

Ensayo metodológico para la localización de instalaciones de tratamiento de residuos sólidos urbanos en la Unidad Territorial de Gestión 2B de la Comunidad de Madrid

Montserrat GÓMEZ DELGADO* y Raúl ROMERO CALCERRADA**

Recibido: 13-I-2002

Agotado: 25-VI-2002

RESUMEN

Palabras claves: Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, Sistemas de Información Geográfica, Evaluación multicriterio, Zonificación Ambiental y Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPA).

Este artículo propone una metodología —basada en el análisis multicriterio y Sistemas de Información Geográfica— para la localización de nuevas plantas de transferencia de residuos y vertederos controlados en la Comunidad de Madrid. Frente al incremento de la superficie natural protegida, la metodología incorpora una zonificación ambiental para incluir los espacios de escaso valor ambiental en la planificación del territorio. Gracias a ello, los resultados obtenidos se ajustan a la idea de desarrollo sostenible.

ABSTRACT

Key words: Waste Management, Geographical Information Systems, Multicriteria Evaluation, Environmental Zoning and Special Protection Areas (SPA).

The present paper develops a methodology —based on the Multicriteria Evaluation and Geographical Information Systems (GIS)— for locating waste management facilities in the Madrid region (Spain). The methodology incorporates, as a result of the increment of the natural surface protected, an environmental zoning to include the areas of low environmental value in land planning. Thanks to it, the results obtained are adjusted to the idea of sustainable development.

* Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá de Henares; montserrat.gomez@uah.es

** Instituto de Economía y Geografía. CSIC; rrcalcerrada@ieg.csis.es

1. INTRODUCCIÓN

La Planificación del Territorio es imprescindible para promover un crecimiento ordenado, así como diseñar un futuro equilibrado y cohesionado de una región. Toda planificación en el marco de la política ambiental europea y las tendencias sociopolíticas actuales, aspira a mantener un punto de equilibrio plural e integrador entre el desarrollo y la conservación. La Unión Europea, como consecuencia de la puesta en marcha de la Directiva 79/409/CEE (*DOCE n.o L 103 de 25/04/1979. p. 1; edición especial en español: capítulo 15. Vol. 2. pp. 125-141.*) y 92/43/CEE (*DOCE n.o L 206 del 22/07/1992. pp. 7-50.*), está propiciando la aparición de un gran número de Espacios Naturales Protegidos (ENP), a los cuales se deben añadir los existentes fruto de la legislación de carácter nacional o regional. La aplicación de estas Directivas ha generado la creación de 2.920 Zonas de Especial Protección de Aves —ZEPA— (6,6 % de la UE15) y 12.225 Lugares de Interés Comunitario —LIC— (12,2% de la UE15). Pese a la extensión actual se prevé que continúen creciendo a instancia de la propia UE. En nuestro país se han declarado 260 ZEPA y 937 LIC, desde 1986, ocupando 10,7% y 17,2% de España respectivamente. En el ámbito regional español se deben destacar algunas Comunidades Autónomas, que pese a su fuerte dinamismo socioeconómico, poseen una amplia superficie protegida. Tal es el caso de la Comunidad de Madrid, donde las 7 ZEPA y LIC existentes ocupan cerca del 40% del territorio.

El crecimiento del número y superficie de los ENP va a generar la necesidad de plantear nuevas filosofías de conservación y planteamientos integradores e innovadores a la hora de planificar el territorio. De no ser así, se corre el riesgo de propiciar la aparición de zonas marginadas, condenadas al despoilamiento o/y la pérdida de funcionalidad socioeconómica por el hecho de poseer altos valores naturales. La decisión de declarar un espacio natural protegido afecta de forma segura a los intereses —materiales o no— de un colectivo de personas, grupo humano que es en buena medida responsable del estado de conservación de ese territorio. El modo —positivo o negativo— en que afecte a estos espacios estará directamente relacionada con el tipo de políticas que se quiera aplicar. Por evitar que sea negativa, la estructuración, vertebración y cohesión interna de una región deberá ser diversificada y dentro del desarrollo sostenible. La declaración y especialmente el Plan de Ordenación de Recursos Naturales (PORN) y Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) de un ENP suponen, por tanto, un reto formidable, ya que la conservación del patrimonio natural y cultural deberá hacerse compatible con el mantenimiento de la función socioeconómica y la protección-mejora de la calidad de vida de todas las personas relacionadas con el espacio.

Cada vez más, los espacios naturales protegidos (ENP) deben considerarse como componentes básicos de la ordenación del territorio y, por tanto, deben quedar totalmente integrados en el marco de las políticas sectoriales. El buen funcionamiento de un sistema de áreas protegidas pasará por su integración en

la planificación territorial, aunque sin perder sus características propias como piezas fundamentales en la conservación de los recursos naturales. En los espacios naturales protegidos —en especial, las Zonas de Especial Protección de Aves (ZEPA)— existen zonas con distinto grado de naturalidad donde es posible establecer un gradiente de intensidad de explotación. Por ello, los planes de ordenación de recursos naturales consideran estos espacios naturales protegidos como centros difusores de las nuevas estrategias de desarrollo sostenible. Por tanto, la planificación y armonización de los diversos usos del suelo que confluyen en el territorio son necesarias para asegurar su funcionalidad. Si no es así se condenará a estos espacios a una marginalidad innecesaria, reduciendo sus funciones tradicionales a las ambientales y turístico-recreativas.

En muchas ocasiones la preocupación por el Medio Ambiente se traduce en denuncias o actuaciones que ponen su punto de mira en los problemas generales, pero a menudo se olvidan los problemas más cercanos o cotidianos. Hasta el momento, cuanto más desarrollada es una región más residuos se genera. La «sociedad de consumo o de bienestar» se enfrenta al grave problema de los residuos urbanos e industriales. Sin embargo, los residuos que producimos no desaparecen solos. Muy al contrario, la recogida, traslado y tratamiento de los residuos sólidos urbanos implica un ingente esfuerzo logístico y económico por parte de las administraciones públicas. No existen soluciones milagrosas al problema y aquellas, además de costosas, suelen generar rechazo social: nadie desea una incineradora o un vertedero junto a su casa, aunque, lógicamente, tampoco se plantea que las basuras no se recojan. Ante estos problemas la Administración tiene la responsabilidad y la obligación de encontrar soluciones.

En la actualidad, los municipios necesitan contar con instalaciones de eliminación de residuos mediante su depósito controlado, con garantías de no producir un impacto sobre el medio ambiente. Afortunadamente, de la primitiva concepción de vertedero como una instalación sin ningún tipo de control se ha pasado a considerar el vertedero como un depósito de residuos bajo unas estrictas medidas de protección pasiva para el medio ambiente y las personas. La tendencia para los vertederos, a la vista de la Directiva 1999/31/CE del Consejo, relativa al vertido de residuos (*DOCE n.o L 182 de 16/07/1999 pp. 000-0019*) es establecer, mediante rigurosos requisitos técnicos y operativos sobre residuos y vertidos, medidas, procedimientos y orientaciones para impedir o reducir, en la medida de lo posible, los efectos negativos en el medio ambiente del vertido de residuos, así como cualquier riesgo derivado para la salud humana, durante todo el ciclo de vida del vertedero. Con ello pretenden que los vertederos no supongan una carga para las generaciones futuras. Por ello, junto a las medidas de protección pasiva, se establecerán también medidas de protección activas con el fin de disminuir el periodo de tiempo durante el que un vertedero supone un riesgo, mediante la aceleración de los procesos que tienen lugar en el mismo.

La base espacial de nuestro estudio sería una de las Unidades Territoriales de Gestión (UTG) de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en las que se encuen-

tra dividida todo el territorio de la Comunidad de Madrid. Este artículo pretende alcanzar un doble objetivo: por un lado establecer una metodología que pueda dar solución a la necesidad de localizar e instalar nuevas plantas de transferencias de residuos y vertederos controlados; y, por otro, que esto sea posible en las UTG donde gran parte de su superficie está bajo alguna figura de protección, como es el caso de la UTG2B de la Comunidad de Madrid. Para estos casos se podría proponer la creación de varios minivertederos controlados distribuidos a lo largo del territorio que permita por un lado, un mayor control y por otro, la reducción de los impactos. Además estos podrán estar situados dentro de determinados ENP, siempre en áreas de menor o nulo valor ambiental y que reúnan las mejores condiciones para el establecimiento de este tipo de instalaciones.

Así, en el presente trabajo, se plantea la posibilidad de localizar varios minivertederos controlados para el tratamiento/eliminación de residuos sólidos urbanos, los cuales pueden ser viables en una Zona de Especial Protección de Aves, concretamente en la ZEPA 56, situada en la UTG2B. Para ello se parte de una metodología basada en un SIG, ya desarrollada y aplicada para toda la Comunidad de Madrid (BOSQUE *et al.*, 1999), que se mejora y adapta a partir de nueva información. El objetivo es comprobar la viabilidad de la ubicación de infraestructuras necesarias sobre ámbitos territoriales en los cuales gran parte del territorio está protegido por sus valores naturales. Las Zonas de Especial Protección para las Aves —por su amplia extensión, sus características territoriales y socioeconómicas— pensamos que pueden ser susceptibles de recibir infraestructuras y servicios, siempre dentro del marco del Desarrollo Sostenible y, por supuesto, sin transgredir la Directiva 79/409/CEE y 92/43/CEE. En este proceso, la Zonificación Ambiental en un elemento clave en este proceso de toma de decisiones y en la propuesta de estos nuevos usos, permitiendo el equilibrio entre el desarrollo territorial y la conservación de los valores naturales.

