

## V. LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE NUEVAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

### V.4. Los lugares candidatos a recibir un centro de tratamiento de residuos

#### V.4.1. Las localizaciones que maximizan la eficiencia y la justicia espacial

Llegados a este punto, el planteamiento parte de localizar todos aquellos lugares del territorio adecuados para la localización de una planta de tratamiento y/o eliminación de residuos, que maximice la eficiencia total y minimice la exposición al riesgo. Como vimos en apartados anteriores disponemos de un mapa de exposición para toda la Comunidad y cuatro mapas de eficiencia total (uno para cada tipo de instalación).

El siguiente paso consiste en aplicar un método de combinación de estos mapas que logre una solución eficaz en función de la filosofía planteada. El método escogido fue el **Análisis de Punto Ideal (API)**.

En el marco de la Decisión Multicriterio, el análisis de punto ideal es un método de gran potencia operativa, dentro de la tipología de métodos de evaluación multicriterio (EMC) compensatorios. Éste **“se basa en el cálculo de los desvíos de cada alternativa con un punto ideal que se debe considerar inalcanzable; posteriormente es comparada la distancia entre cada alternativa y el ideal en un espacio multivariado, donde cada criterio representa un eje”** (Barredo, 1996, p.84). Esta solución ideal normalmente no existe dentro del conjunto de soluciones, simplemente se trata de un punto de referencia y, así, la mejor solución compromiso será aquella que se encuentre a menor distancia del punto ideal. Los criterios que intervienen en el análisis, por tanto, se disponen como ejes de un sistema de referencia (X,Y). El punto ideal, se encontraría fuera del plano donde se encuentran las alternativas, resultando, por tanto, inalcanzable.

Este procedimiento se basa en el cálculo de distancias, habitualmente euclidiana. La aplicabilidad y potencia operativa de este método han sido sobradamente demostradas.

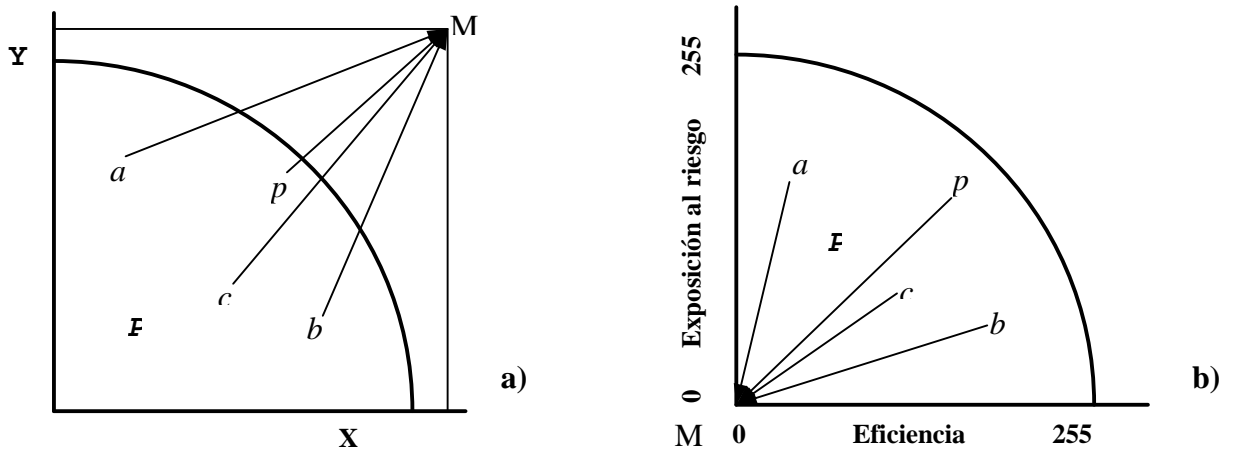
En este estudio, sin embargo, se introduce una modificación a este planteamiento inicial. Normalizados (entre 0 y 255) los criterios que intervienen en el análisis, es decir, los valores del mapa de eficiencia y del mapa de exposición, el punto ideal se encontraría en el par de coordenadas 0,0, puesto que se pretende encontrar una solución que minimice la exposición y maximice la eficiencia (recordemos que según el sistema de ordenación que venimos adoptando en los distintos pasos, los valores más bajos se corresponden con los valores de mayor eficiencia).

Así, la distancia al punto ideal, considerando dos criterios (E=eficiencia y Ex=exposición), se calcularía mediante la ecuación:

$$D_i = \sqrt{(E_i - 0)^2 + (Ex_i - 0)^2}$$

En la figura V.4.1 (adaptada de Barredo, 1996) aparecen los aspectos teóricos básicos de esta técnica y la modificación introducida en nuestro caso. **P** sería el plano donde se encuentran constreñidas todas las alternativas posibles; **M** sería el punto ideal, establecido en las coordenadas 100,100 (a) y 0,0 (b). En el primer caso, la alternativa óptima o de compromiso sería **p**, mientras que en el segundo (representativo de nuestro caso particular), la alternativa óptima o de compromiso sería **c**.

**Figura V.4.1 Análisis de punto ideal maximizando (a) y minimizando (b) las distancias entre las distintas alternativas.**

