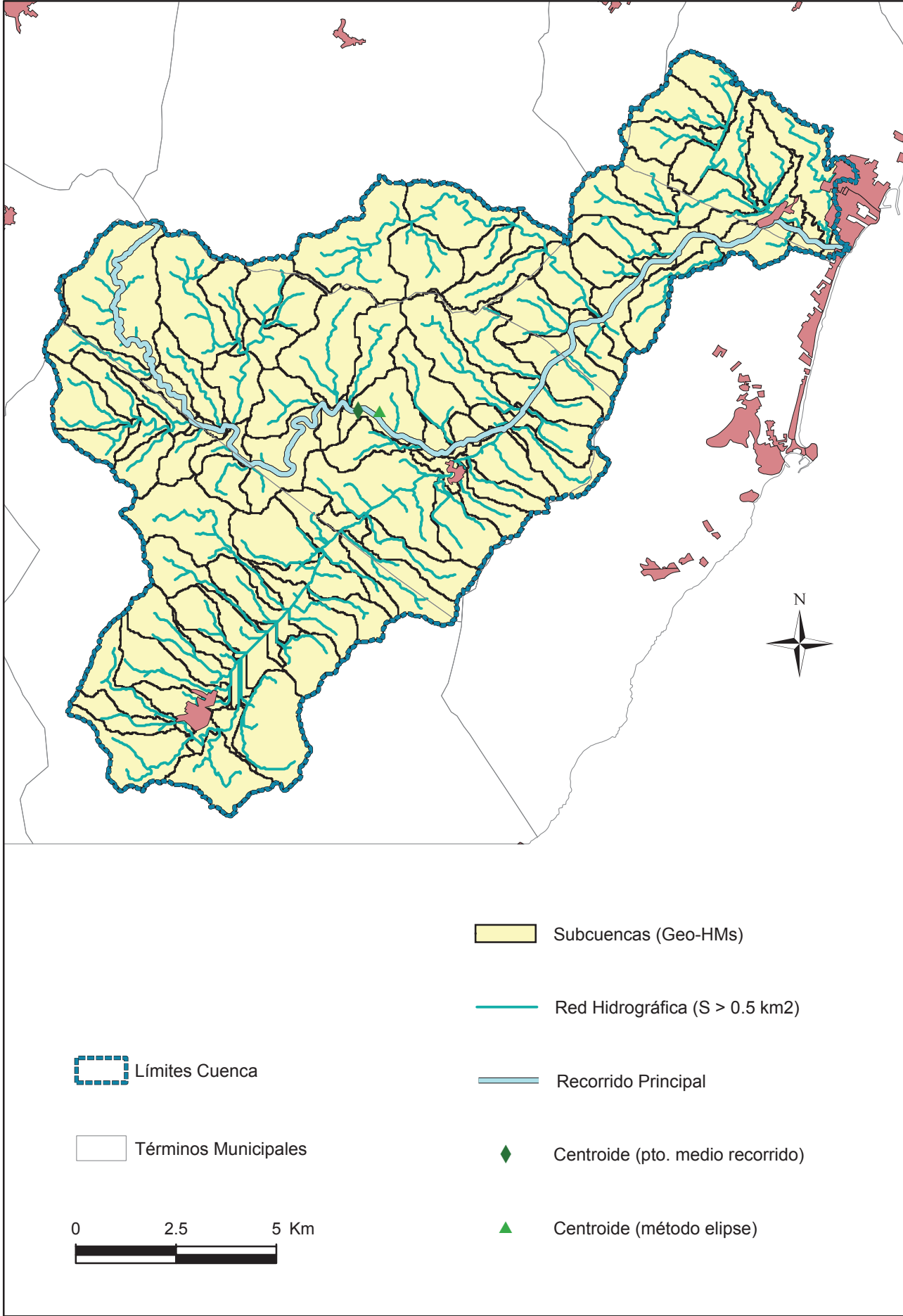
.- Modelo Digital del Terreno. Rambla de Alcalá. Escala: 1 / 125.000



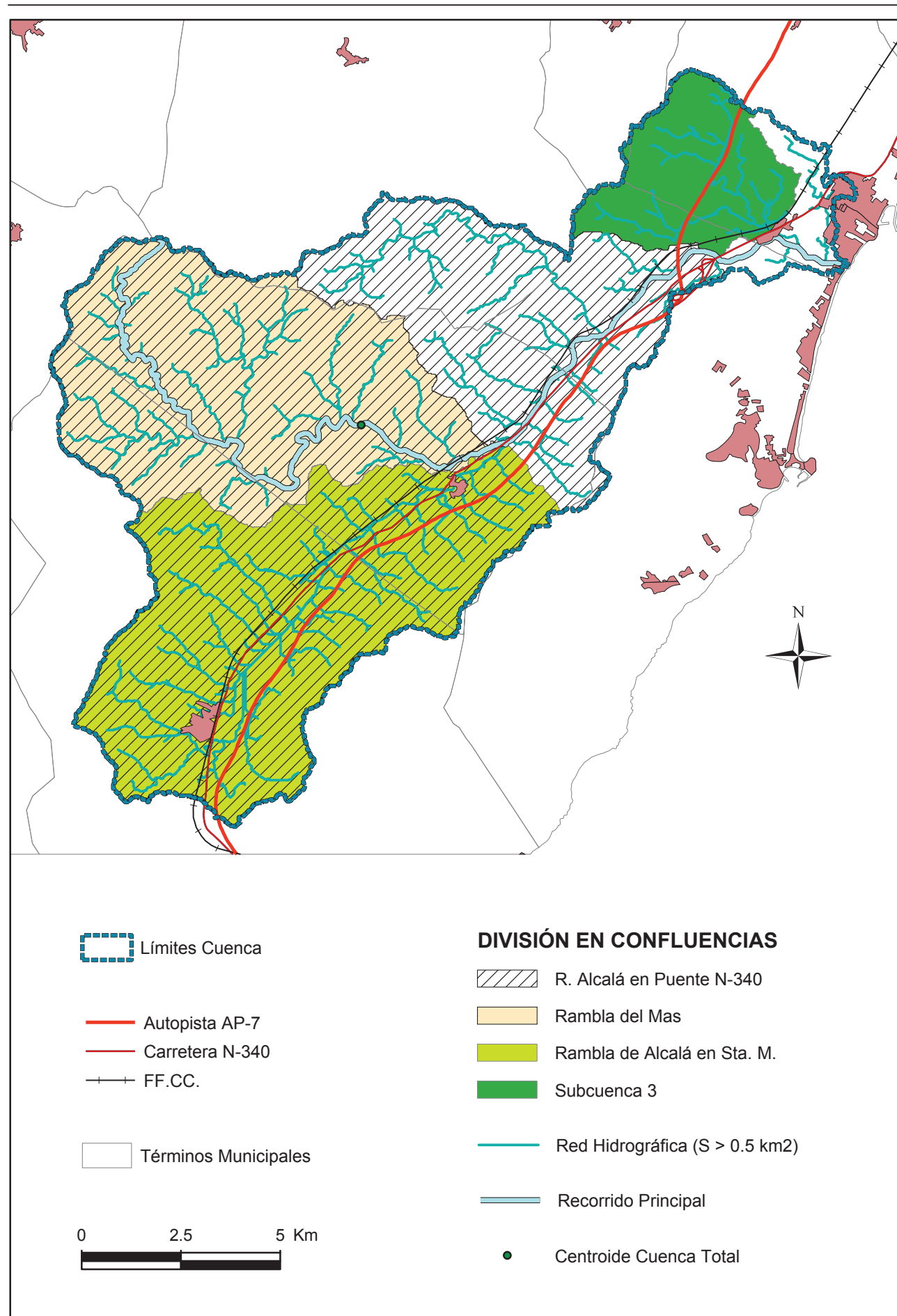
.- Ortofotos georreferenciadas cuenca Rambla de Alcalá. Escala 1 / 125.000