2. LAS UNIDADES TERRITORIALES DE GESTIÓN (UTG) DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) DE LA COMUNIDAD DE MADRID: UTG2B

Según se recogía en la Ley 42/75 sobre Desechos y Residuos Sólidos Urbanos, modificada por el Real Decreto Ley 1163/86 de Recogida y Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos y ambos actualmente sustituidos por la Ley 10/1998 de Residuos, «todos los municipios tienen entre sus atribuciones el prestar el servicio de recogida de RSU, siendo competencia también de los municipios con poblaciones superiores a 5.000 habitantes el tratamiento de los mismos». Con el Decreto 9/1995 del 9 de febrero, se aprueba en la Comunidad de Madrid las líneas básicas del sistema de gestión e infraestructuras de tratamiento de estos residuos, mediante el cual la Comunidad se compromete a asu-

mir los costes derivados del transporte entre los diferentes dispositivos de almacenamiento temporal de los residuos (plantas de transferencia) y los lugares de almacenamiento definitivo (vertederos).

Con la finalidad de llevar a cabo una gestión óptima de estos residuos, el territorio madrileño ha quedado dividido en tres grandes zonas (Norte, Este y Sur), subdivididas a su vez en un total de cinco Unidades Territoriales de Gestión: UTG1, UTG2A, UTG2B, UTG3 y UTG4. Con esta división se pretendía alterar lo menos posible las comunidades ya existentes, reducir costes de transporte y, por tanto, reducir el tamaño del área de gestión. De las UTG existentes, la que aquí nos ocupa sería la UTG2B, la tercera en extensión y segunda en número de municipios tras la UTG3.

Este ánimo de optimizar la gestión de estos residuos se materializa con la creación, aprobación, puesta en marcha y desarrollo del *Plan Autonómico de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos de la Comunidad de Madrid (1997-2005)*. En la figura 1 se puede observar la situación actual de gestión de la Comunidad, recogida en este Plan.

Características Generales de la UTG2B

Esta unidad territorial de gestión ocupa una extensión aproximada de 204.000 Ha. Según los datos que aparecen en el Plan antes mencionado, está integrada por 45 municipios, que reunían un total de 320.000 habitantes en 1995 (Comunidad de Madrid, 1997). En relación con su extensión, la **población** residente es más bien escasa, caracterizada por experimentar un fuerte incremento estacional ligado a la segunda residencia. No obstante, es una de las zonas de la Comunidad con mayor crecimiento demográfico en los últimos años. Recordemos que el municipio de Sevilla la Nueva, fue el que mayor porcentaje anual medio registró de toda la Comunidad entre 1991 y 1996. Sin duda esta situación es fruto del alto crecimiento vegetativo, pues el crecimiento urbanístico de estos municipios está propiciando la afluencia de población joven proveniente de Madrid, experimentándose a su vez una transformación de la segunda vivienda en principal. Las previsiones que aparecen en el plan, estiman un total de 380.000 habitantes para el 2.005. Sin embargo, en la última revisión del padrón de 1998, la cifra alcanzada en esta UTG es ya de 355.500 habitantes. Por todo lo anterior cabe esperar que la cifra para el 2.005 supere la previsión realizada por la Comunidad de Madrid.

En cuanto al **tipo de vivienda** (una de las características relevantes para la gestión de los residuos urbanos), en esta UTG destaca la predominancia de la vivienda horizontal frente a la vertical. Sólo tres municipios registran un predominio de la vivienda vertical con un alto número de viviendas unifamiliares (Villalba, Majadahonda y Guadarrama). Esta realidad es un claro indicio, por otro lado, de la enorme presencia de viviendas destinadas a segunda residencia (fines de semana y veranos). Un dato significativo que corrobora la importan-

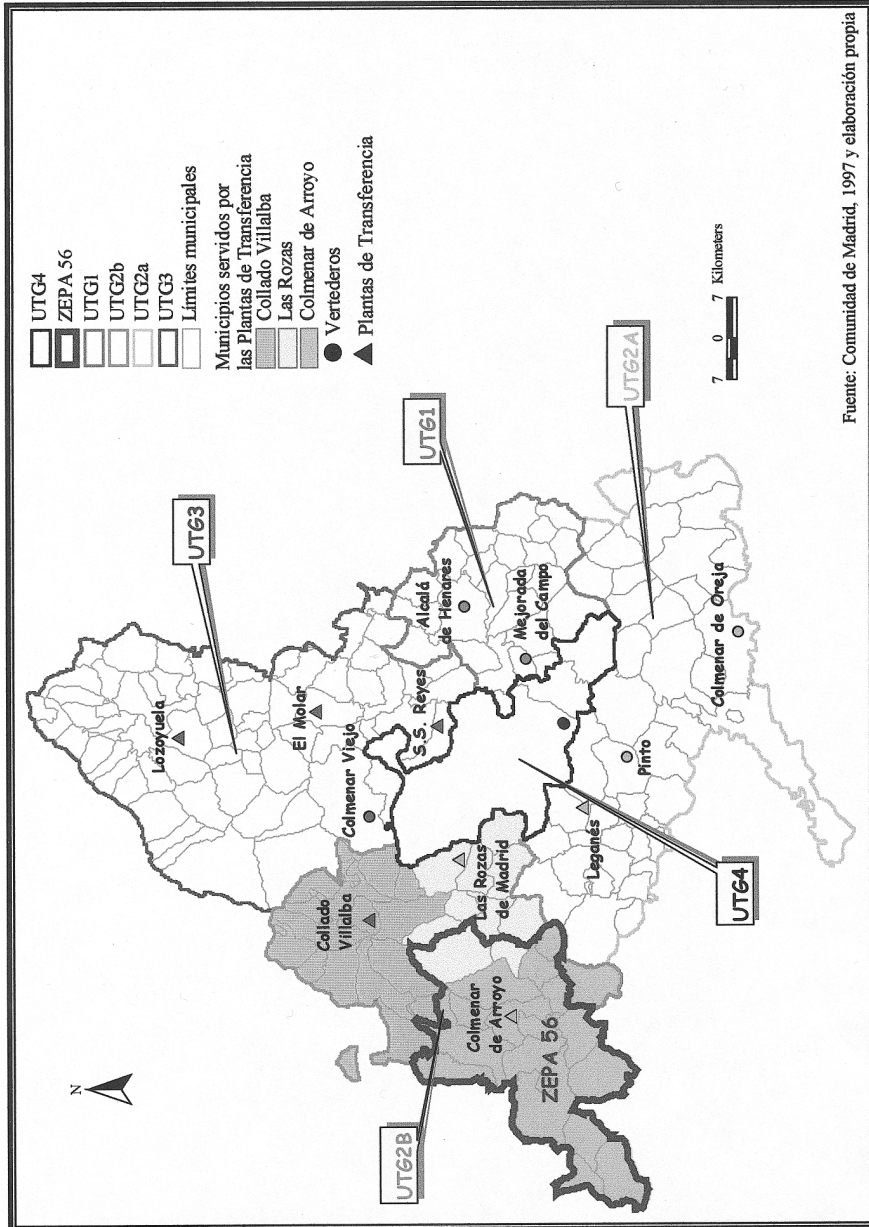
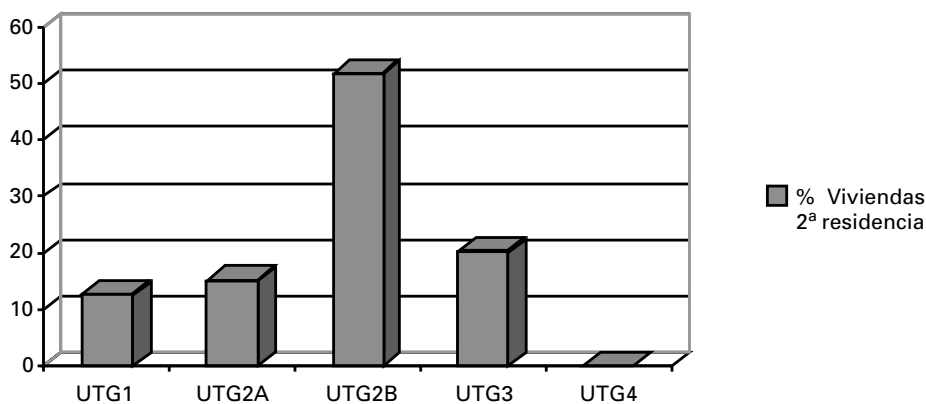


Figura 1.—Unidades de Gestión de RSU en la Comunidad de Madrid y localización del área de estudio.

cia de este fenómeno en el área que nos ocupa, es que de las 118.000 segundas viviendas registradas en la Comunidad, más de la mitad (61.000) se encuentran en la UTG2B (figura 2).

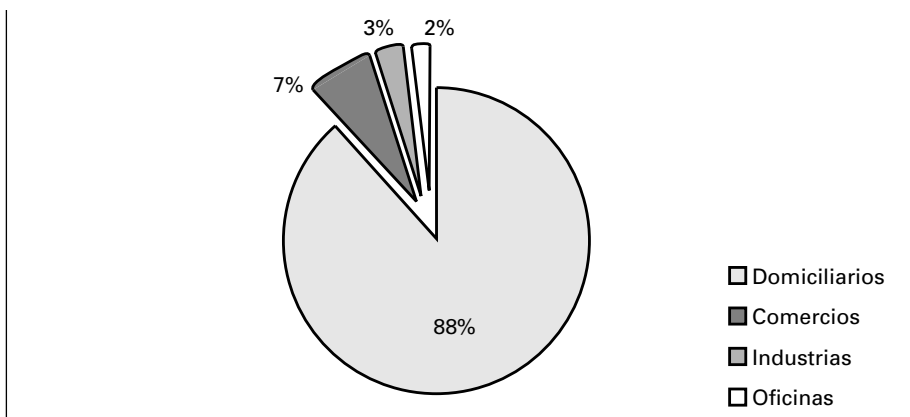


Fuente: Comunidad de Madrid, 1997 y elaboración propia.