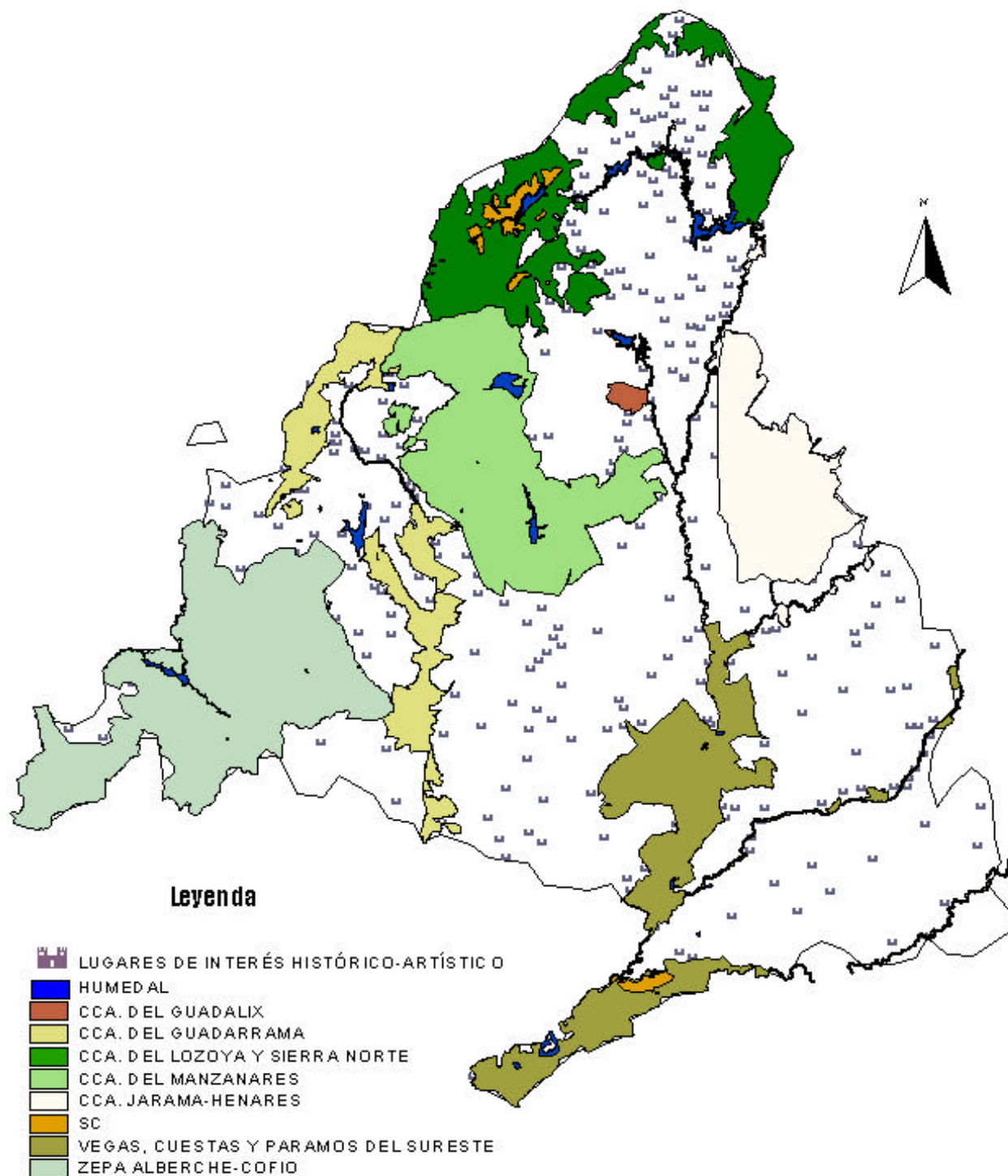


A partir del Operador de Imágenes de IDRISI fue posible realizar este cálculo de punto ideal para cada tipo de instalación. Una vez obtenidos, se les sumó una unidad a todos los valores contenidos en ellos para después superponerles (con valor 0) todos aquellos elementos que fueron considerados como restricciones a la localización de plantas de tratamiento de residuos (Mapa V.4.1. Restricciones a la localización de plantas de tratamiento de residuos):

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1. Núcleos de población (todos) | 4. Ríos   |
| 2. Polígonos industriales *     | 5. Lugares de interés histórico-artístico             |
| 3. Humedales                    | 6. Lugares de interés comunitario para la Natura 2000 |

\* Esta última restricción no fue utilizada para la localización de plantas de tratamiento de RTP ya que este tipo de instalaciones normalmente se sitúa en polígonos/zonas industriales.

## Mapa V.4.1 Restricciones a la localización de plantas de tratamiento de residuos



**Escala**  
20000 0 20000 metros

Original 1/50.000  
Reproducción aprox. 1/200.000

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ  
Departamento de Geografía

En los mapas V.4.2 (Adecuación del territorio para localización de Plantas de Transferencia de RSU), V.4.3 (Adecuación del territorio para la localización de Vertederos de RSU), V.4.4 (Adecuación del territorio para la localización de Depósitos de Seguridad) y V.4.5 (Adecuación del territorio para la localización de Plantas de tratamiento de RTP) aparecen los resultados de adecuación para cada tipo de instalación.

Una vez obtenido el nivel de adecuación del territorio para la localización de plantas de tratamiento y/o eliminación de residuos, a través del método del Análisis de Punto Ideal, el siguiente paso consiste en seleccionar el conjunto de píxeles que se configuran como los más adecuados y que, además, cumplen los requisitos de área mínima requerida para cada una de las instalaciones. Respecto a este último punto, y tras una revisión de las extensiones de las plantas y vertederos existentes en la Comunidad, se establecieron las siguientes superficies mínimas:

**Tabla V.4.1 Superficie mínima requerida para cada tipo de instalación**

<b>Tipo de Instalación</b>	<b>Superficie (Has.)</b>	<b>Nº de píxeles</b>
<b>Vertedero se RSU</b>	40	160
<b>Depósitos de Seguridad</b>	5	20
<b>Plantas de Tratamiento de RTP</b>	3	12
<b>Plantas de Transferencia</b>	2,5	10

El procedimiento de selección de estos píxeles de mayor adecuación disponible en IDRISI presenta ciertos inconvenientes (Franco, 1998). Este procedimiento mediante la ordenación de los píxeles de la imagen y posterior reclasificación hasta conseguir tantos píxeles como sean necesarios para cubrir las necesidades mínimas de superficie, no permite un control sobre los valores de adecuación y, por otro lado, no es posible establecer ninguna restricción mínima a las parcelas de salida lo que puede provocar que el resultado sea una serie de píxeles muy adecuados dispersos en el mapa e insuficientes en superficie.

Para resolver este problema se realizó un primer ensayo:

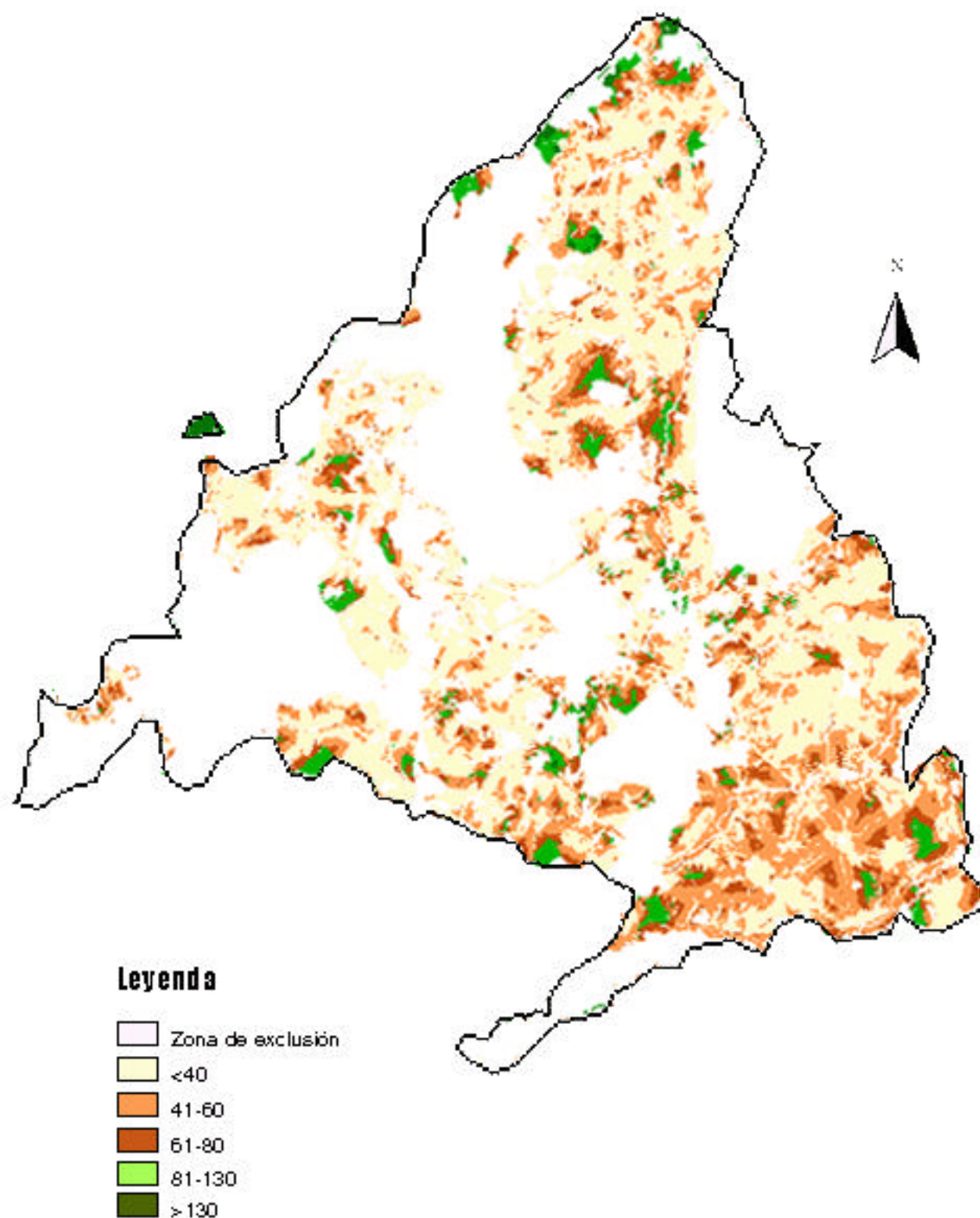
**1)** En primer lugar se realizó un análisis de la distribución de los valores en el mapa de adecuación mediante un histograma numérico. Observando el comportamiento de los mismos y mediante una sencilla reclasificación, se extrajeron los intervalos más adecuados y que, en conjunto, pudieran cubrir las necesidades de superficie.