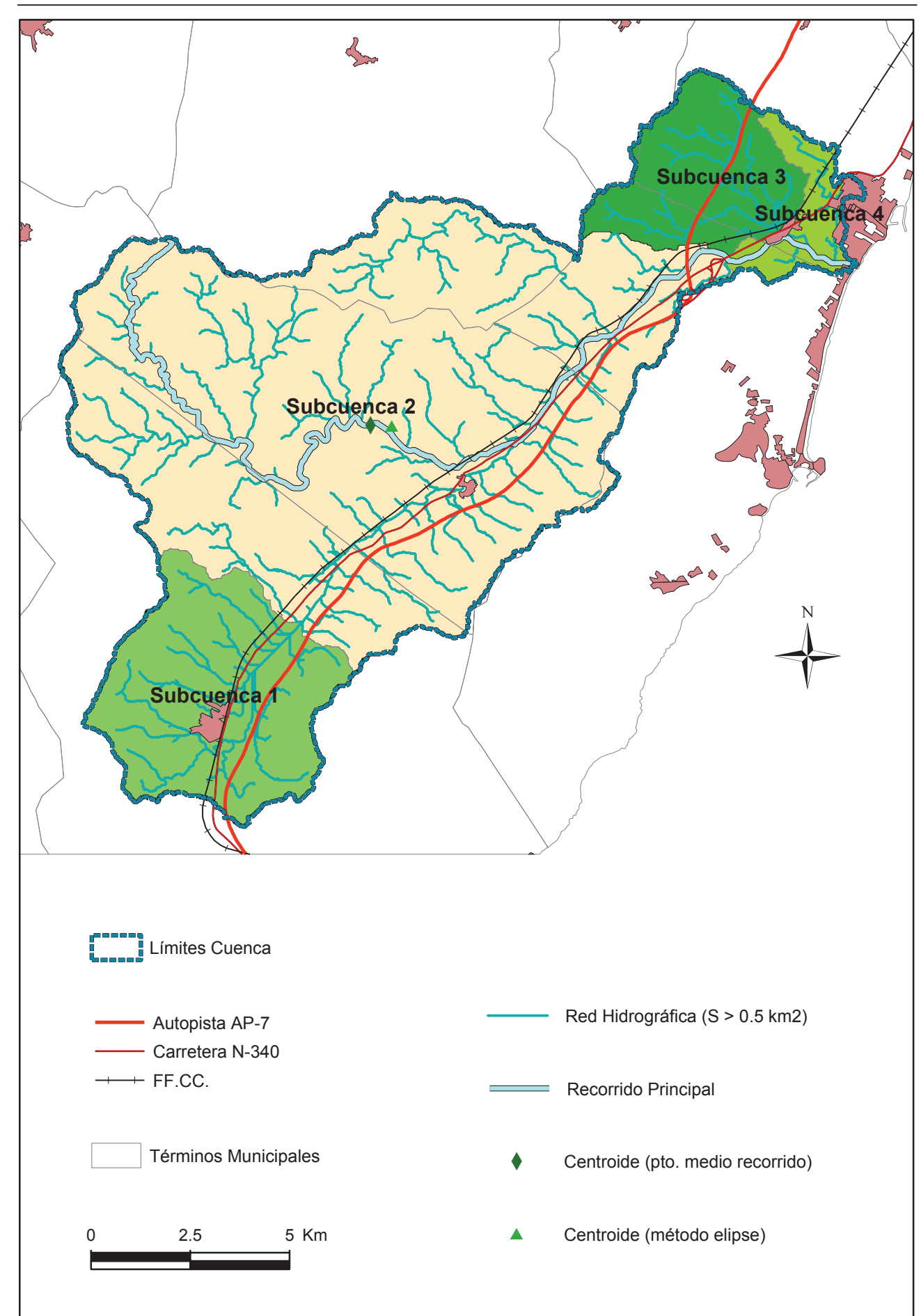
.- Mapa Distribución celdas drenantes acumuladas (Modelo Digital del Terreno). Escala: 1 / 200.000



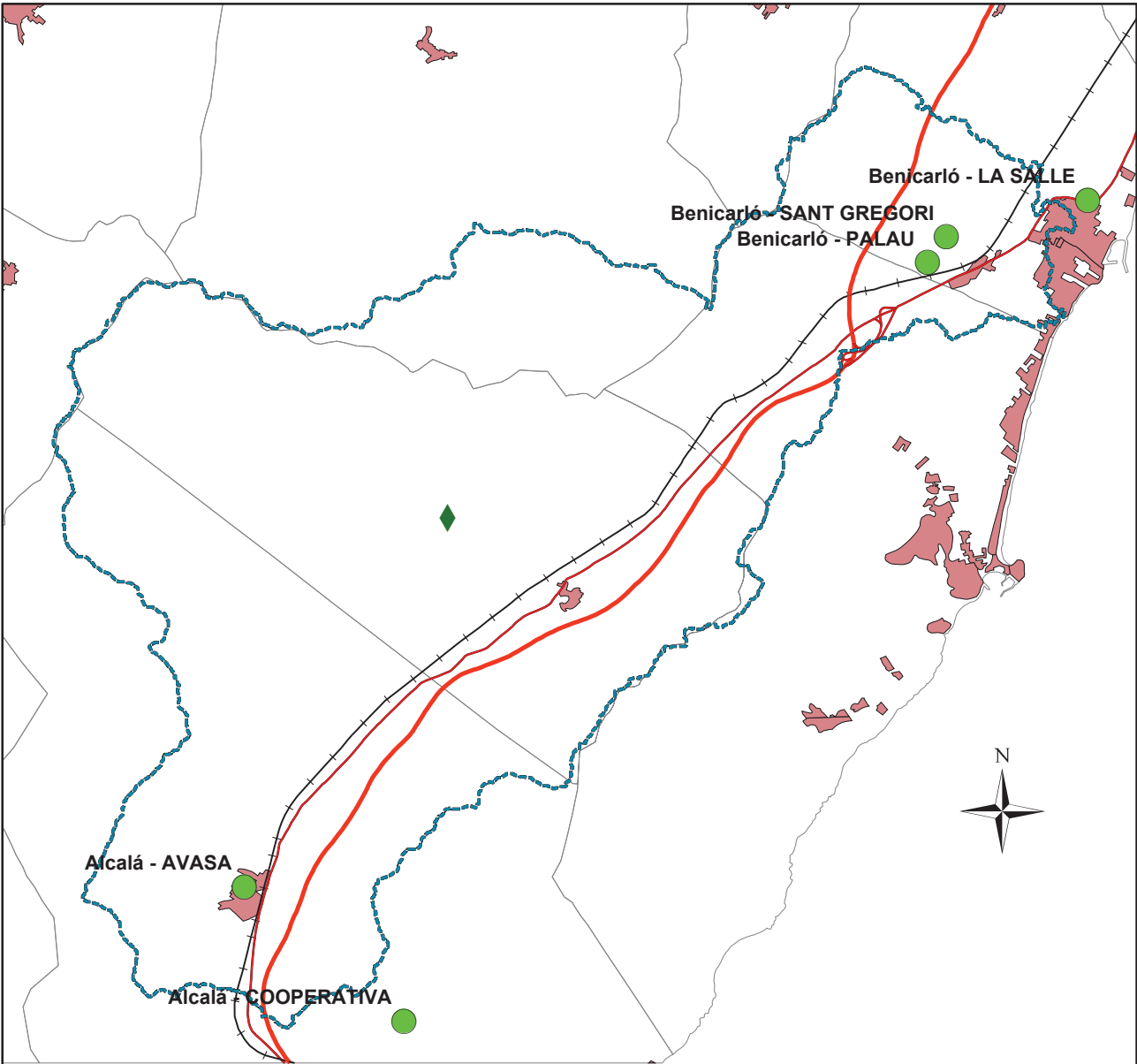
.- Delimitación subcuencas y parámetros principales (Geo-HMS). Escala: 1 / 125.000