Figura 2.—Porcentaje de viviendas de 2.ª residencia en cada una de las Unidades Territoriales de Gestión de RSU.

En cuanto a su distribución, se puede decir que sólo en 15 de los 45 municipios existe un predominio de la vivienda principal frente a la secundaria; este pequeño grupo está formado por municipios del borde metropolitano y colindantes, la zona de Colmenar de Arroyo y de El Escorial. Todo ello supone que un 57% de la población censada sea de tipo estacional. Si se considera que los residuos generados por este tipo de población equivalen a un tercio de lo generado por un residente habitual, tenemos que la cantidad de residuos generados por esta población estacional equivale a un 12% del total generado (Comunidad de Madrid, 1997: 34).

En cuanto a las características de los *residuos* sólidos urbanos generados, las estadísticas nos indican que es una de las UTG que menos residuos peligrosos de origen doméstico genera (aceites de coche, fluorescentes, baterías, pilas, medicamentos, pinturas, etc.). En cuanto a la producción de residuos no peligrosos, los de tipo domiciliario suponen un 88% del total, un 7% son generados en establecimientos comerciales, los industriales asimilables a urbanos ascienden a un 3% del total y un 2% se generan en oficinas (figura 3).



Fuente: Comunidad de Madrid, 1997 y elaboración propia.

Figura 3.—Porcentaje de RSU generados en la UTG2B, según procedencia.

Situación actual y previsiones de futuro en la UTG2B

En la Comunidad de Madrid, existen actualmente 7 estaciones de transferencia y 5 vertederos sanitariamente controlados (la localización de todos ellos aparece en la figura 1). Dentro de la UTG2B se encuentran 3 de las 7 estaciones de transferencia, localizadas en los municipios de Collado Villalba, Las Rozas y Colmenar de Arroyo. En esta UTG no existe ningún vertedero sanitariamente controlado. El coste medio de recogida y transporte, según los datos estimados y que aparecen en el Plan Autonómico de Gestión de Residuos, asciende a 911 millones de pesetas al año, lo que sitúa a esta UTG en el penúltimo puesto en cuanto a este tipo de gastos (Comunidad de Madrid, 1997: 64). Sin embargo, los costes anuales de operación y transporte hasta la planta de tratamiento (es decir, el vertedero sanitariamente controlado), ascienden a 293 millones de pesetas.

Los residuos generados en la UTG2B son definitivamente almacenados en los vertederos de Pinto y Colmenar Viejo, situados en dos Unidades Territoriales diferentes (UTG2A y UTG1, respectivamente). Finalmente, el coste de operación en vertedero asciende a un total de 269,9 millones de pesetas (220,9 en el caso de Pinto y 49 en el caso de Colmenar Viejo). Esta cifra sitúa de nuevo a esta UTG en una de las que más gastos ha de soportar en este concepto, sobre todo si se compara con los 164,8 millones de gasto anual que registra la UTG3 o los 161 millones de la UTG1. Por último, habría que señalar que si bien la colmatación del vertedero de Pinto está prevista para el 2010, la vida útil del vertedero de Colmenar Viejo debería finalizar en el 2001.

Dentro del Plan, y en función de la situación de cada una de las unidades territoriales de gestión, se plantean unas necesidades de futuro que se pretenden cubrir con una serie de actuaciones hasta el año 2005.

Dadas las condiciones actuales, los voluminosos gastos que la gestión de los RSU generan en esta Unidad Territorial de Gestión y las previsiones de crecimiento de la población en años venideros, en el Plan Autonómico se prevé la construcción de un vertedero sanitariamente controlado en la zona. A estas razones, se une el hecho de que el vertedero de Colmenar Viejo está próximo a su colmatación y no existe posibilidad de ampliación; por otro lado, la Comunidad pretende descargar de residuos al vertedero de Pinto para que pueda absorber más cómodamente —su colmatación es más lejana y es posible su ampliación— los residuos que le llegarán una vez se clausure el vertedero de Colmenar de Oreja en el 2005 (Comunidad de Madrid, 1997: 100).

Los estudios previos para la ubicación de este nuevo vertedero, deberían haberse iniciado ya, para poder comenzar su construcción hacia el año 2002 y que estuviera operativo en el 2004. Las necesidades de superficie para este nuevo vertedero se estiman en unas 15 Hectáreas.

Desde el punto de vista de la financiación prevista para llevar a cabo las distintas acciones contempladas en el Plan, se prevé la aplicación de una tasa de tratamiento entre el 2000-2008, para los Ayuntamientos de más de 20.000 habitantes y del 2007-2017 para los Ayuntamientos entre 5.000 y 20.000 habitantes.

UTG2B y los Espacios Naturales Protegidos

Esta Unidad Territorial de Gestión alberga en su seno varios espacios naturales protegidos que ocupan cerca del 61% de su territorio: El Parque Regional del *Curso Medio del Guadarrama y su entorno* (con 22.253 Ha.) que ocupa parcialmente esta UTG (concretamente el 11% de su superficie); el Parque Regional de la *Cuenca Alta del Manzanares* (con 46.728 Ha.), que ocupa el 9,6% y la ZEPA n.º 56 *Encinares del río Alberche y Cofío* (con 82.415 Ha., lo que supone el 40% del territorio de la UTG2B). Si a estos espacios naturales, se añade la superficie ocupada por los Montes Preservados (Ley 16/1995, de 4 de Mayo, Forestal y de Protección de la Naturaleza de la Comunidad de Madrid. BOCM Núm. 127. Artículo 20) se puede observar que cerca del 69,3 % de esta UTG se encuentra bajo alguna figura de protección.

El Parque Regional del *Curso Medio del río Guadarrama*, desde Galapagar hasta el límite con Castilla-La Mancha, posee una serie de singularidades paisajísticas, geológicas, geomorfológicas, hidrográficas, botánicas y faunísticas que merecen ser objeto de una protección especial. La presión y amenazas de transformación (urbanísticas, extractivas, etc.) que pesan sobre las diferentes unidades ambientales existentes en torno a este tramo del río, hicieron necesario el establecimiento de un régimen de protección preventiva que evite su

deterioro y destrucción. Con la declaración de Parque Regional de 1999 (Ley 5/1999, de 14 de abril), se ha incrementado en más de 4.000 ha. la superficie propuesta por el antiguo Plan de Ordenación de los Recursos Naturales por el que se encontraba regulado.

El Parque Regional de la *Cuenca Alta del Manzanares* (Ley 1/1985, de 23 de enero) surge de la necesidad de conservar el corredor situado desde el conjunto urbano de Madrid hasta la Sierra del Guadarrama. La gestión del Parque se realiza en el marco del Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG), cuya revisión fue aprobada en noviembre de 1995. Los valores de este Parque Regional, como en otros espacios, responden al mantenimiento de un ecosistema natural bien conservado, secularmente adaptado a las actividades socioeconómicas tradicionales. La Comunidad de Madrid ha realizado un esfuerzo considerable en la compra de terrenos de alto valor ecológico, situados en las zonas de reserva del Parque, en los que habitan el halcón peregrino y el buitre leonado.

La ZEPA n.º 56 *Encinares del río Alberche y Cofío* posee un mayor interés por su extensión (10,28% del territorio de la Comunidad de Madrid) y las peculiaridades de este espacio natural protegido. Ésta se localiza al suroeste de la Comunidad de Madrid y ocupa, principalmente, una parte de la cuenca media del río Alberche. En 1990 fue declarada Zona de Especial Protección de Aves (ZEPA) por el gobierno regional porque es un amplio espacio donde se ha conservado en buen estado el ecosistema de bosque mediterráneo. Éste alberga diversos hábitats que son el soporte de cinco especies protegidas por la Directiva 79/409/CEE (*Aquila adalberti*; *Aegypius monachus*; *Gyps fulvus*; *Bubo bubo* y *Ciconia nigra*) así como otras aves de interés y mamíferos con elevado riesgo de extinción (*Lynx pardina*).

Esta ZEPA se encuentra en una zona de contacto entre un sistema montañoso, constituido principalmente por la Sierra de Gredos y de Guadarrama, y depresiones intramontanas, y la depresión del Tajo. Ambas unidades geomorfológicas están unidas por un inclinado piedemonte que sirve de enlace topográfico. Este ENP se caracteriza por un clima mediterráneo con matices de continentalidad. La temperatura media anual oscila desde los 16,5.°C de la depresión hasta los 10,4.°C de las tierras altas de la cordillera. La precipitación media anual alcanza los 700 mm y es significativa la sequía estival que provoca estrés hídrico en la vegetación. El bosque mediterráneo —con amplias áreas de *Quercus ilex* y de *Pinus pinea*— es característico de esta zona, aunque también están presentes en lugares más húmedos masas de *Quercus pyrenaica*, *Castanea sativa* y *Fraxinus excelsior*. Un 10 % de la superficie total de la ZEPA está ocupada por hábitats preferentes según la Directiva 92/43/CEE.