**2)** A continuación se agruparon todos aquellos píxeles contiguos con el mismo valor, para conseguir identificar, individualmente, cada una de las parcelas o regiones resultantes.

**3)** Una vez agrupadas se obtuvo el área de las mismas, eliminando aquellas que no cumplieran las necesidades mínimas de superficie. Si las parcelas finales resultaban escasas, se repetía el proceso aumentando el intervalo de adecuación.

Este proceso se realizó para cada tipo de instalación. No obstante, en el caso de los vertederos de RSU y Plantas de Transferencia, los resultados se concentraban en determinadas zonas de la Comunidad, que difícilmente podrían abastecer al conjunto regional. Así, se decidió utilizar las 5 UTG (Unidades Territoriales de Gestión) definidas para la Comunidad (PAGRSU, 1997-2005), realizando un análisis separado del mapa de adecuación para cada una de ellas.

Mapa V.4.2 Adecuación del territorio para la localización de plantas de transferencia de RSU



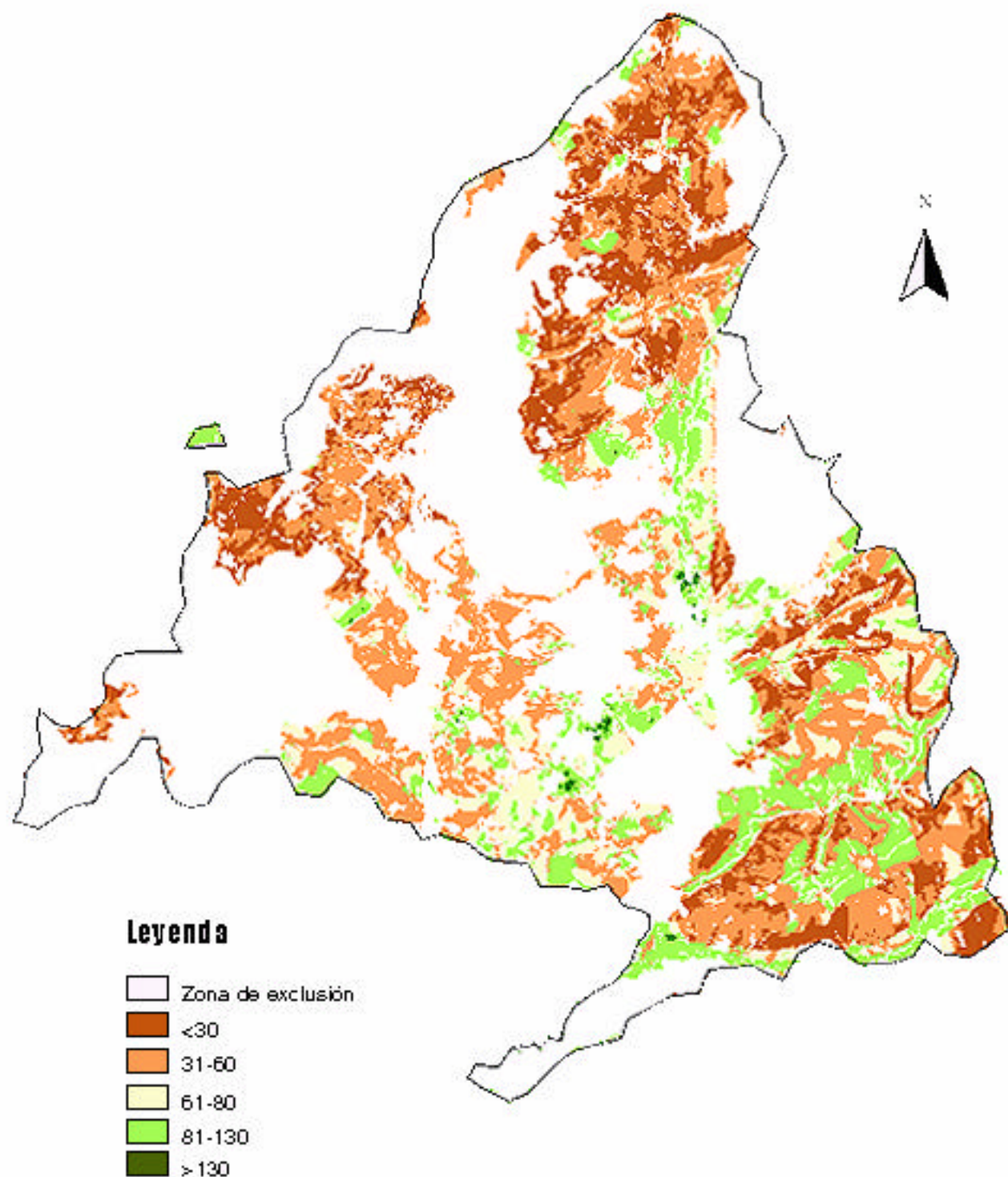
**Escala**

0 20.000 40.000 m

Original 1/50.000  
Reproducción aprox. 1/800.000

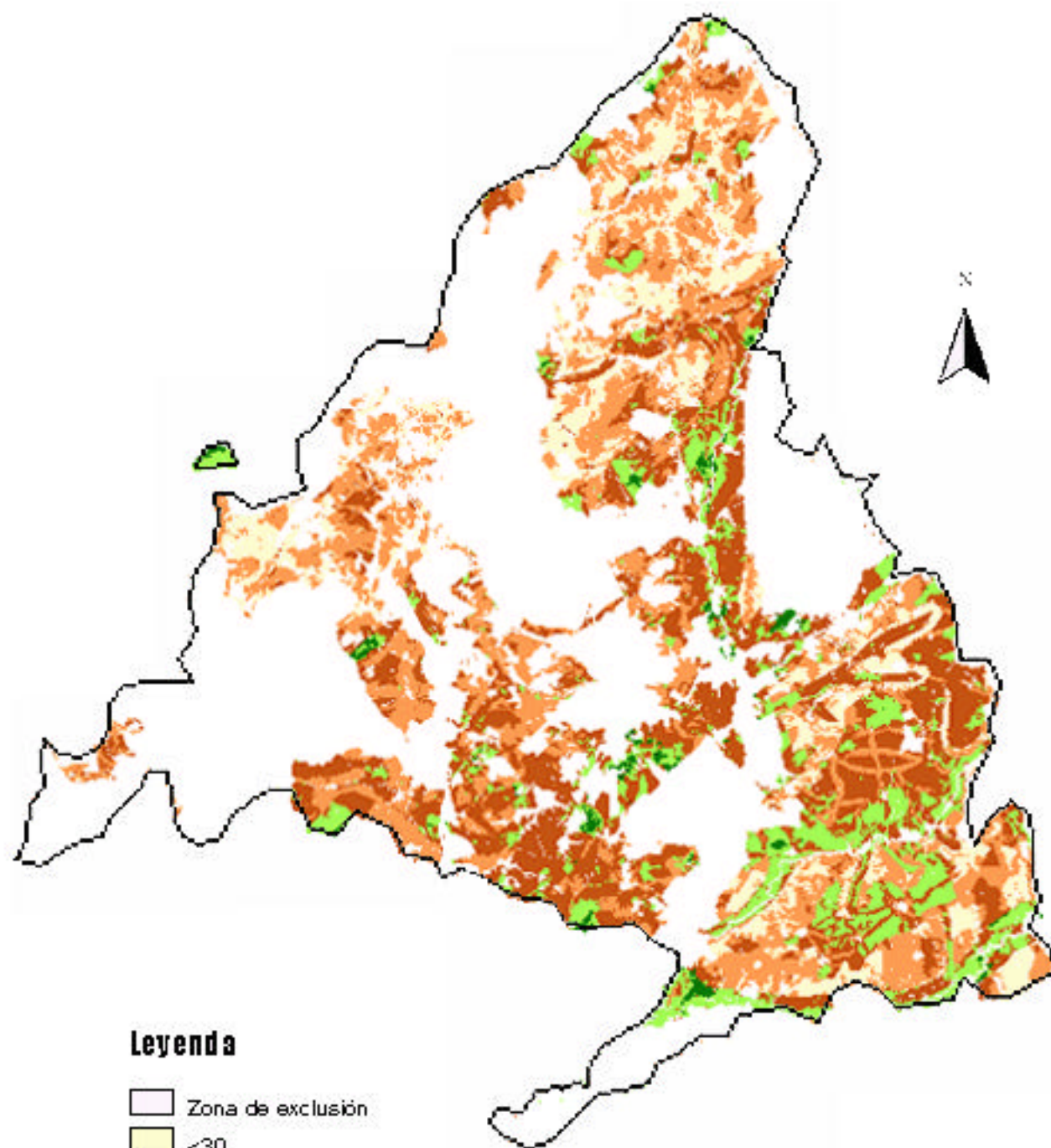
UNIVERSIDAD DE ALCALÁ  
Departamento de Geografía

Mapa V.4.3 Adecuación del territorio para la localización de vertederos de RSU



Original 1/50.000  
Reproducción aprox. 1/800.000

Mapa V.4.4 Adecuación del territorio para la localización de depósitos de seguridad



**Leyenda**

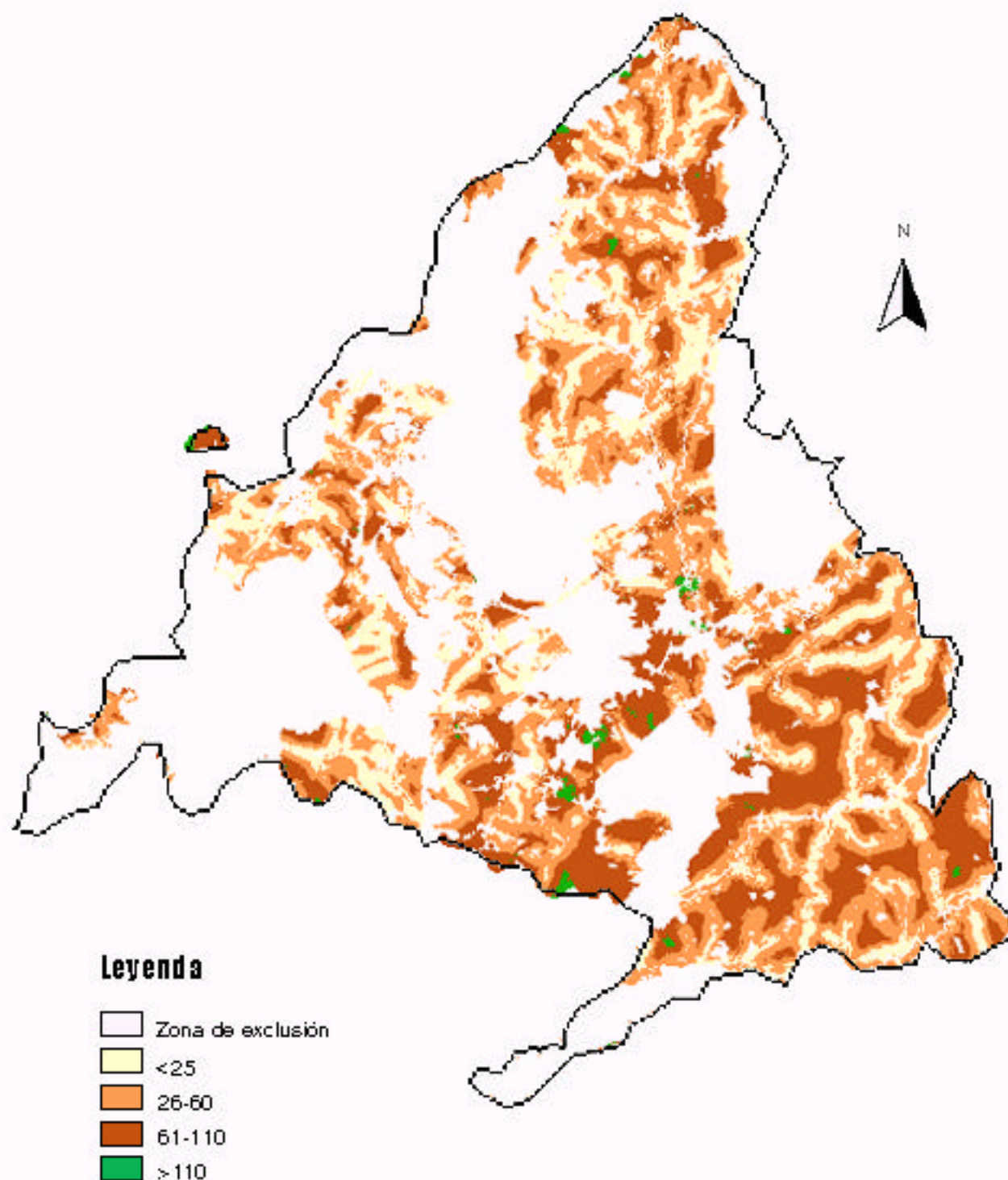
-  Zona de exclusión
-  <30
-  31-60
-  61-80
-  81-130
-  >130