.- División subcuencas en confluencias (Geo-HMS). Escala: 1 / 125.000



.- División subcuencas homogéneas (Geo-HMS). Escala: 1 / 125.000



— Límites Cuenca

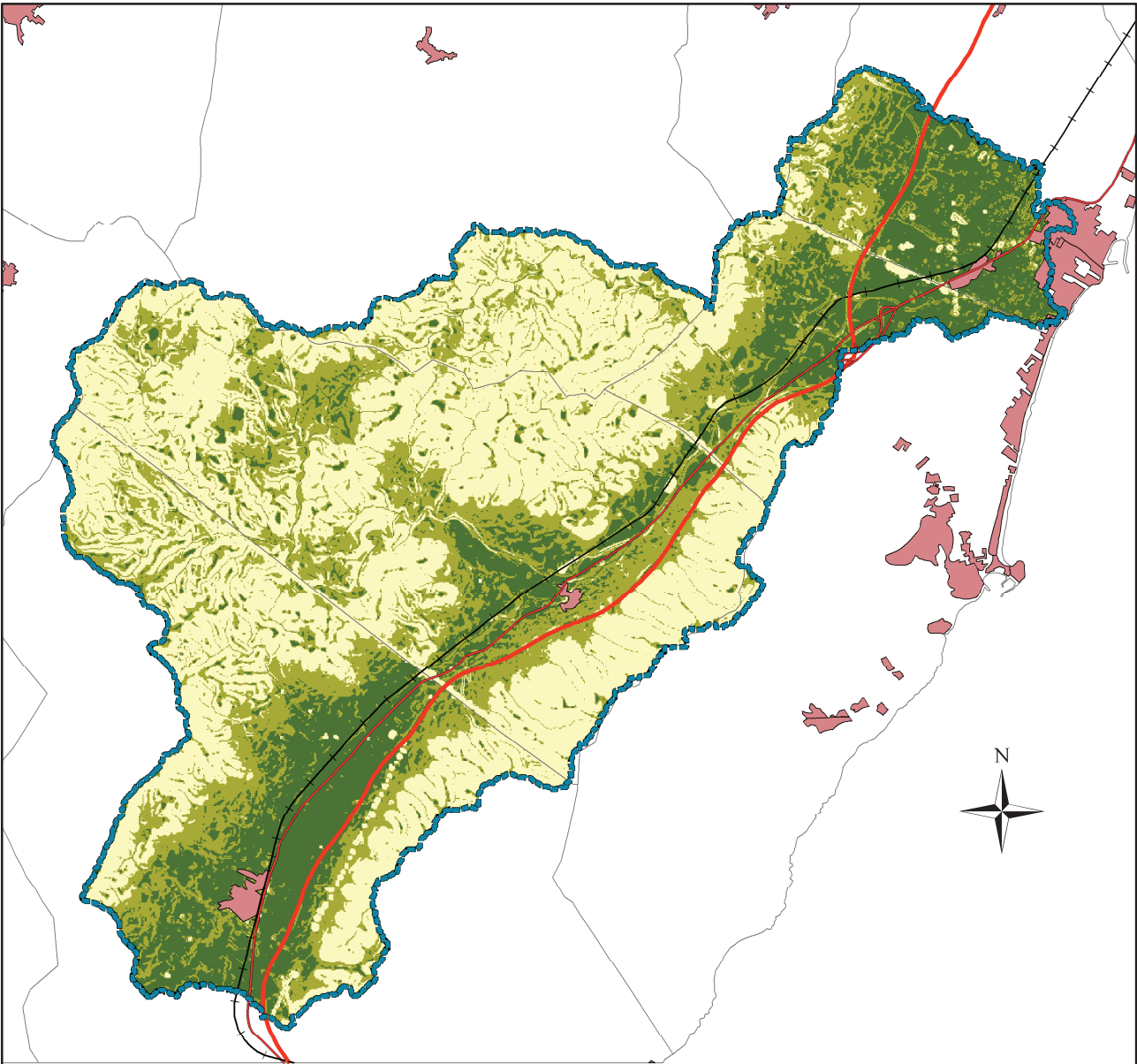
— Autopista AP-7
— Carretera N-340
— FF.CC.

— Términos Municipales

● Estaciones Pluviométricas
◆ Centroide cuenca

0 2.5 5 Km

.- Localización de las Estaciones Pluviométricas representativas. Escala: 1 / 125.000



— Límites Cuenca

— Autopista AP-7
— Carretera N-340
— FF.CC.

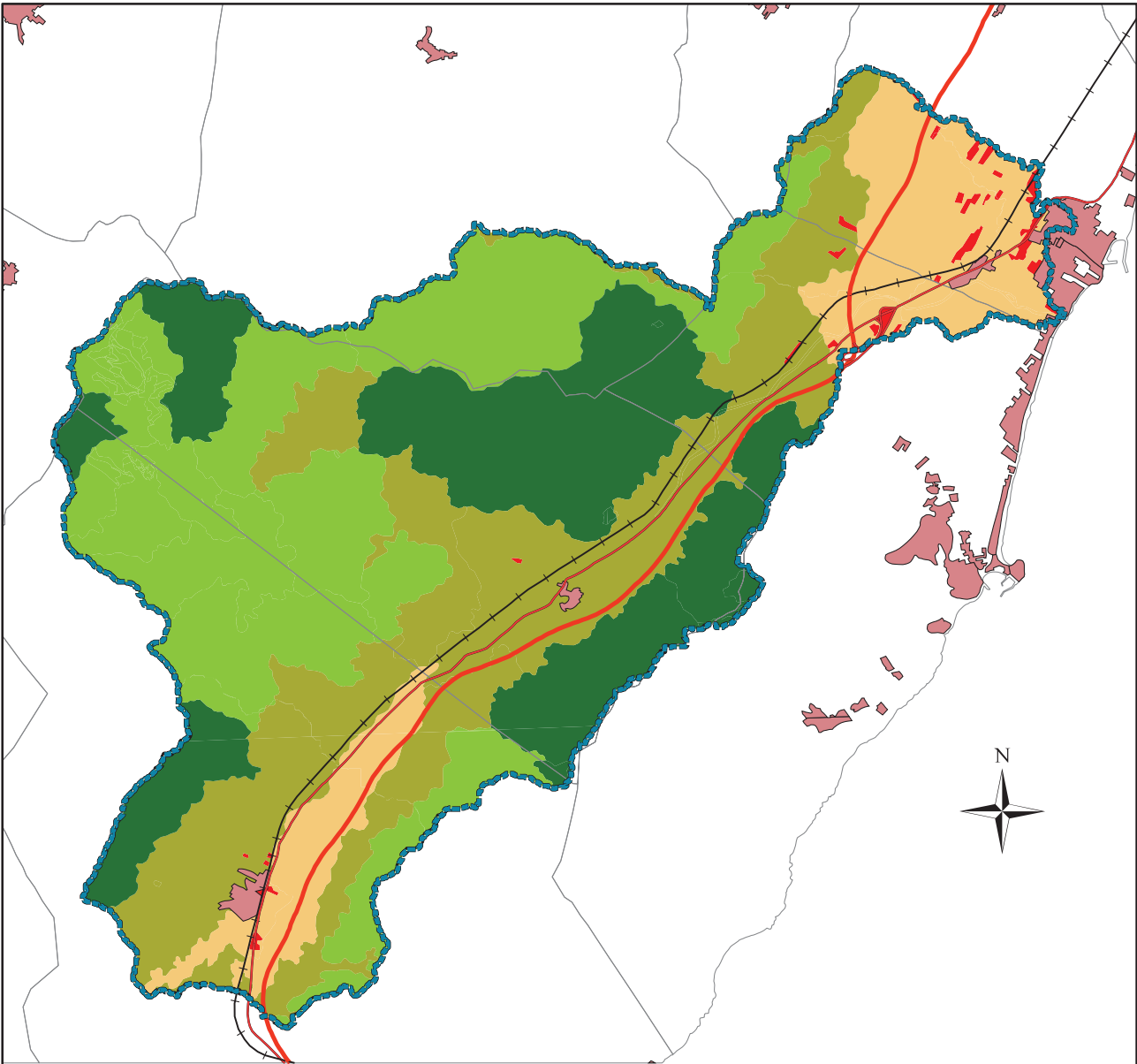
— Términos Municipales

Pendientes Terreno (Clasif.)