Los usos del suelo tradicionales son, en general, respetuosos con el medio ambiente. Las actividades agrarias han sabido conservar un valioso patrimonio natural. La cercanía al área metropolitana de Madrid y la dinámica socioeconómica están generando transformaciones —especialmente desde 1960— en los usos del suelo que afectan a la conservación de los recursos naturales. Entre ellas cabe destacar el abandono de usos agrarios, las urbanizaciones de se-

gunda residencia y los proyectos de construcción de autopistas y campos de golf. Para evitar el deterioro del medio ambiente y como respuesta a las exigencias de la Unión Europea se está desarrollando un Plan de Ordenación de los Recursos Naturales que armonice conservación de la naturaleza y desarrollo rural, bajo el enfoque del desarrollo sostenible.

3. METODOLOGÍA PARA LA LOCALIZACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RSU

Nuestro objetivo es combinar una metodología basada en técnicas de Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica para la localización de plantas de tratamiento y/o eliminación de residuos, y, otra metodología desarrollada para llevar a cabo una zonificación ambiental de Zonas de Especial Protección para las Aves (Romero, 2000). Así, se pretende presentar una nueva metodología más completa, que podría ser de gran utilidad en el caso hipotético de que se presentara la necesidad de localizar plantas de transferencia de RSU en territorios donde existiera un alto porcentaje de Espacios Naturales Protegidos. Con esta metodología se pretende incorporar las zonas de escaso valor ambiental de estos espacios protegidos a la toma de decisiones, sin transgredir las Directivas comunitarias. No se debe olvidar que en la actualidad más del 40% del territorio de la Comunidad de Madrid se encuentra bajo alguna figura de protección, superficie que probablemente se vea ampliada en los próximos años. Por ello, creemos que es necesario disponer de metodologías que permitan la optimización de la asignación de usos e infraestructuras en el territorio en el marco del desarrollo sostenible. Con la metodología propuesta se podrá conservar los valores naturales de los ENP y, al mismo tiempo, incorporar parte de los mismos a la toma de decisiones.

En primer lugar se pasará a describir la metodología de zonificación ambiental que se llevó a cabo en el caso concreto de la ZEPA n.º 56 *Encinares del río Alberche y Cofío*, localizada dentro de la UTG2B. A continuación se hará una breve alusión a la metodología utilizada para la localización de plantas de tratamiento de residuos. Seguidamente se describen las modificaciones introducidas en este caso concreto y que vienen dadas por la incorporación de nueva información geotécnica, litológica, existencia de acuíferos y la de mayor interés en este trabajo, la Zonificación Ambiental de una Zona de Especial Protección de Aves. Finalmente, los resultados se presentarán en el apartado 3.

La Zonificación Ambiental de la ZEPA n.º 56

Para la planificación de territorios donde existen ENP resulta primordial el conocimiento del medio biótico. Por ello resulta de interés disponer de una zonificación ambiental, que permita conocer de forma detallada y manejable

las características animales y vegetales, su calidad y su estado de conservación. Esta información pensamos resulta fundamental para la mejor ordenación del territorio y crucial para la toma de decisiones.

La zonificación organiza el territorio en función del valor natural de sus recursos, permitiéndonos conocer —junto a otros criterios— la capacidad de acogida para diferentes usos, con el fin de minimizar los impactos negativos y de asegurar un uso del espacio compatible con la conservación de sus recursos naturales. La síntesis en áreas homogéneas permite localizar los espacios de mayor interés o establecer niveles de protección para, posteriormente, decidir tanto la idoneidad de cada zona para la ubicación de instalaciones o actividades humanas como un orden de actuación a la hora de aplicar medidas de protección y planificación de un espacio protegido.

La zonificación ambiental es síntesis de una serie de elementos vegetales y faunísticos que se verán a continuación.

Valoración de los biotopos faunísticos

La valoración de los biotopos faunísticos ha permitido una zonificación faunística de la ZEPA n.º 56. Los pasos para la valoración del área de estudio han sido los siguientes:

- Selección de una serie de especies indicadoras elegidas en función de la Directiva 79/403/CEE y Hábitats 92/43/CEE, su importancia intrínseca o su interés en este territorio. Los taxones seleccionados son: aves — Águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*), Búho real (*Bubo bubo*), Buitre negro (*Aegypius monachus*), Buitre leonado (*Gyps fulvus*) y Águila-azor perdicera (*Hieraaetus fasciatus fasciatus*)— por las que se ha declarado ZEPA este territorio; y otras especies de especial relevancia en la zona (Lince (*Lynx pardina*), Cigüeña Negra (*Ciconia nigra*), Nutria (*Lutra lutra*), etc.).
- Recopilación, análisis de la información disponible y localización de las especies indicadoras.
- La realización de una división territorial inicial sobre el mapa de ocupación del suelo y vegetación de la Comunidad de Madrid a escala 1:50.000 elaborado en la ETSI de Montes, apoyándose en trabajos de campo y la información recopilada, según características biogeográficas generales, y, otras características fisiográficas del territorio como valles, orientación, etc. (Notario Gómez, *et al.* 1999).
- Sobre el mapa de zonas homogéneas se procedió a la valoración (5 máximo valor y 1 el mínimo valor) desde el punto de vista faunístico de cada área obtenida, teniendo en cuenta la diferente utilización de cada una de ellas por las especies ya reseñadas, el número de especies presentes, la existencia de nidos, zonas de alimentación, corredores, etc.

Este mapa proporciona información útil y de gran valor sobre el interés faunístico del territorio. Especialmente para las especies que han llevado a la designación de este espacio como ZEPA y Lugar de Interés Comunitario. Pese a todo, para alcanzar una valoración integral se ha creído necesario complementarla con la valoración de los biotopos vegetales.

Valoración de los biotopos vegetales

La existencia de especies vegetales y hábitats de gran valor e interés, la estructura de la vegetación, la riqueza de especies y formaciones, la representatividad, etc. han sido los elementos que se han tenido en cuenta en la valoración intrínseca de la vegetación.

Para la *valoración de formaciones, especies y hábitats vegetales* se ha tenido en cuenta la proximidad de la vegetación actual al clímax y aquellas especies —vulnerables, raras, endémicas, singulares, etc.— que aparecen en la legislación de la Comunidad de Madrid (Ley 2/1991, de 14 de febrero y Decreto 18/92, de 26 de marzo). La comparación de la vegetación actual del territorio con las etapas seriales de la vegetación proporciona información del nivel de madurez de las formaciones vegetales y la adecuación de vegetación actual a las series de vegetación. Por consiguiente, ayuda a conocer el ajuste de la vegetación actual al clímax o su cercanía a otra etapa de sucesión y, por tanto, a realizar su valoración.

Para llegar al mapa de valoración de las especies, formaciones y hábitat vegetales se abordaron las siguientes fases: Elaboración de un mapa de las especies y formaciones a partir del mapa de vegetación y ocupación del suelo a escala 1:50.000. Se obtuvo un listado de las especies y formaciones principales presentes en el área de estudio y a la escala de trabajo de las Series de Vegetación de Madrid (Rivas-Martínez, 1982). Igualmente se seleccionaron las especies vegetales de interés (alcornoque, castaño, coscoja, encina, enebro, fresno, quejigo, rebollo y roble) que vienen recogidas en la Ley Forestal y el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Comunidad de Madrid. Sobre el mapa de vegetación se realizó la valoración con el siguiente criterio: *valor 5* para aquellas manchas donde existen tres o más especies; *valor 4* donde únicamente aparecen dos especies; *valor 3* para aquellas unidades cartográficas donde sólo se encuentra una especie. El resultado es la valoración de la presencia de especies y su número que merecen un especial cuidado o protección en la Comunidad de Madrid. La información se sintetizó en un solo mapa en el cual aparecen cuatro valores: muy alto, alto, medio y bajo.

Valoración de la Estructura en el espacio de la Vegetación. En este apartado se valorará la naturalidad o madurez de la vegetación, en su exclusivo sentido sucesional o el estructural, entendido como la naturaleza, densidad y disposición de la estructura en el espacio de la vegetación. Para lo cual se van a

tener en cuenta dos componentes: la estructura vertical, es decir, la distribución de las especies en capas o estratos; y la abundancia de cada especie derivada del grado de cubierta. Por ello, se valorará positivamente la proximidad de las formaciones vegetales a un bosque denso y maduro, entendido en su concepto fisonómico: formación de árboles, esto es de plantas leñosas arbóreas suficientemente próximas entre sí para cubrir una parte mínima de la superficie. Por otro lado, un grupo aislado de árboles no se considera un bosque en sentido ecológico y, por ello, no se asignará un valor elevado.

En este apartado se ha valorado la estructura en el espacio de la vegetación a partir de dos componentes del mapa de vegetación: la estructura vertical de la vegetación —combinación de arbóreo, matorral y pastos— de cada polígono; y el grado de cubierta —porcentaje de la superficie cubierta por la proyección horizontal de la vegetación— que aparece expresada en cinco grados: >75%, 75 al 50%, 50 al 25% y <25%. A partir de ambos mapas se derivó un mapa que sintetizaba tanto la *estructura vertical* como el *grado de cubierta* de la vegetación. Se elaboró una matriz para asignar un valor o suma de valores a cada unidad cartográfica. El resultado fue un mapa con cinco categorías: valor muy alto para aquellas unidades cartográficas donde el índice obtenido fuera superior a 101; valor alto en donde el índice se situara entre 100 y 86; valor medio para las que tenían un valor comprendido entre 85 y 71; valor bajo situadas entre 70 y 56; y valor muy bajo para aquellas unidades que fueran menores de 55.