**Escala**

0 20.000 40.000 m

Original 1/50.000  
Reproducción aprox. 1/800.000

## Mapa V.4.5 Adecuación del territorio para la localización de plantas de tratamiento de RTP



**Escala**

0 20.000 40.000 m

Original 1/50.000  
Reproducción aprox. 1/800.000

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ  
Departamento de Geografía

**a) Lugares candidatos a recibir una Planta de Transferencia de RSU**

En el Mapa V.4.6 (Parcelas adecuadas por UTG para la localización de Plantas de Transferencia de RSU) podemos observar los resultados finales para la localización de Plantas de Transferencia. En total se extrajeron 35 parcelas, distribuidas de la siguiente forma:

- 5 parcelas en UTG 1
- 10 parcelas en UTG 2A
- 6 parcelas en UGT 2B
- 9 parcelas en UTG 3
- 5 parcelas en UTG 4

En ninguno de los casos se descendió más del nivel 3 de adecuación (los valores oscilaban entre 1 y 255 aproximadamente). Como podemos observar, en casi todas las UTG se ha conseguido una cierta variedad de tamaños y emplazamientos, si bien el caso de la UTG 2B y UTG 3 se observa una concentración de las parcelas en la parte oriental y zona meridional respectivamente. En el caso de la UTG 4, vemos como casi todas las parcelas se concentran en el municipio madrileño.

**b) Lugares candidatos a recibir un Vertedero de RSU**

Para obtener la localización de estas parcelas seguimos el procedimiento descrito en el apartado anterior. En total se extrajeron 55 parcelas, distribuidas de la siguiente forma:

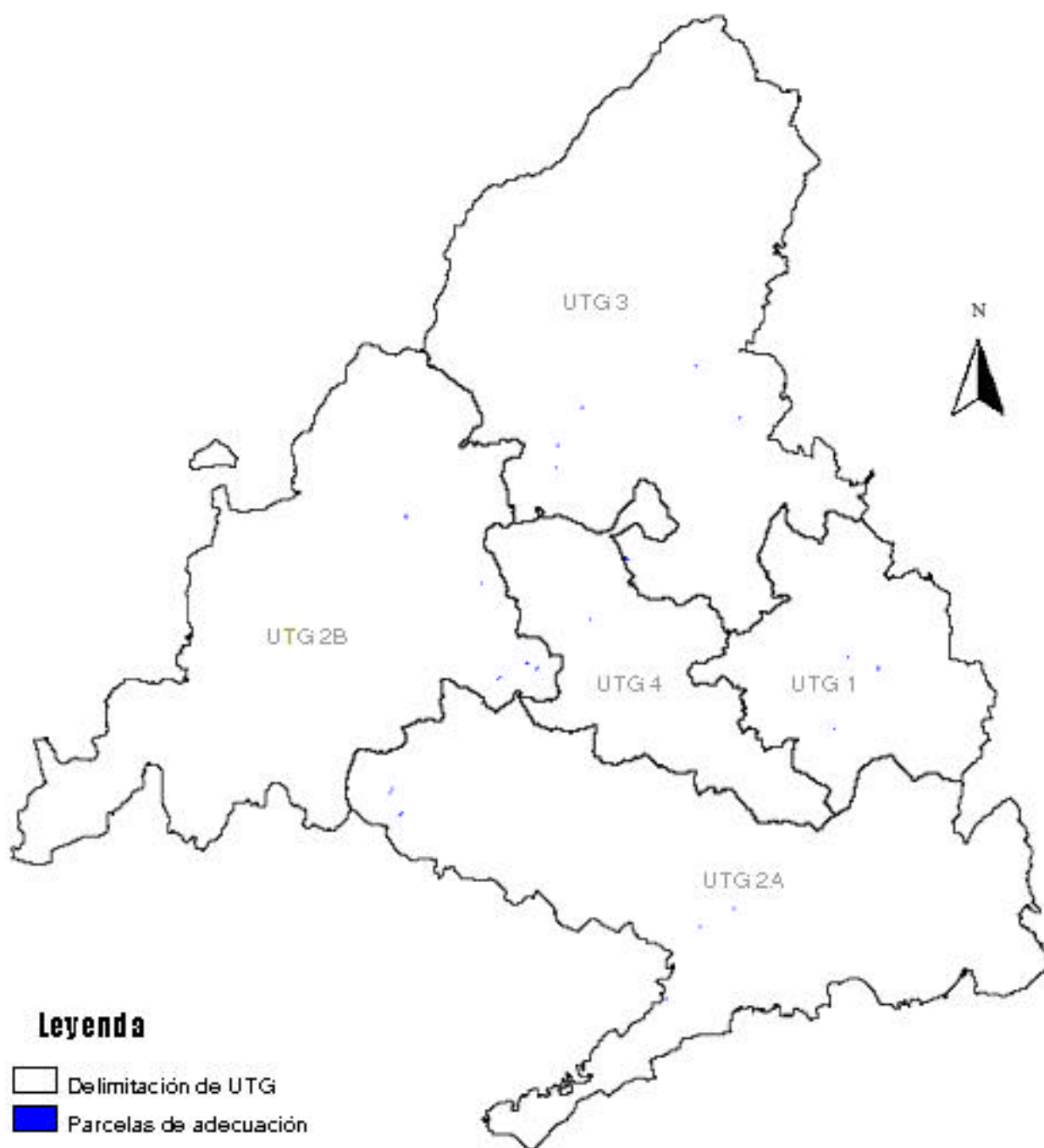
- 10 parcelas en UTG 1
- 15 parcelas en UTG 2A
- 6 parcelas en UTG 2B
- 10 parcelas en UTG 3
- 14 parcelas en UTG 4

En la mayoría de los casos no se descendió del nivel de adecuación 6 a excepción de la UTG 4. En este caso hubo que descender hasta el nivel 40 para poder conseguir una cierta distribución espacial de los resultados, ya que de lo contrario todas las parcelas aparecerían concentradas en el municipio de Arganda.



Llegados a este punto, y ante la diversidad de parcelas resultantes, decidimos introducir una pequeña variante que mejorara el resultado, o al menos, que añadiera algo más de sentido a los resultados.