■ Pend. < 3 %
■ Pend. < 10 %
■ Pend. > 10 %

0 2.5 5 Km

.- Mapa de Pendientes del Terreno, clasificadas (Modelo Digital). Escala: 1 / 125.000



--- Límites Cuenca

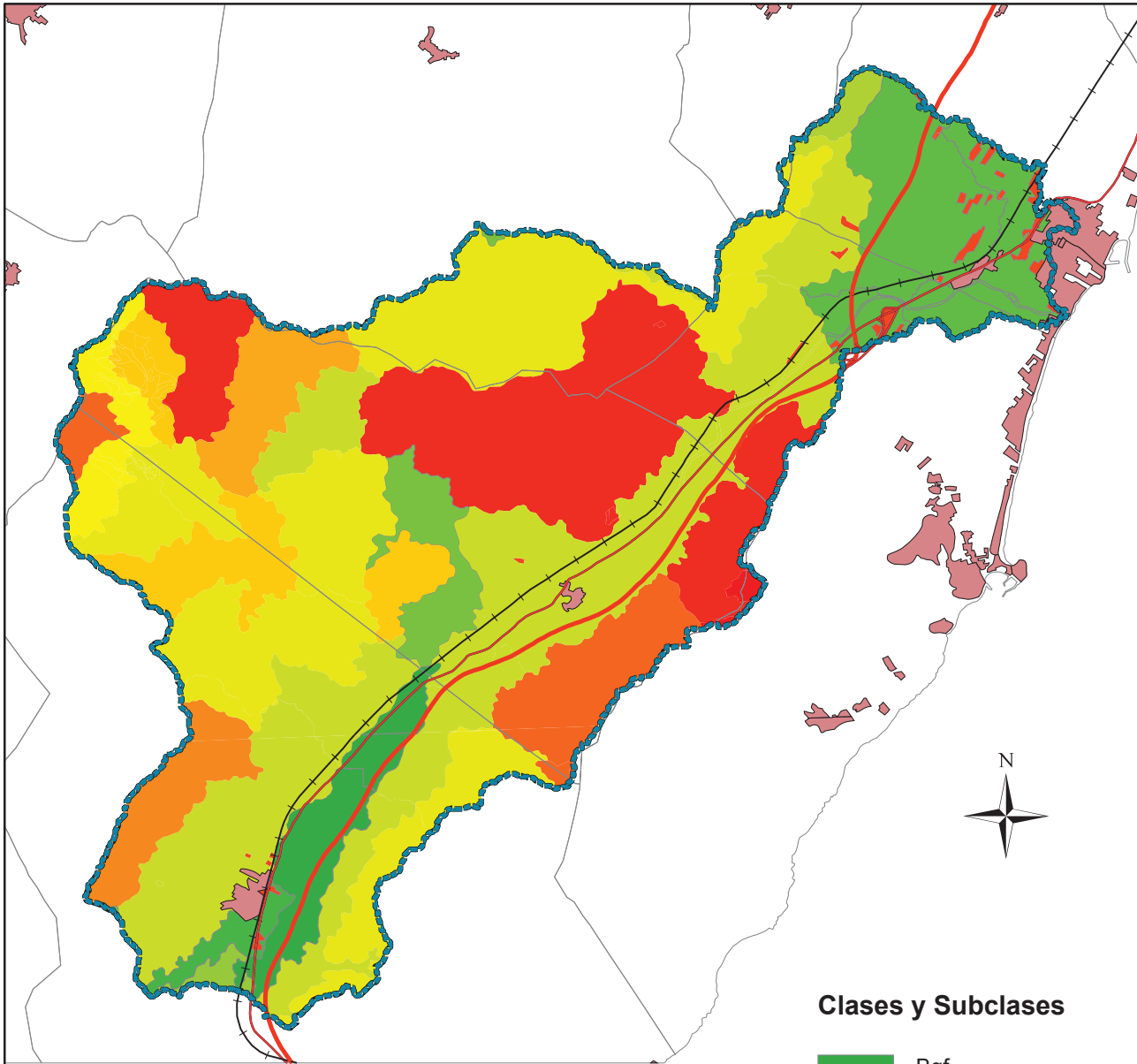
— Autopista AP-7
— Carretera N-340
— FF.CC.

□ Términos Municipales

0 2.5 5 Km

Clasificación por Capacidad Uso

0.- Urbaniz., Infraestr.
2.- Suelo Tipo B
3.- Suelo Tipo C
4.- Suelo Tipo D
5.- Suelo Tipo E



--- Límites Cuenca

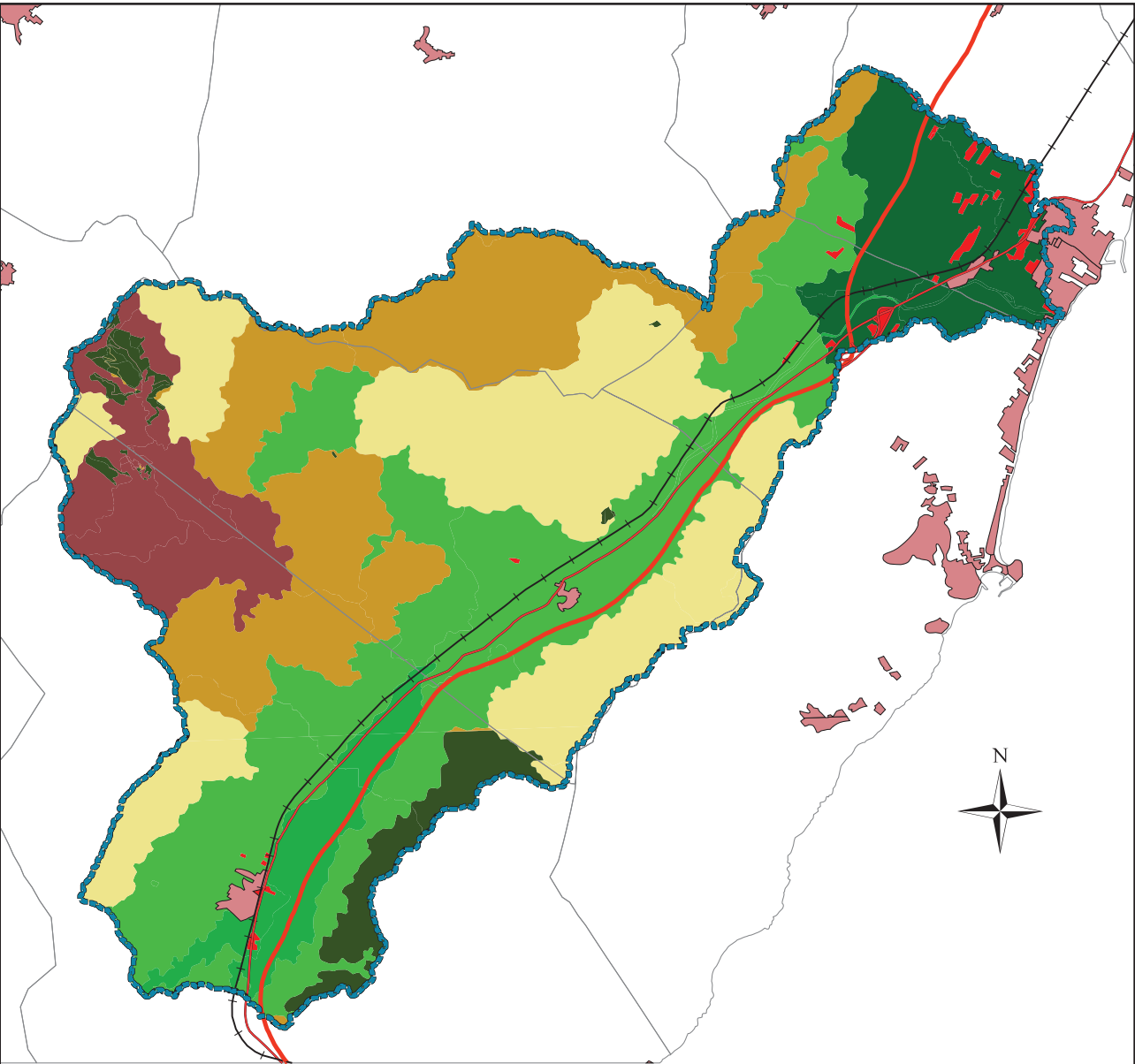
— Autopista AP-7
— Carretera N-340
— FF.CC.