Valoración de la Riqueza en Especies Vegetales. El siguiente elemento a considerar fue la diversidad entendida como abundancia de especies, pese a que la medida o estimación de la diversidad vegetal depende, entre otras cosas, de la escala a la cual se defina el estudio. La diversidad vegetal es entendida como la variedad, es decir, la cantidad o/y proporción de los diferentes elementos vegetales que contenga un sistema. La riqueza de especies es el número de especies que aparecen en una comunidad vegetal. Contar el número de especies que se encuentran en una zona permite conocer la heterogeneidad y, por tanto, estimar la riqueza vegetal de un área.

El esquema para el mapa de valoración de la riqueza en especies es el siguiente: En el mapa de vegetación a escala 1:50.000 se asignó un punto a cada una de las especies o formaciones diferenciadas a esa escala. El resultado fue que cada polígono poseía un valor, resultado de la suma de las diferentes especies vegetales presentes. Por último, la información contenida en el mapa se reclasificó en las siguientes categorías: valor muy alto, cuando aparecen 4 o más especies diferenciadas; valor alto, cuando se encuentran 3 tipos de vegetación; valor medio, si existen dos; y valor bajo, cuando aparece 1 especie diferenciada.

A continuación se aborda la *Valoración de la riqueza en unidades de vegetación*, otro de los elementos que definen la diversidad vegetal de un territorio. La diversidad espacial o geográfica está definida por la variedad o riqueza de formaciones vegetales en una región determinada, la cual se ha

medido cuantificando el número de categorías vegetales que aparece en una misma unidad de superficie de terreno. Por tanto, el índice representa una medida del grado de fragmentación del ambiente en parches o mosaicos biológicos diferentes, midiendo la contigüidad o vecindad de hábitats en el espacio. Este valor permite conocer la zona de contacto de manchas de vegetación o cubiertas distintas, lo que posee un alto valor desde el punto de vista natural.

A partir del mapa de vegetación y ocupación del suelo a escala 1:50.000 se elaboró un mapa de la especie dominante y acompañantes con representación dentro de cada unidad. Este mapa se exportó a ERDAS v. 8.2 y se le aplicó la función FOCAL DIVERSITY. El resultado se reagrupó en cinco categorías: valor muy alto para aquellas cuadrículas que contuvieran más de 16 clases o unidades; valor alto para aquellas comprendidas entre 15 y 13; valor medio entre 12 y 9; valor bajo en aquellas situadas entre 8 y 5; valor muy bajo para los inferiores a 4.

Valoración de la rareza de la vegetación. Sin duda poseen un gran interés los índices que tratan de contabilizar el valor de las unidades de vegetación en función de la superficie que ocupan, ya que si se encuentra en una extensión muy reducida pueden tener problemas de conservación. La rareza de la vegetación identifica aquellas comunidades vegetales que, por ser poco frecuentes en el territorio, debe fomentarse su conservación. Es una medida que se establece al comparar la superficie total de una especie con la superficie forestal total del área de estudio.

El proceso seguido para la obtención de este mapa es el que sigue: Del mapa de vegetación y ocupación del suelo, a escala 1:50.000, se extrajo un informe de la superficie de cada especie dominante y de la superficie forestal en la ZEPA n.º 56. A continuación se calculó el porcentaje de cada mancha respecto al total de la superficie forestal y se asignó a cada unidad cartográfica. Los valores obtenidos se clasificaron en cuatro categorías: valor muy alto para todas aquellas que fuesen inferiores al 1%; valor alto los comprendidos entre 3 y 1%; valor medio aquellas cuyo rango se sitúa entre 3 y 6%; valor bajo para los superiores al 6%.

El otro índice espacial considerado —*la representatividad de la vegetación*— valora la vegetación en función del porcentaje de la vegetación dominante de una categoría determinada respecto al total de la superficie en un entorno regional. Este índice hace referencia, entre otras cosas, al interés por la conservación de especies escasamente representadas y a su valor científico o cultural.

Los pasos que se realizaron son los siguientes: Primero fue necesario obtener los valores de la superficie de cada especie vegetal dominante en la ZEPA n.º 56 y en la Comunidad de Madrid. El siguiente paso fue conocer el porcentaje de cada mancha respecto al total de la misma categoría en la Comunidad de Madrid, y asignar esos valores a cada unidad cartográfica. El resultado se agregó en cuatro categorías: valor muy alto para las superiores al

45%; valor alto aquellos situados entre 45 y 25%; valor medio para los incluidos entre 25 y 5%; valor bajo para todas aquellas inferiores al 5%.

La Valoración Intrínseca de la Vegetación. La valoración de los biotopos vegetales no responde únicamente a un valor utilitario sino principalmente al intrínseco, entendido como aquel que se le asigna a algo por sí mismo sin que su posesión pueda o deba ser de provecho. Por tanto, este valor muestra las áreas con mayor calidad e interés desde el punto de vista vegetal, expresa las zonas de vegetación en las que se debe mantener la estabilidad ambiental y reducir en lo posible los impactos de las actuaciones humanas, etc.

La valoración intrínseca de la vegetación se sustenta en la adición ponderada de los seis índices anteriores. Dado que no todos los índices poseen el mismo grado de importancia parece razonable ponderarlos para optimizar los resultados. Por ello, se ha otorgado un mayor valor a aquellos índices que eran resultado de datos más elaborados y significativos, referentes a tipo de especie o a la estructura de la vegetación, mientras aquellos más cuantitativos, relacionados con superficies, o número de especies, etc. se asignó algo menos de valor en la ponderación. El resultado de aplicar la ecuación fue un mapa con valores decimales, el cual se sintetizó en cinco categorías mediante la aplicación de la media redondeada al número entero superior. Gracias a ello se obtuvieron cinco valores: muy alto; alto; medio; bajo y muy bajo.

Propuesta de Zonificación Ambiental

La gestión de áreas naturales siempre implica atender a aspectos de la planificación territorial. La zonificación ambiental es una de las claves para la conservación efectiva de un espacio natural protegido y la propuesta de modelos de desarrollo sostenible. La delimitación de zonas homogéneas a través de la zonificación, detectando necesidades compartidas en cuanto a la gestión de recursos y áreas equiprobemáticas, constituye un paso fundamental para la propuesta de ordenación. La zonificación del medio biótico ayuda a la espacialización de las actividades humanas conforme a la calidad ambiental y sirve de base para el desarrollo de programas de ordenamiento territorial. En la planificación de espacios naturales protegidos resulta necesario identificar las áreas naturales de relevancia y aquellas cuya preservación es justificable atendiendo a criterios de vegetación y fauna. La zonificación permite que se las tome en consideración y que se desarrolle en ellas una gestión correcta, articulada con otros tipos de usos del suelo.

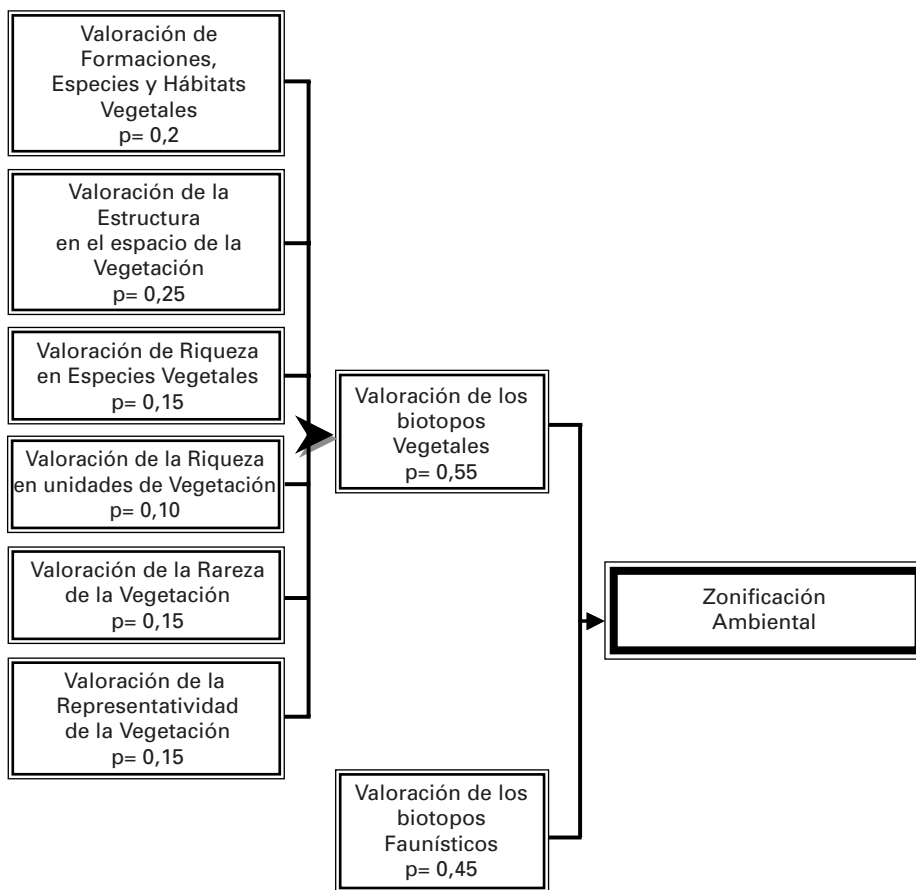
La zonificación ambiental es el último escalón del proceso anteriormente descrito. Los últimos pasos realizados han sido los siguientes: la definición de las áreas naturales homogéneas se realiza sobre la base de la consideración de un conjunto de indicadores que atienden a aspectos naturales, diversidad en la fauna y flora, estado de conservación, etc. Ésta es síntesis del proceso anterior y ha sido resultado de la adición ponderada de los mapas. En este caso se le ha

otorgado algo más de valor al mapa de los biotopos vegetales al mostrar: por un lado, los espacios mejor conservados, de mayor interés o singularidad vegetal o ser indicador de las restricciones ambientales; por otro indicar, de manera indirecta, aquellos espacios que reúnen mejores condiciones como sustento de animales salvajes o que son un buen indicador de las características ambientales del medio, pues es el resultado de la interacción de los elementos del paisaje. El objetivo de la zonificación consiste en asignar a cada zona resultante el grado de protección más adecuada según sus valores naturales o ambientales dependiendo de las características intrínsecas de cada una de ellas. La zonificación organiza el territorio en función del valor de sus recursos, aproximándose al conocimiento de su capacidad de acogida para diferentes usos, con el fin de minimizar los impactos negativos y de asegurar un uso del espacio compatible con la conservación de sus recursos naturales. Las cinco categorías que se obtuvieron fueron: valor muy alto; valor alto; valor medio; valor bajo y valor muy bajo. Éstas representan desde aquellos espacios con un valor ambiental alto, con una mayor fragilidad y necesidad de conservación; hasta aquellos con un escaso interés para la conservación.