En el Mapa V.4.7 (Parcelas adecuadas por UTG para la localización de Vertederos de RSU) podemos observar los resultados del proceso descrito anteriormente. En este caso decidimos ordenar todas las parcelas en función de la media de adecuación para cada una de ellas. En la figura V.4.2 se describe de manera detallada el proceso seguido para obtener estos resultados.

Mapa V.4.6: Parcelas adecuadas para la localización de plantas de transferencia de RSU



**Leyenda**

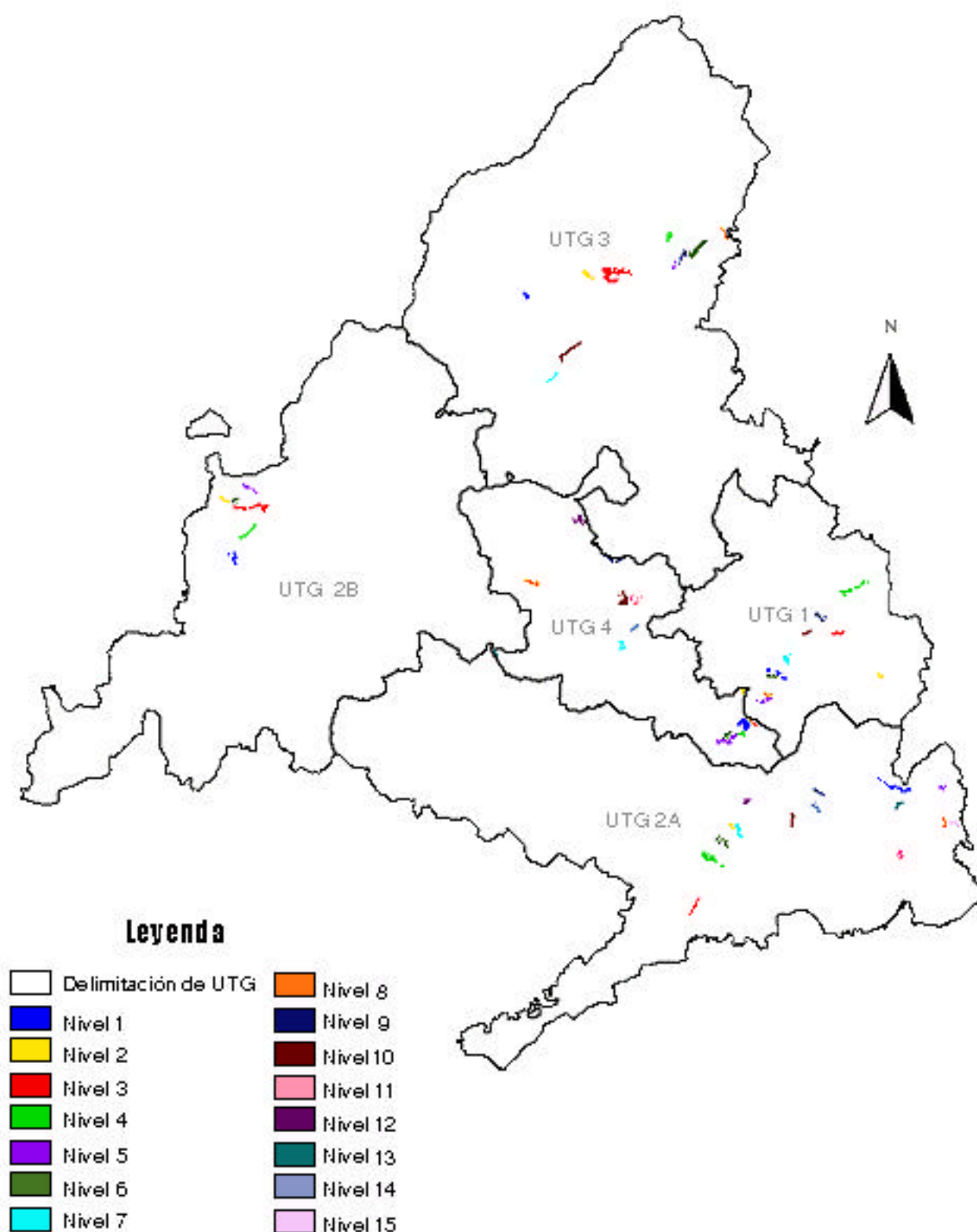
-  Delimitación de UTG
-  Parcelas de adecuación