□ Términos Municipales

0 2.5 5 Km

Clases y Subclases

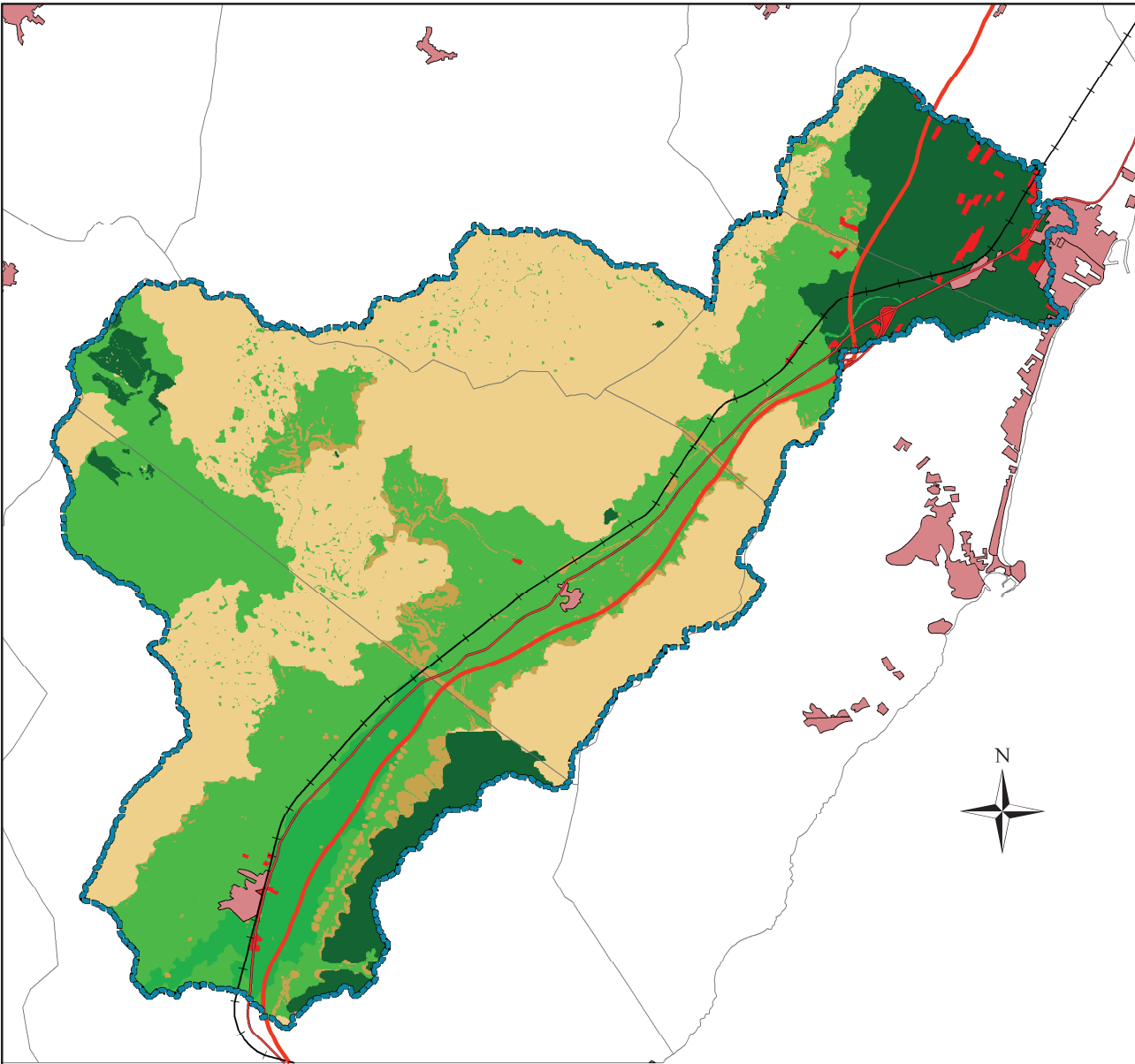
Bgf
Bgq
Bxg
Cep
Cfq
Cpx
Cyg
Dep
Dpr
Dpx
Dxr
Epr
Epx
Òpx
Òxr
Urb



Usos del Suelo

- Límites Cuenca
- Autopista AP-7
- Carretera N-340
- FF.CC.
- Términos Municipales
- Urbanizado, Infraestructuras
- Frutal Regadío
- Bancales Secano
- Frutal Secano
- Bosque
- Matorral. Alta Densidad
- Matorral
- Matorral. Baja Densidad