Todo el procedimiento seguido para llevar a cabo la zonificación ambiental aparece reproducido en forma de esquema en la figura 4.

Esta metodología permite establecer la zonificación de unidades ambientales integradas y su representación cartográfica como la expresión territorial del valor de los biotopos. Para realizar el análisis y valoración del territorio se han utilizado criterios biológicos, integrándose los índices, evaluados según escalas cortas (5 niveles), por superposición ponderada de capas temáticas mediante un SIG, obteniendo una nueva valoración sintética e integral. Sin duda la obtención de esta cartografía (figura 5) facilita la comprensión, el análisis territorial y ayuda a la toma de decisiones por parte de los planificadores. La cartografía obtenida indica las cualidades generales del territorio sobre las cuales se muestran las posibilidades de utilización o se dan unas recomendaciones de uso. Por otro lado, es una herramienta versátil al estar basada en pautas sencillas, flexibles y operativas, al poder ser aplicada y adaptada con los mismos fines en toda la Comunidad de Madrid. Por todo ello, la zonificación ambiental puede resultar de gran interés como un instrumento primordial de ordenación y gestión del territorio.

El resultado de la aplicación metodológica ha sido un mapa que proporciona una valoración ambiental del territorio en cuatro niveles: *Biotopos de valor muy alto*: Reúnen las mejores condiciones desde el punto de vista biofísico. Por ello, es recomendable la máxima protección para conservar sus valores naturales, controlándose —si se dieran— las actividades humanas desarrolladas y reduciéndolas a la gestión del medio. Estas áreas, que ocupan una extensión de 33.944 ha. (11,05%), se localizan en Cenicientos, Rozas de Puerto Real, San Martín de Valdeiglesias, Valdemaqueda, Cadalso de los Vidrios, Aldea del Fresno, Navas del Rey, Chapinería, Valdemorillo, etc. *Biotopos de valor alto*: Se extienden por los espacios de alto valor naturalístico y/o paisa-



Nota: *p* hace referencia al peso otorgado en el proceso a cada uno de los índices.
 Fuente: elaboración propia.

Figura 4.—Esquema del procedimiento seguido en la obtención del mapa de zonificación ambiental de la ZEPA 56.

jístico. La orientación prioritaria debe ser la conservación, si bien donde se realicen aprovechamientos tradicionales (p.e. caza, recolección de frutos, ganadería, etc.) deberán ser compatibles con la pervivencia de sus valores naturales u otras actividades que no entren en conflicto con la preservación de sus características. Asimismo algunos de estos espacios pueden ser adecuados, siempre que se realicen de forma controlada, para actividades de uso recreativo o de ocio. Por tanto, su gestión puede variar desde la abstención hasta el manejo activo, prevaleciendo siempre los objetivos de conservación para garantizar la conservación de los recursos y valores ambientales que encierran.

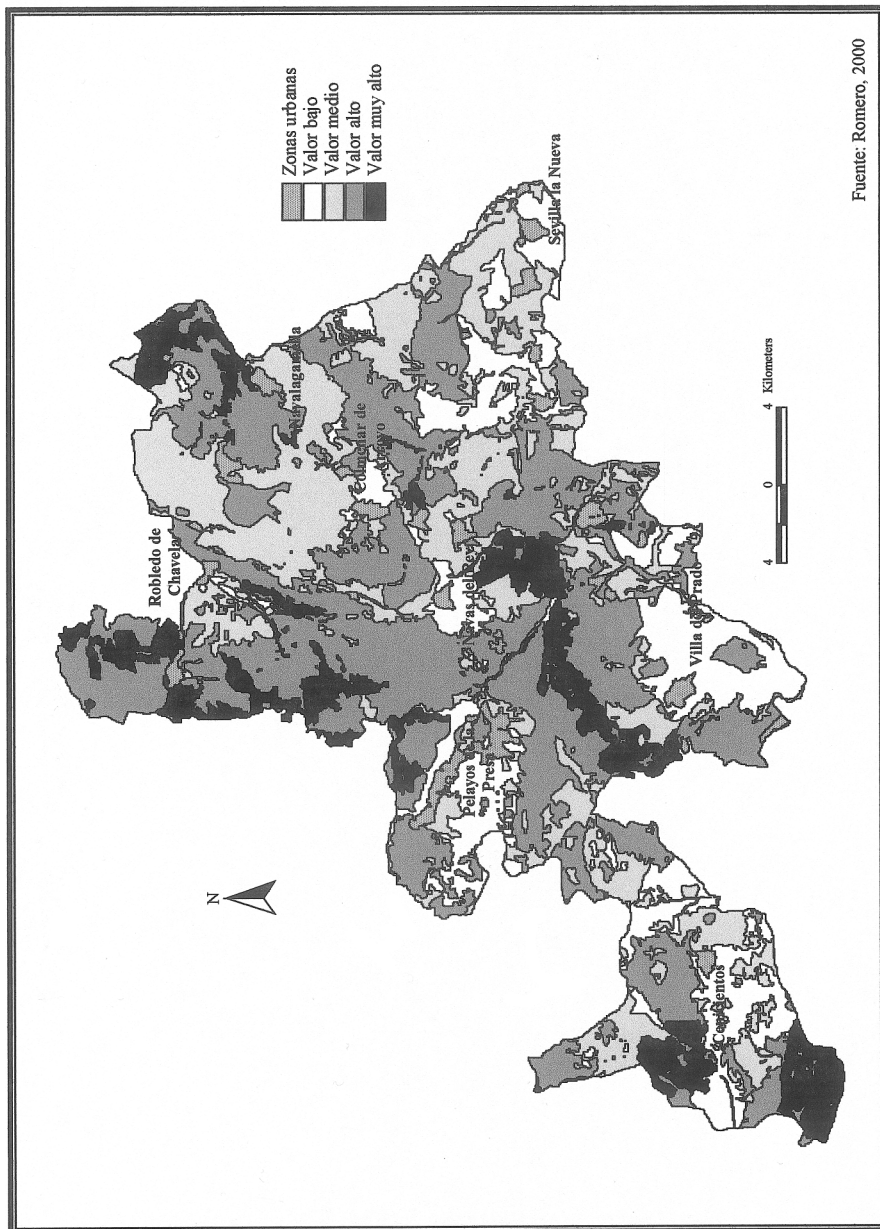


Figura 5.—Zonificación ambiental de la ZEPA 56 Encinares del Río Alberche y Cofo.

Se encuentran repartidos por la mayor parte de los municipios, destacando una amplia franja central que recorre de Norte a Sur toda la ZEPA. Esta categoría ocupa 33.944 ha. (40,98%). *Biotopos de valor medio*: Están constituidos por espacios que, aunque han sufrido un cierto grado de intervención humana, mantienen sus valores naturales en buen estado o presentan un cierto grado de naturalidad. En general coincide con el conjunto de espacios en los que han existido o existen aprovechamientos productivos tradicionales de carácter agropastoril y que han dado lugar a la formación de los paisajes agrarios que caracterizan culturalmente esta zona. Aunque se pueden desarrollar actividades o aprovechamientos productivos, se deben mantener un cuidado especial para no poner en peligro sus características o lugares de mayor interés. Se puede encontrar en la mayor parte de los municipios, aunque destacan por su extensión los situados en la mitad oriental de la ZEPA: Fresnedillas de la Oliva, Navalagamella, Quijorna, Colmenar de Arroyo, Chapinería, Sevilla la Nueva, etc. Abarca una extensión de 22.512 ha. (27,15%). *Biotopos de valor bajo*: Incluiría aquellos espacios en los que la intervención antrópica ha alterado radicalmente sus características naturales. Por ello, estaría constituida por áreas dominadas por un ambiente natural de menor interés y, por tanto, con mayor capacidad para acoger las actividades socioeconómicas de mayor intensidad que en los casos anteriores. Estas áreas serían las más susceptibles de sufrir un aprovechamiento productivo más intensivo o soportar la recalificación de sus tierras hacia usos urbanos en un futuro próximo. Éstas se pueden encontrar en Cenicientos, San Martín de Valdeiglesias, Villa del Prado, Aldea del Fresno, Navas del Rey, Colmenar de Arroyo, Villanueva de Perales, Sevilla la Nueva, etc. En total abarcan una extensión de 14.234 ha. (17,17%).