**Escala**

0 20.000 40.000 m

Original 1/50.000  
Reproducción aprox. 1/800.000

## Mapa V.4.7 Parcelas adecuadas para la localización de vertederos de RSU



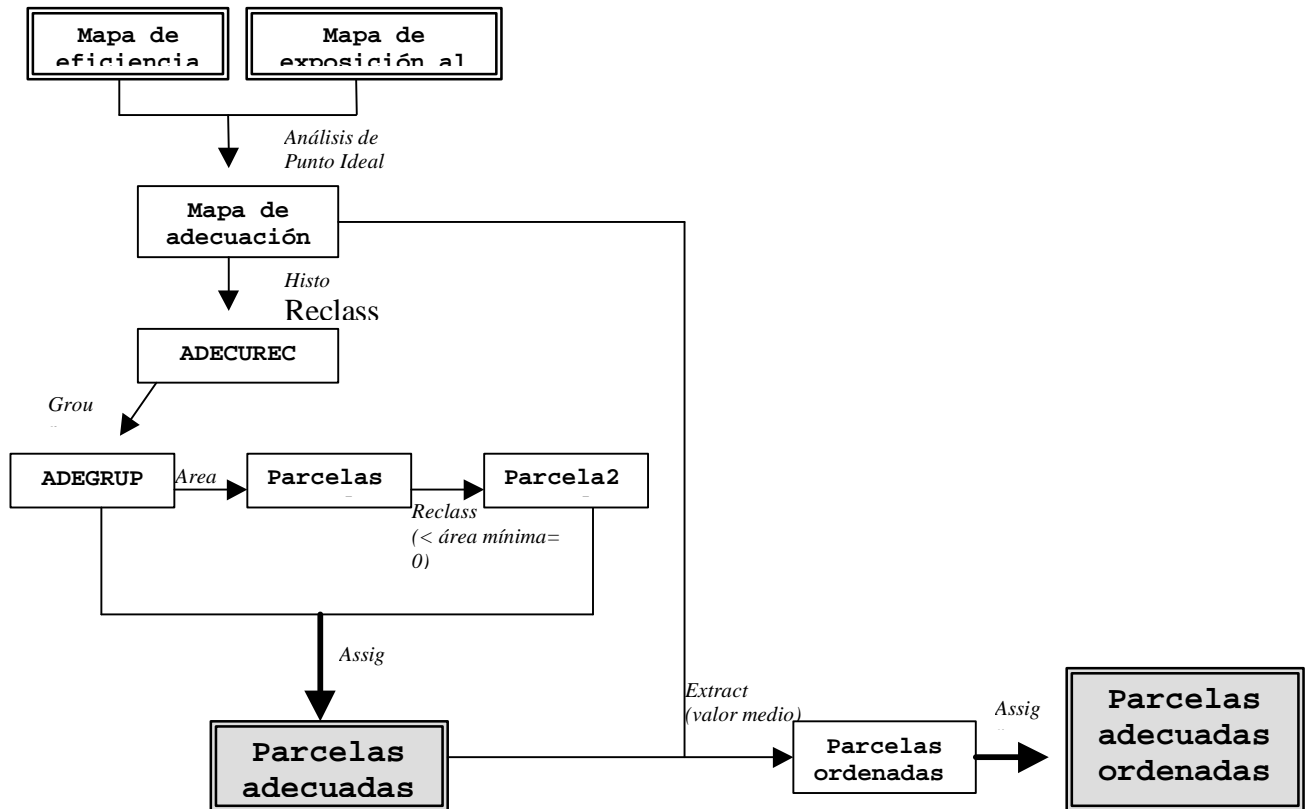
### Escala

0 20.000 40.000 m

Original 1/50.000

Reproducción aprox. 1/600.000

**Figura V.4.2 Procedimiento para la obtención de las parcelas de adecuación**



Estas mismas operaciones se realizaron para las instalaciones de tratamiento y/o eliminación de Residuos Tóxicos y Peligrosos (RTP).

**c) Lugares candidatos a recibir un Depósito de Seguridad para RTP**

En total se extrajeron 33 parcelas, sin descender del nivel 6 de adecuación. No nos detendremos aquí en los resultados, puesto que se comentarán de manera conjunta en el apartado IV.2

**d) Lugares candidatos a recibir una Planta de tratamiento físico-químico o biológico de RTP**

En total se extrajeron 7 parcelas, sin descender del nivel 2 de adecuación. No nos detendremos aquí en los resultados, puesto que se comentarán de manera conjunta en el apartado IV.2.

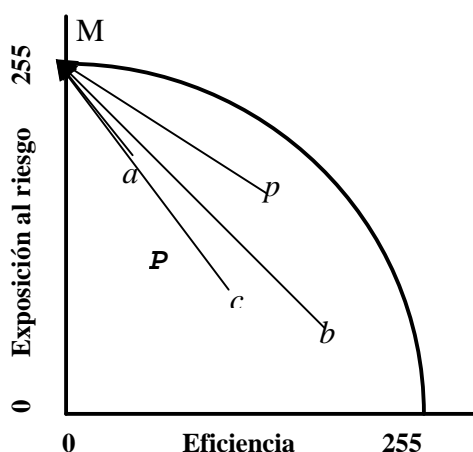
#### V.4.2. Las localizaciones que maximizan la eficiencia y afectan a zonas ya deterioradas por altas exposiciones a riesgos tecnológicos

En este segundo escenario sólo se trabajó con las instalaciones de RTP. El planteamiento parte de nuevo del método de Análisis de Punto Ideal, sin embargo, en esta ocasión, consideraremos que el punto ideal ha de encontrarse lo más cerca posible a la máxima eficiencia y a la máxima exposición. El cálculo, por lo tanto, de este nuevo mapa de adecuación se realizaría a partir de la siguiente fórmula:

$$D_i = \sqrt{(E_i - 0)^2 + (Ex_i - 255)^2}$$

donde  $E$  sería la eficiencia combinada o total y  $Ex$  sería la exposición al riesgo.

**Figura V.4.3 Análisis de punto ideal (M) minimizando las distancias entre la máxima exposición y la máxima eficiencia. En este caso  $a$  sería la mejor alternativa**



Para llegar al mapa final se realizaron las mismas operaciones que en apartados anteriores, partiendo, esta vez, del nuevo mapa de adecuación calculado.

##### a) Lugares candidatos a recibir un Depósito de Seguridad para RTP

En total se extrajeron 10 parcelas, entre los niveles 57 y 134 (no existía ningún píxel con nivel de adecuación menor de 57). En mapa V.4.8 (Parcelas adecuadas para la localización de Depósitos de Seguridad) podemos observar los resultados de los dos escenarios planteados. Como era de esperar no existe ninguna coincidencia entre las parcelas obtenidas para los dos casos, pero tampoco grandes diferencias, es decir, todas las parcelas se disponen en la zona sureste de la Comunidad. Como vemos, en el caso de la minimización de la exposición, casi todas las parcelas se localizan sobre el páramo, en municipios con escasa actividad industrial y donde la componente rural todavía está muy presente. Por otro lado se trata de una zona donde proliferan las urbanizaciones residenciales. Sería el caso de municipios como Torres de la Alameda, Campo Real, Loeches, Villalbilla o Corpa.

En el caso de la maximización de la exposición al riesgo, es decir, de la localización de este tipo de instalaciones en lugares donde ya existe una acumulación importante de instalaciones emisoras de riesgos tecnológicos, o, simplemente, instalaciones no deseables, observamos como la mayoría de las parcelas se acumulan en zonas ya bastante degradadas como el norte de Getafe o en el municipio de Madrid, justo en las inmediaciones del aeropuerto de Barajas.

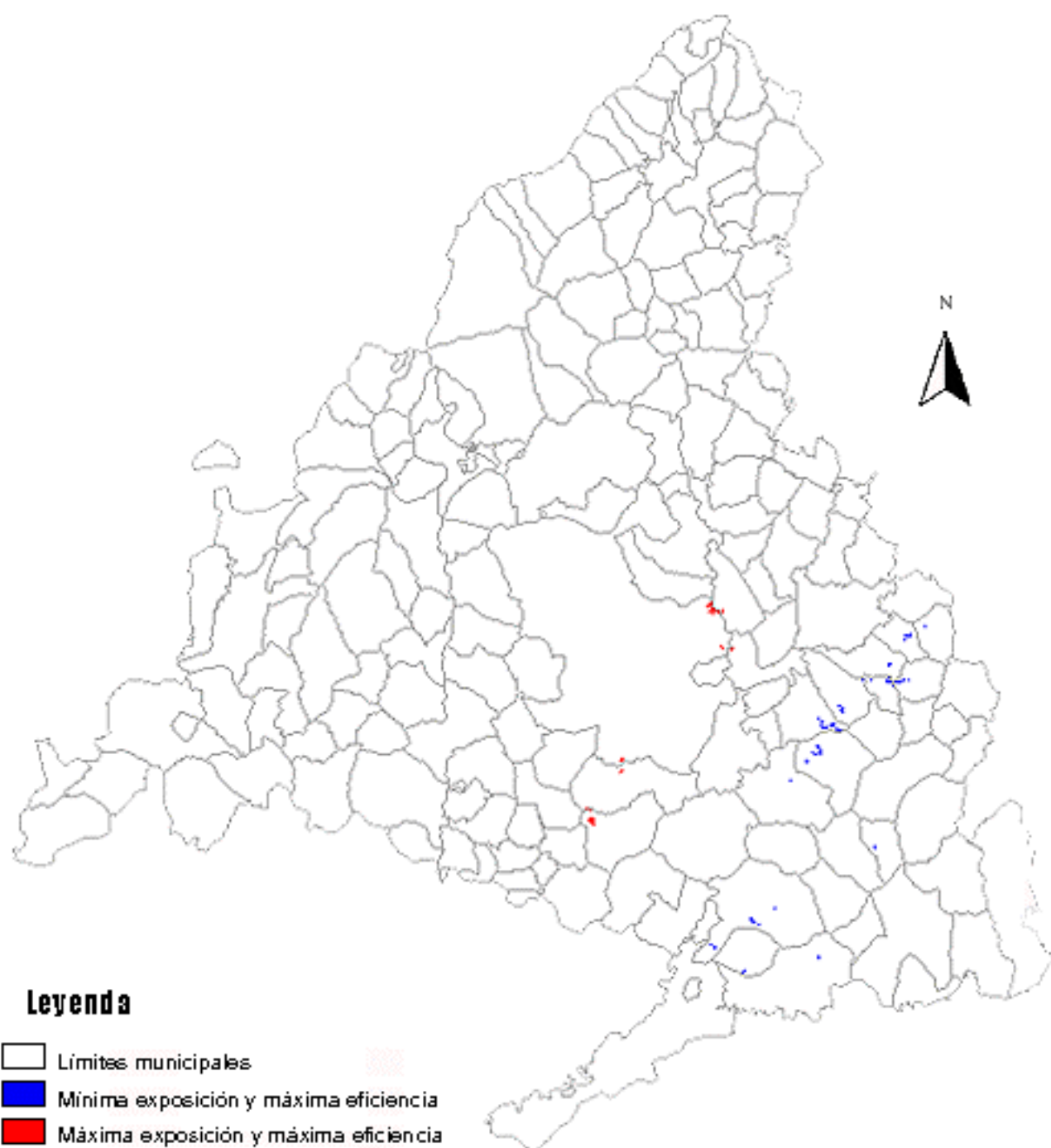
**b) Lugares candidatos a recibir una Planta de Tratamiento de RTP**