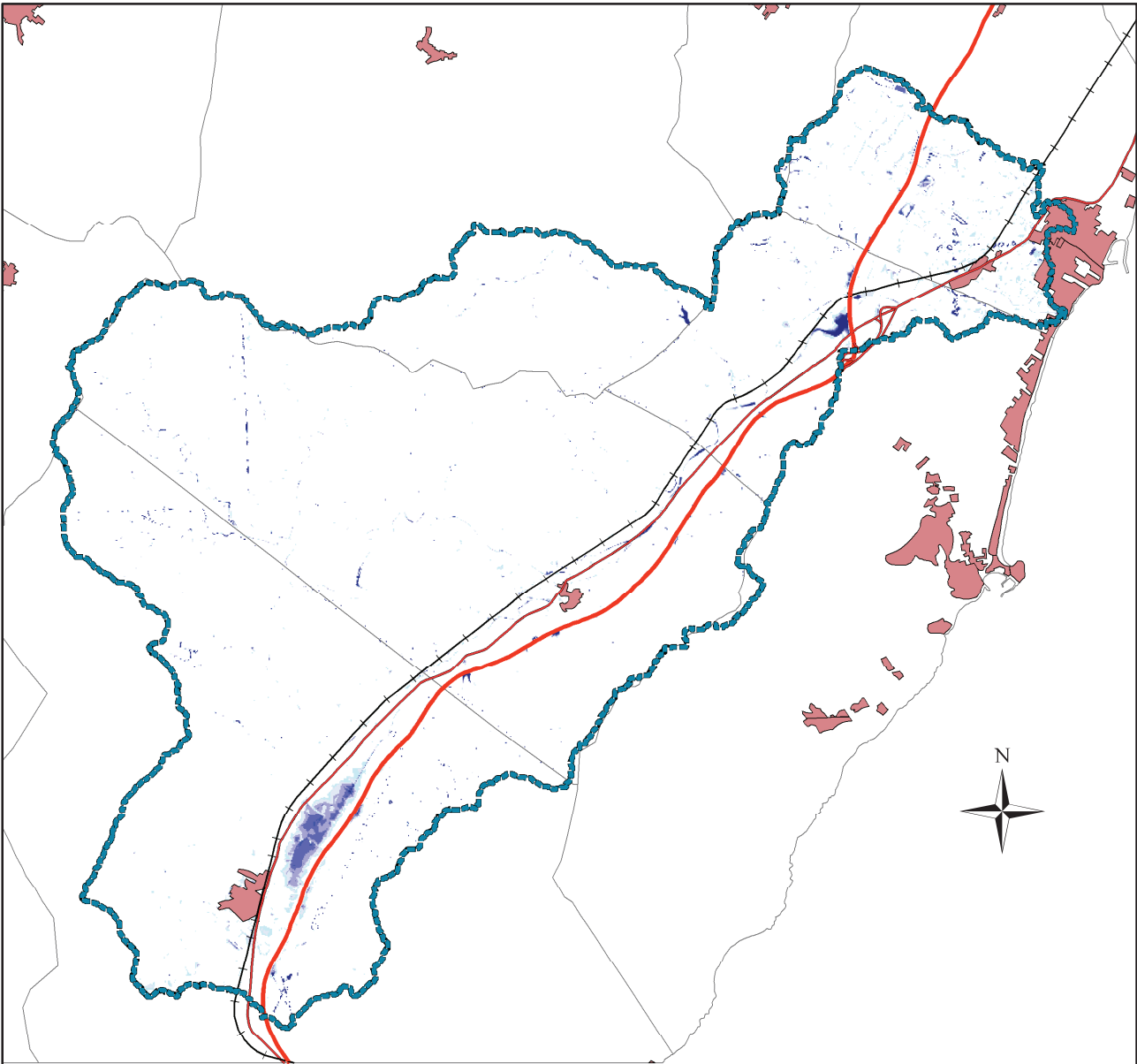
- Mapa de Usos del Suelo (Cart. Temática G.V.; observación). Escala: 1 / 125.000



Umbral Escorrentía Inicial (mm)

- Límites Cuenca
- Autopista AP-7
- Carretera N-340
- FF.CC.
- Términos Municipales
- 5
- 24
- 26
- 34
- 42
- 47

- Mapa de distribución del Umbral de Escorrentía (sin corregir). Escala: 1 / 125.000



--- Límites Cuenca

— Autopista AP-7

— Carretera N-340

— FF.CC.

□ Términos Municipales

Relleno Depresiones (mm)

< 100 mm

100-500

500-1000

100-1500

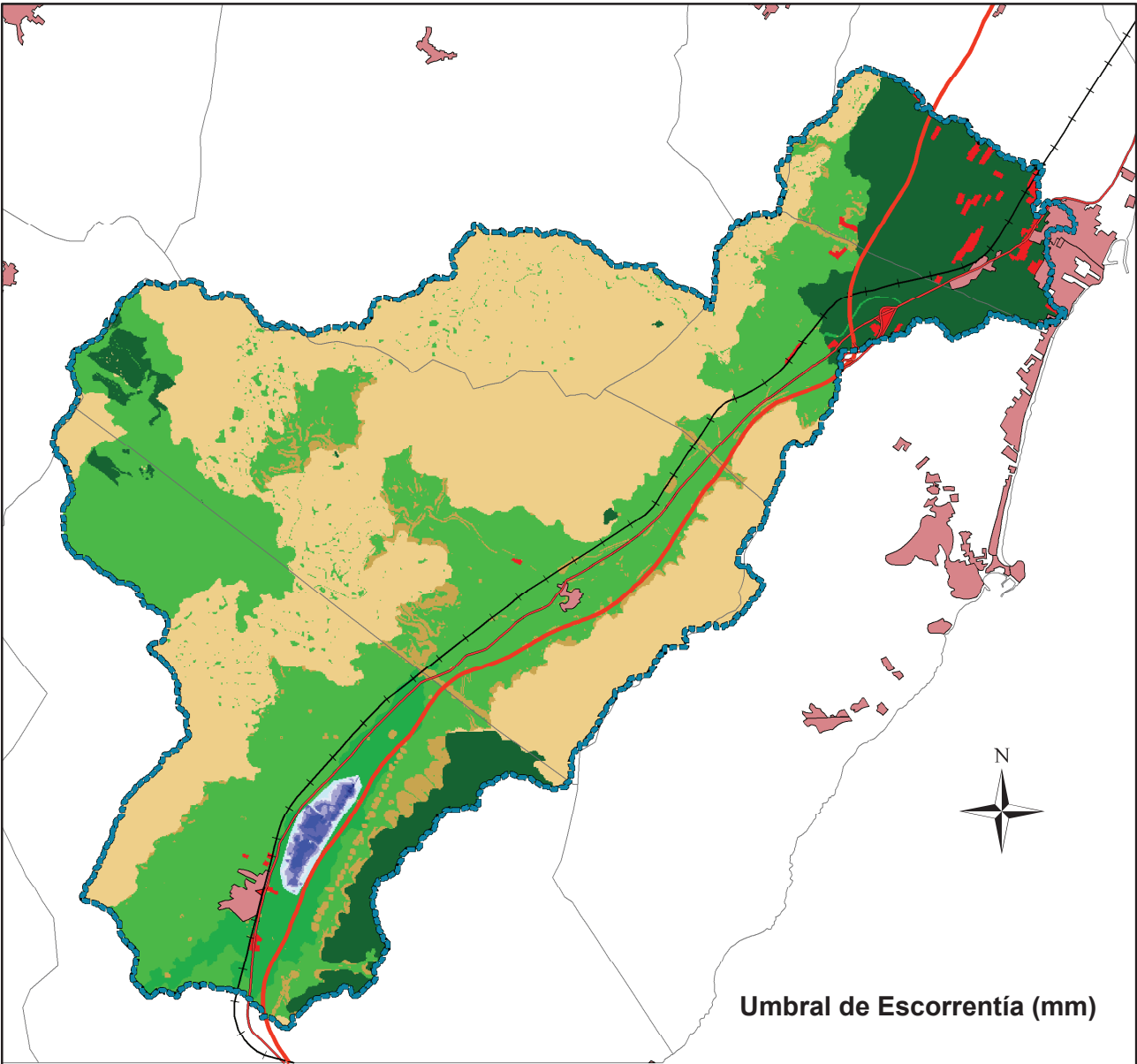
1500-2000

2000-2500

2500-3000

0 2.5 5 Km

.- Mapa de Almacenamiento en depresiones (HEC-GeoHMS). Escala: 1 / 125.000



--- Límites Cuenca

— Autopista AP-7

— Carretera N-340

— FF.CC.