Obtención de parcelas adecuadas para la construcción de Plantas de Transferencia y Vertederos

Este estudio se fundamenta en una metodología previa ya aplicada para toda la Comunidad de Madrid (Bosque *et al.*, 1999). Dicha metodología se basa en dos principios fundamentales a la hora de resolver cualquier problema de localización de equipamientos. Estos dos principios son los de eficiencia y justicia espacial. Básicamente se pretendía conseguir cierta eficiencia espacial, minimizando el coste de construcción y de uso cotidiano de las instalaciones, así como las molestias que éstas pudiesen ocasionar sobre la población residente en la región. Por otro lado, se pretendía conseguir cierta justicia espacial, intentado que las diferencias entre las distancias que existieran entre la población y estos centros no fuesen excesivas y, por tanto, conseguir que las molestias se distribuyeran de manera equitativa (Bosque *et al.*, 1999: 296-7).

Algunos de los criterios utilizados para determinar estos dos principios (que aparecen relacionados más adelante), son los que comúnmente se vienen utilizando en trabajos de estas características (Erkut y Morán, 1991; Mas-

sam, 1991; Nieves *et al.*, 1992; Banai, 1993; Opaluch *et al.*, 1993; Pereira y Duckstein, 1993; Murray y Church, 1995; Siddiqui *et al.*, 1996; Charnprathep *et al.*, 1997), si bien en ningún caso, se había utilizado un número de criterios tan considerable como en el trabajo citado.

En este caso se trabajará con dos tipos de instalaciones concretas: las plantas de transferencia y los vertederos sanitariamente controlados. La misión de una Planta de Transferencia de RSU es servir de trasvase mediante compactación entre un sistema de recogida/transporte con vehículos de media y baja capacidad con recorridos cortos, a contenedores de alta capacidad que serán trasladados (recorrido largo) hasta el centro de tratamiento y/o eliminación de residuos, obteniéndose una optimización del coste total de gestión para la zona de influencia de dicha instalación. Si estas plantas reúnen en su diseño y explotación todas las condiciones higiénico sanitarias exigidas por la legislación vigente, no supondrán en ningún caso, ningún tipo de agresión para el medio ambiente (www.medioambientecantabria.org, 2001). Por otra parte, los vertederos sanitariamente controlados son grandes depósitos en los que se almacenan definitivamente los residuos sólidos urbanos. Al localizar una instalación de este tipo se han de tomar medidas de prevención para evitar riesgos, ya que los lixiviados producidos pueden contaminar suelos y aguas superficiales y subterráneas (Soto y Vega, 2001). Sin embargo, un vertedero sanitariamente controlado —como su propio nombre indica— garantiza su respeto y compatibilidad con el medio ambiente.

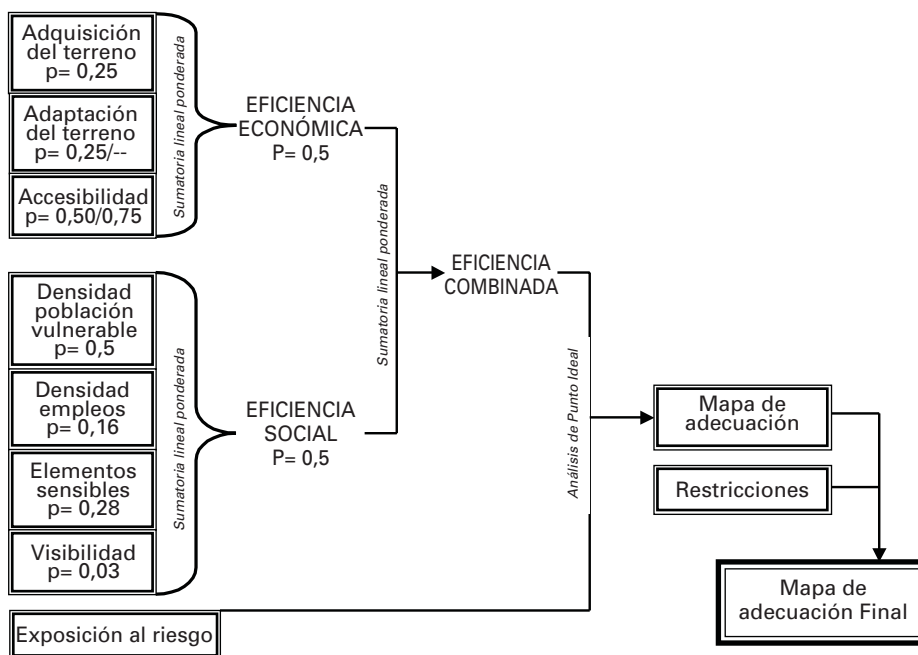
Eficiencia espacial: eficiencia económica y social

La eficiencia espacial se planteó como una combinación de eficiencia económica y eficiencia social. Los factores que intervinieron en cada una de ellas fueron los siguientes:

- Eficiencia económica:
 - Costes de adquisición del terreno: a partir de los tipos de ocupación del suelo.
 - Costes de adaptación del terreno: a partir de información sobre la vulnerabilidad de los mantos acuíferos que ofrecía, por tanto, información sobre la permeabilidad del substrato. Este factor no se tuvo en cuenta en el caso de las plantas de transferencia.
 - Costes derivados del transporte de los residuos: calculado en función de la accesibilidad desde los centros productores de este tipo de residuos (núcleos de población) a cualquier punto del territorio.
- Eficiencia social:
 - Densidad de población: otorgando más peso a aquella parte de la población considerada más vulnerable o sensible al riesgo (niños y ancianos).

- Densidad de empleos: la finalidad era tener en cuenta aquellas zonas consideradas como no habitadas en términos estrictamente residenciales.
- Presencia de elementos sensibles: equipamientos de interés social y servicios públicos como centros educativos, sanitarios, etc.
- Visibilidad general del medio: a través de esta medida, podemos establecer zonas especialmente frágiles a la hora de llevar a cabo cualquier tipo de actividad en ellas.

En cada uno de los casos se utilizó el método de Evaluación Multicriterio de la Sumatoria Lineal Ponderada. A los costes derivados del transporte de los residuos se les otorgó el mayor peso en cuanto a la eficiencia económica, y en cuanto a la eficiencia social fue la densidad de población vulnerable a la que se le concedió mayor puntuación. En la figura 6 aparece un esquema con los distintos criterios utilizados y los métodos de evaluación multicriterio aplicados.



Fuente: elaboración propia.

Nota: En cada factor aparece el peso (p) otorgado en el proceso de evaluación multicriterio. Cuando aparecen dos valores, el que está en negrita es el peso otorgado en el caso de los vertederos y el otro a las plantas de transferencia.

Figura 6.—Esquema del procedimiento seguido en la obtención del mapa de adecuación para la localización de Plantas de Transferencia y Vertederos Sanitariamente Controlados de RSU en la Comunidad de Madrid (BOSQUE *et al.*, 1999).

Justicia espacial: exposición al riesgo tecnológico

La justicia espacial se trató de establecer a través de la medida de la exposición al riesgo tecnológico. Para ello se localizaron las instalaciones no deseables existentes en la región y se ponderaron de manera diferencial en función de los diversos grados de riesgo y/o molestia estimados para cada uno de ellos. Las instalaciones e infraestructuras consideradas fueron polígonos industriales donde se generan residuos peligrosos (químicas, farmacéuticas, etc.); centros ya existentes para el tratamiento de residuos tóxicos y peligrosos (RTP); carreteras por donde sea habitual el traslado de RTP; vertederos y centros de gestión de RSU; depósitos de combustibles; gasolineras; instalaciones que generan ruidos importantes como los aeropuertos, etc. La medida diferencial en cuanto a la exposición vendría dada por la determinación de la cuenca visual de cada una de las instalaciones, así como por la distancia a cada una de ellas.

Una vez obtenidos los mapas de eficiencia y de justicia espacial, se procedió a aplicar de nuevo un método de Evaluación Multicriterio, en este caso el Análisis de Punto Ideal. Éste permitió que se obtuvieran dos mapas finales en los que, para cada unidad del territorio (píxel), existiera un valor que indicara su mayor o menor adecuación para localizar en ella una de las instalaciones consideradas. En este punto, se procedió también a incorporar las restricciones específicas para este tipo de actividad. Así, se excluyeron del estudio los lugares de interés histórico-artístico, los lugares de interés comunitario para la Red Natura 2000, humedales y todas aquellas zonas ya ocupadas por núcleos de población, la red hidrográfica o por polígonos industriales.

Una vez obtenido el mapa final, y teniendo en cuenta las necesidades de terreno requeridas para cada tipo de instalación, se seleccionaron una serie de parcelas que, teniendo un valor elevado de adecuación, cumplieran con estos requisitos. Para realizar este último paso, se tuvo en cuenta la división del territorio de la Comunidad de Madrid en las distintas Unidades Territoriales de Gestión. Así, se obtuvieron los sitios candidatos para cada una de las instalaciones y de manera independiente para cada una de las UTG. Los resultados de este proceso aparecen en las figuras 7 y 8.

En el caso concreto de la Unidad Territorial de Gestión 2b, podemos observar como la exclusión de los Espacios Naturales Protegidos supuso la eliminación de gran parte de su superficie.