En total se extrajeron 11 parcelas, entre los niveles 3 y 121 (fue necesario descender tanto debido a que los niveles más altos no cumplían los requisitos mínimos de superficie). El mapa V.4.9 (Parcelas adecuadas para la localización de Plantas de Tratamiento de RTP) podemos observar los resultados de los dos escenarios para este tipo de instalación.

En este caso la distribución espacial de las parcelas es más dispersa. En este caso podemos comprobar como el factor distancia a los ríos ha sido decisivo. Curiosamente las parcelas de mayor exposición al riesgo se localizan en torno a cursos fluviales de primer orden, mientras que las parcelas de mínimo riesgo se encuentran, casi todas, junto a alguno de los afluentes de los principales ríos que recorren la región.

De nuevo, estas parcelas se extienden por todo el Sur-sureste de la Comunidad, cercanas a los grandes centros de actividad industrial.

## Mapa V.4.8 Parcelas adecuadas para la localización de depósitos de seguridad



### Legenda

- ▭ Límites municipales
- Mínima exposición y máxima eficiencia
- Máxima exposición y máxima eficiencia

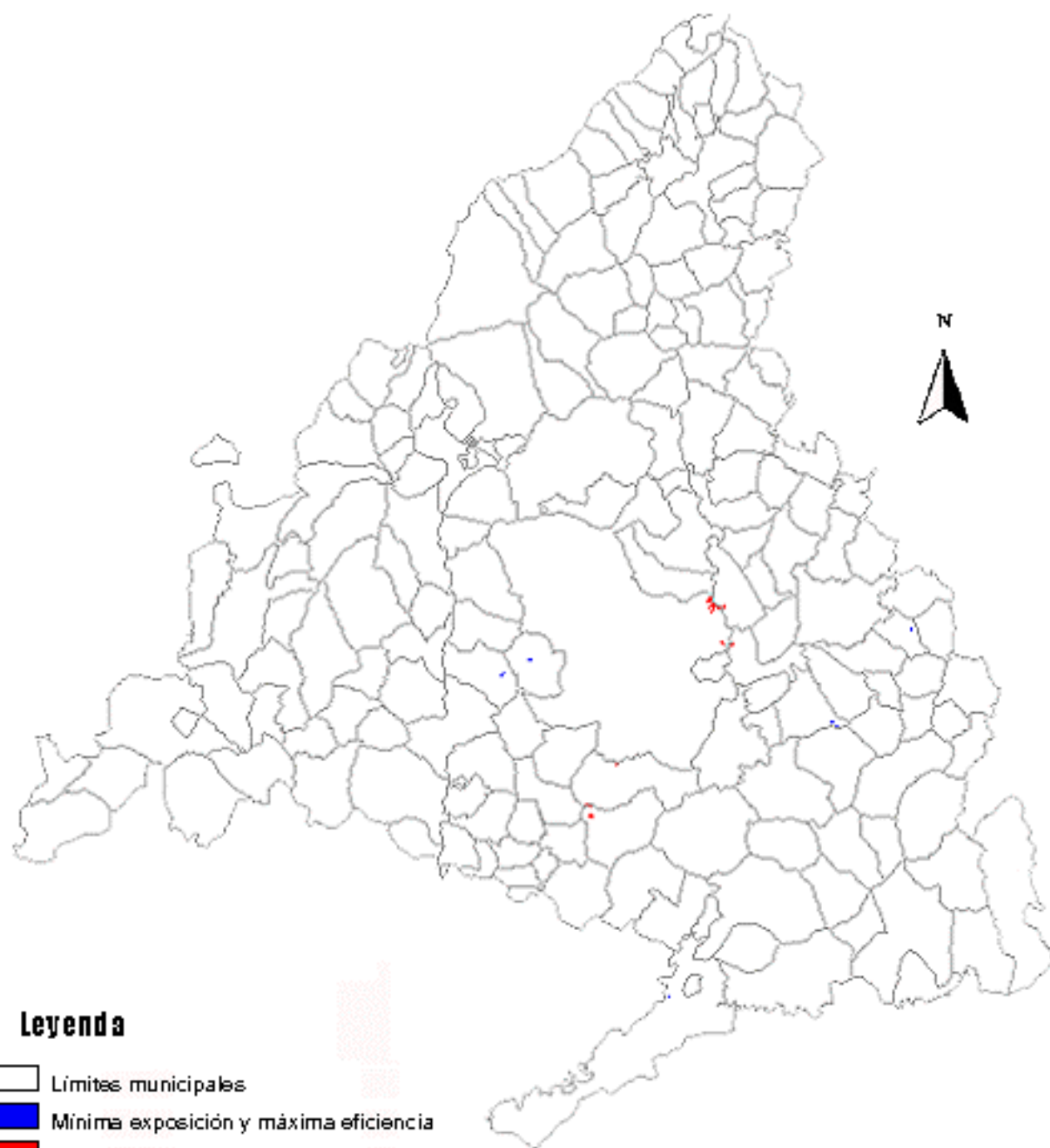
### Escala

0 20.000 40.000 m

Original 1/50.000  
Reproducción aprox. 1/800.000

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ  
Departamento de Geografía

## Mapa V.4.9 Parcelas adecuadas para la localización de plantas de tratamiento de RTP



### Escala

0 20.000 40.000 m

Original 1/50.000

Reproducción aprox. 1/800.000

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ  
Departamento de Geografía