□ Términos Municipales

Umbral de Escorrentía (mm)

14

65

70

92

113

127

127-500

500-1000

1000-1500

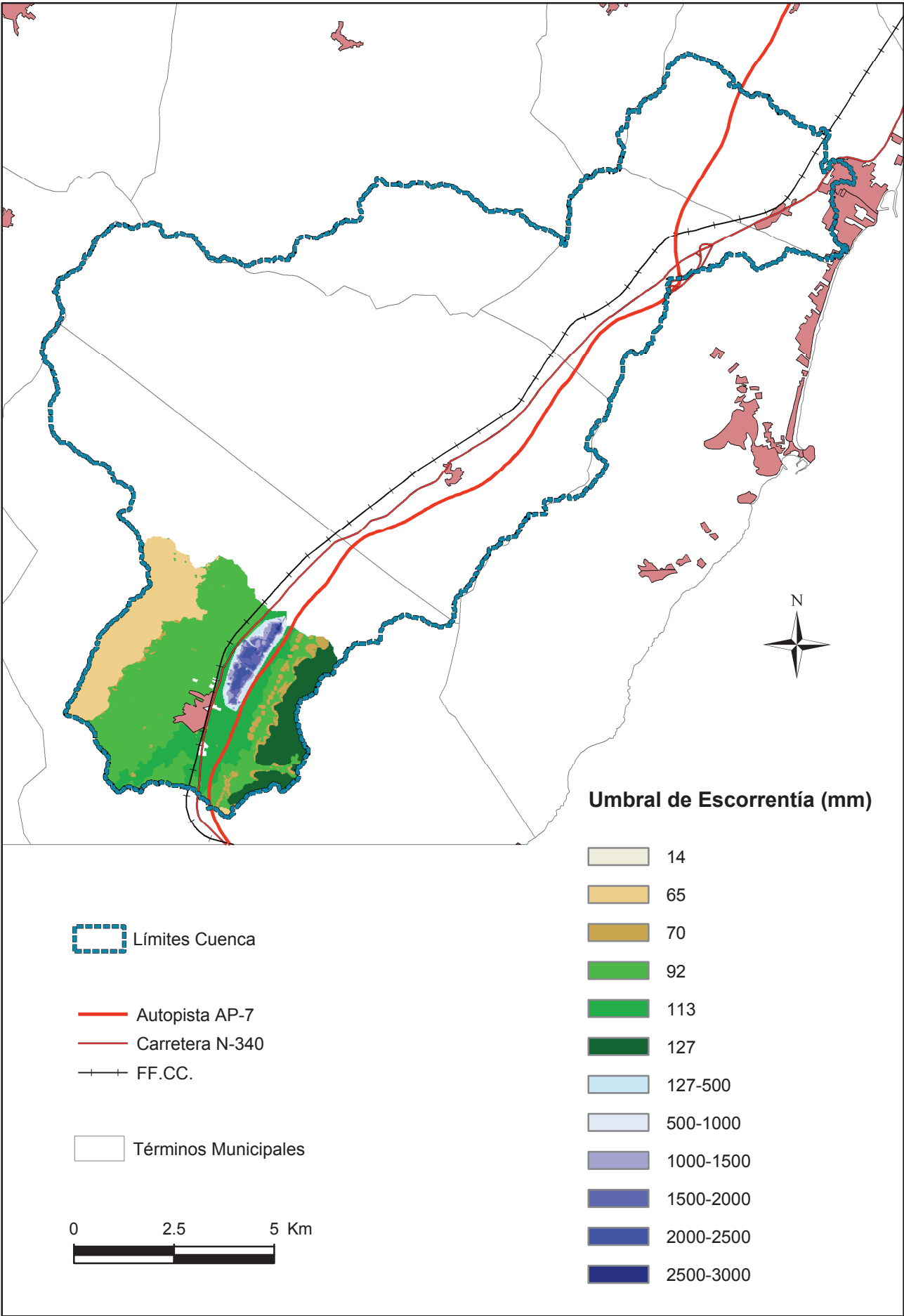
1500-2000

2000-2500

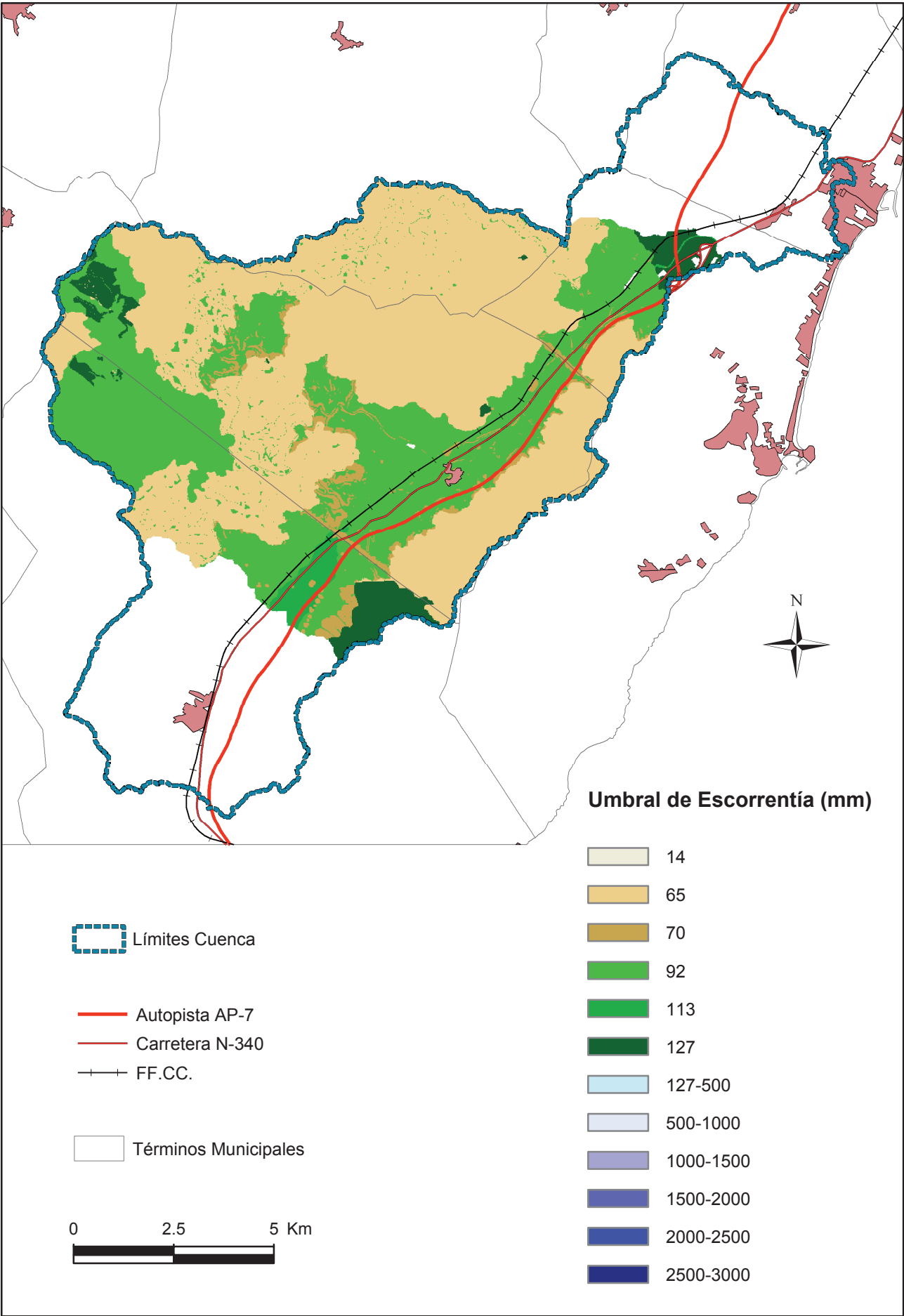
2500-3000

0 2.5 5 Km

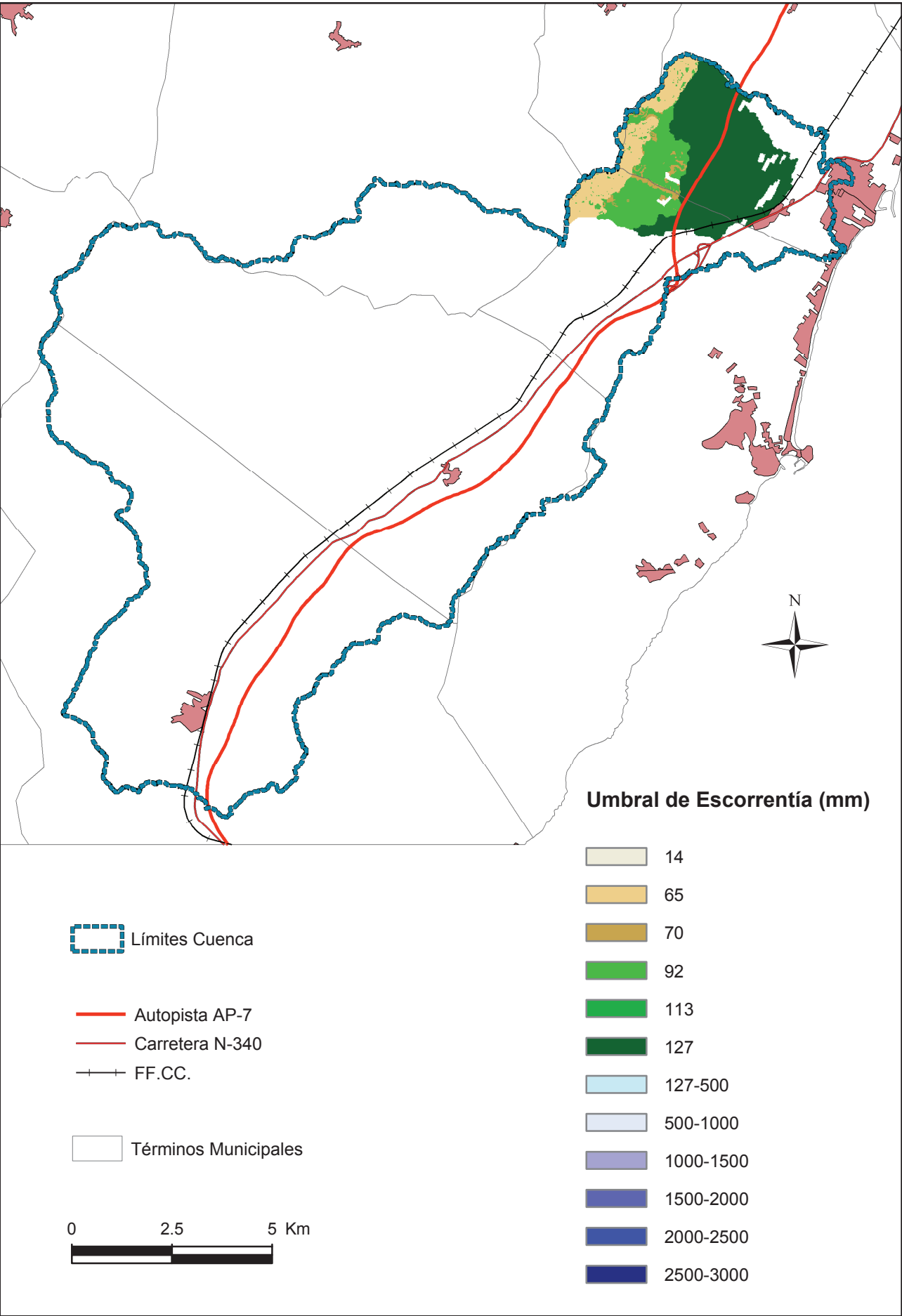
.- Mapa de distribución del Umbral de Escorrentía. Escala: 1 / 125.000



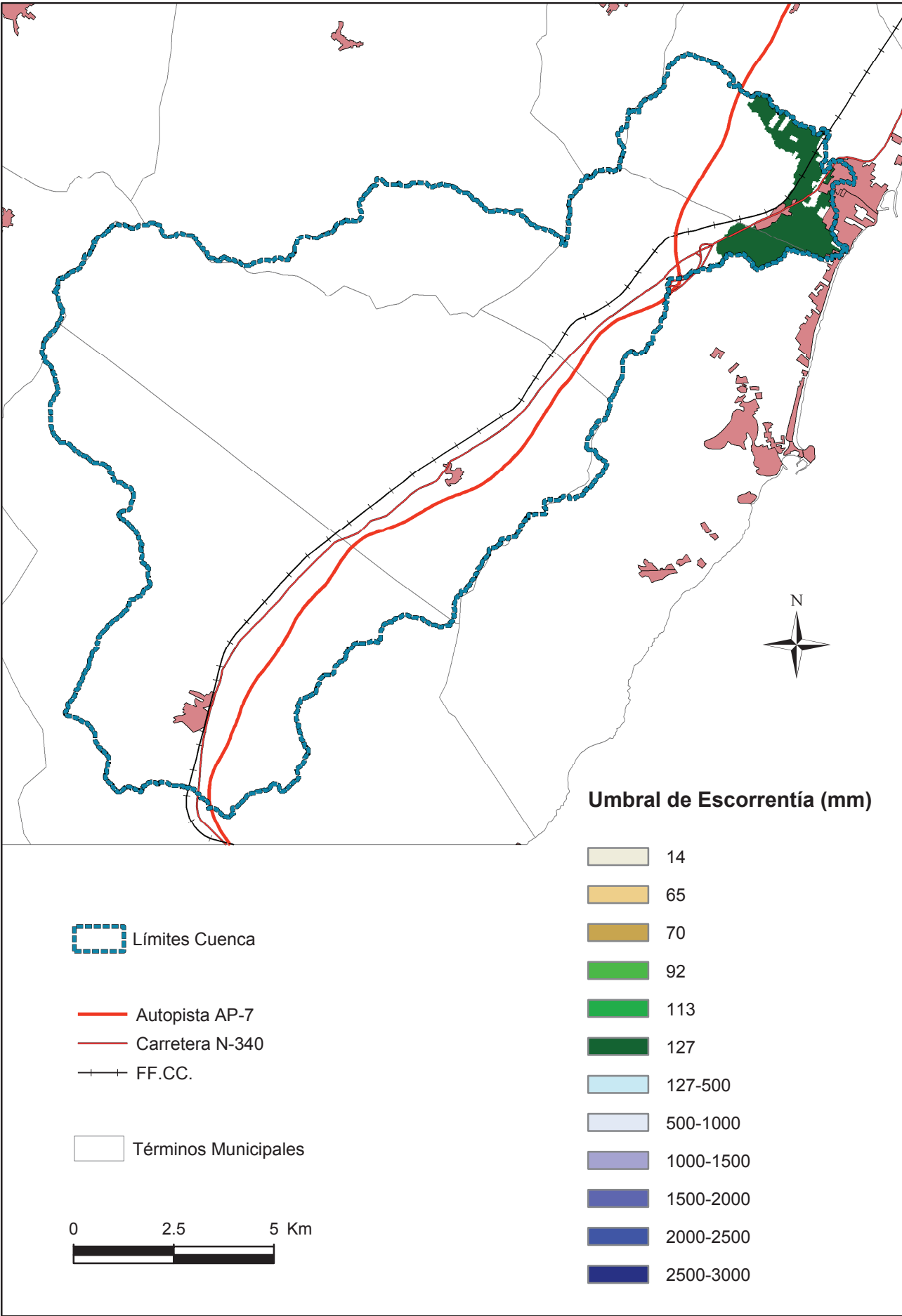
- Distribución Umbral de Escorrentía en Subcuenca 1. Escala: 1 / 125.000



- Distribución Umbral de Escorrentía en Subcuenca 2. Escala: 1 / 125.000



- Distribución Umbral de Escorrentía en Subcuenca 3. Escala: 1 / 125.000



- Distribución Umbral de Escorrentía en Subcuenca 4. Escala: 1 / 125.000