Modificaciones introducidas en el caso de la ZEPA n.º 56

Dado que para esta zona disponíamos de nuevas fuentes de información ambiental, se decidió realizar un nuevo ensayo en esta UTG con una doble finalidad. En primer lugar, se pretendía corroborar la bondad de los resultados introduciendo nueva información y de más detalle. Es decir, se quería comprobar

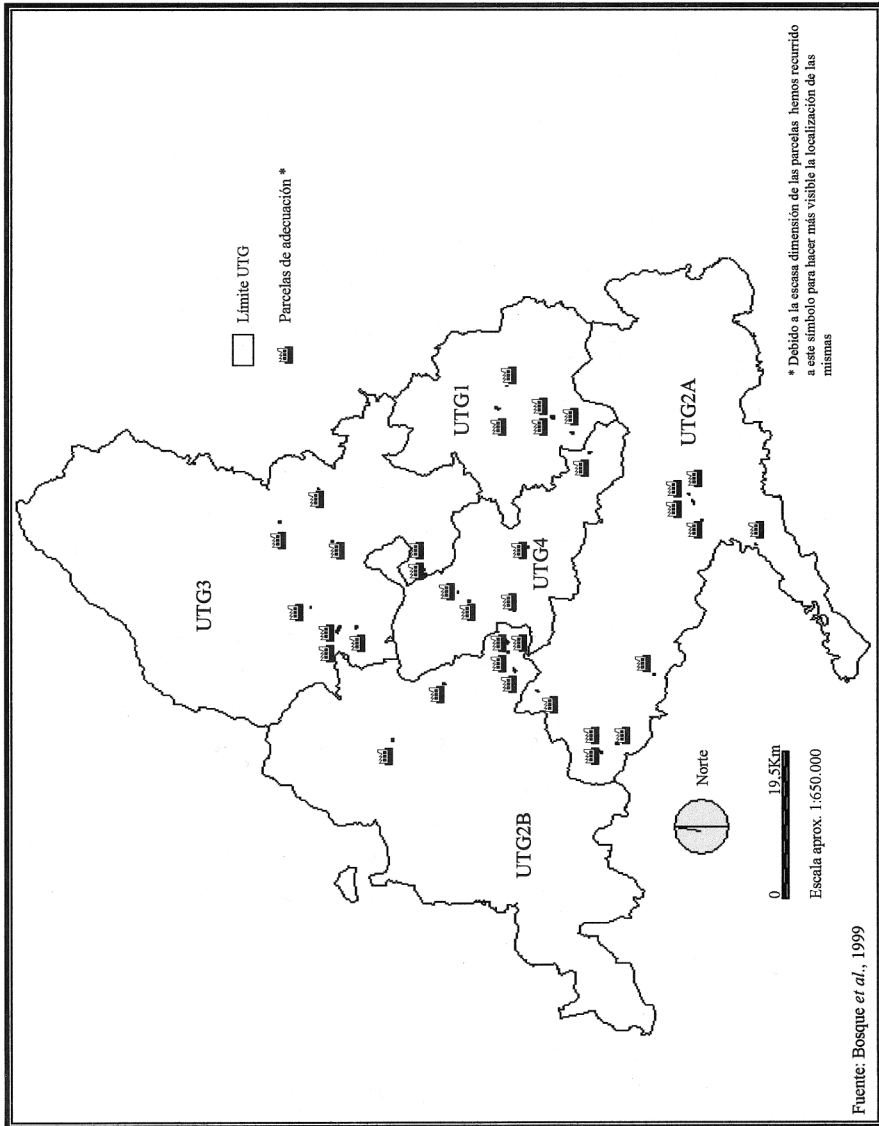


Figura 7.—Parcelas adecuadas para la localización de Plantas de Transferencia de RSU.

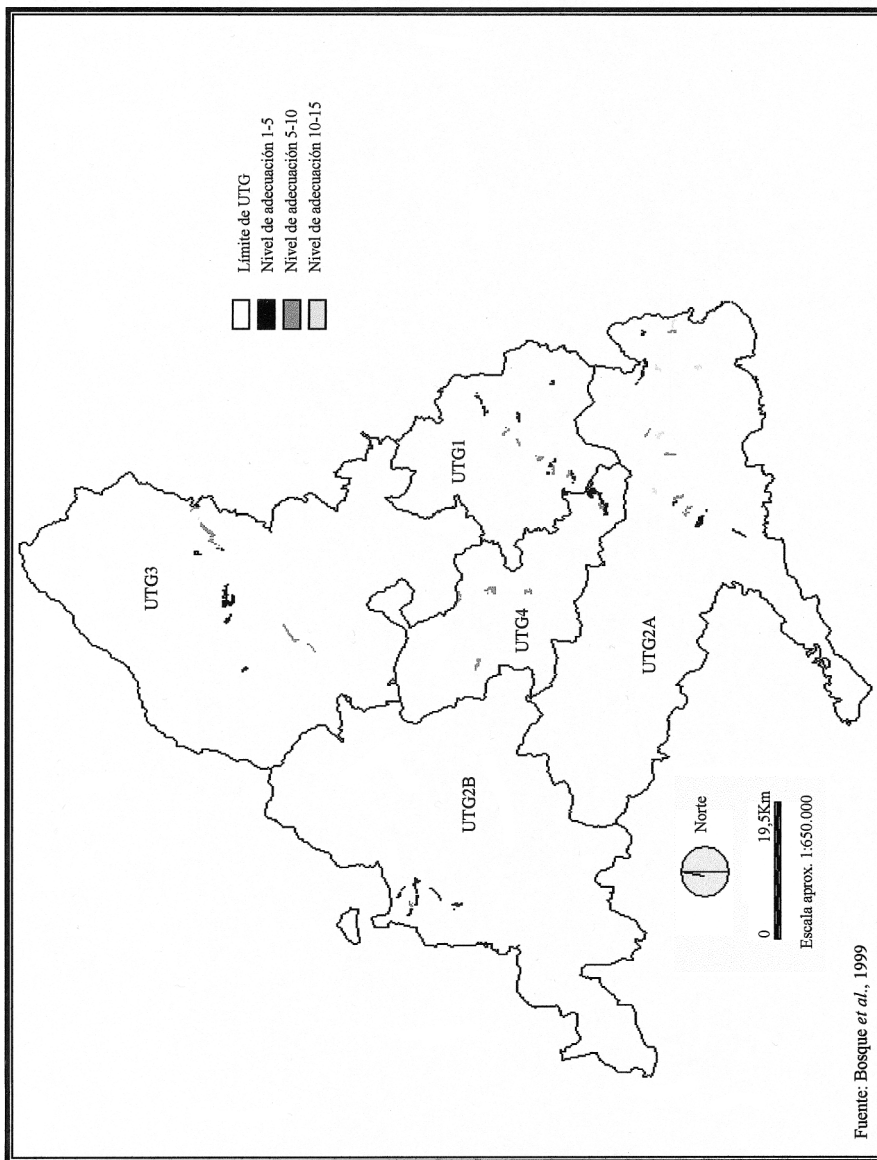


Figura 8.—Parcelas adecuadas para la localización de Vertederos de RSU.

la validez de los resultados alcanzados, utilizando para la verificación una zona más pequeña e información más precisa sobre litología, geotecnia, etc.

Por otro lado, y ya que se disponía para esta UTG de la zonificación ambiental de uno de sus espacios protegidos, se quería comprobar si podría ser posible y viable, dado los requisitos establecidos en el anterior trabajo, emprender actividades de este tipo en aquellas zonas de un espacio protegido como la ZEPA n.º 56, que aún quedando dentro de su área de influencia, no poseen un valor ambiental tan elevado como para desestimar cualquier actividad socioeconómica sobre ella. Todo ello manteniendo los valores ambientales sin transgredir la Directivas comunitarias y la legislación vigente y con el ánimo de caminar hacia el desarrollo sostenible que promueve la Unión Europea.

Con estos objetivos, y para no repetir todo el procedimiento realizado en el anterior trabajo (ya que el estudio se hizo individualmente para cada UTG), decidimos retroceder sólo hasta la especificación de las restricciones. En este punto, se incluyó la ZEPA n.º 56, a pesar de que las zonas de interés comunitario para la Red NATURA 2000 se consideraron como restricción en el anterior trabajo.

4. RESULTADOS

Parcelas para la localización de Plantas de Transferencia de RSU

Una vez obtenido el nuevo mapa procedimos a seleccionar los píxeles con mejor nivel de adecuación. Este podía oscilar entre 1 (mejor nivel) y 255. Se seleccionaron todos aquellos píxeles con un nivel de adecuación entre 1 y 10 (registrándose un máximo de 219, que sería la peor adecuación). Agrupados los píxeles en parcelas, fueron eliminadas todas aquellas que no cumplían los requisitos de superficie mínima establecidos (2,5 Hectáreas) y que se encontraban fuera de los límites de la ZEPA n.º 56, puesto que era de este territorio del que se disponía de la nueva información para poder llevar a cabo la segunda parte del trabajo.

El resultado estaba formado por un total de 34 parcelas, repartidas por la zona Noreste y Este de la ZEPA (figura 9).

El nivel promedio de adecuación para las 34 parcelas que se encontraban dentro de la ZEPA fue de 8,73¹. Las parcelas con mejores resultados fueron las identificadas con los números 21 y 34, con un nivel de adecuación de 5,5 y 4,1 respectivamente (las únicas con valores menores de 6). No son éstas las parcelas más grandes, pero, en cualquier caso, superan la dimensión mínima establecida con una superficie de 30 y 5,5 Has., respectivamente².

¹ En el caso de las parcelas que quedaron fuera del ámbito de la ZEPA, el nivel medio de adecuación fue algo mejor: 7,89.

² Las parcelas de mayor dimensión fueron la n.º 15 y la n.º 24, con 82 Ha. y 67 Ha., respectivamente; sin embargo, los niveles de adecuación se encontraban por encima de 8.

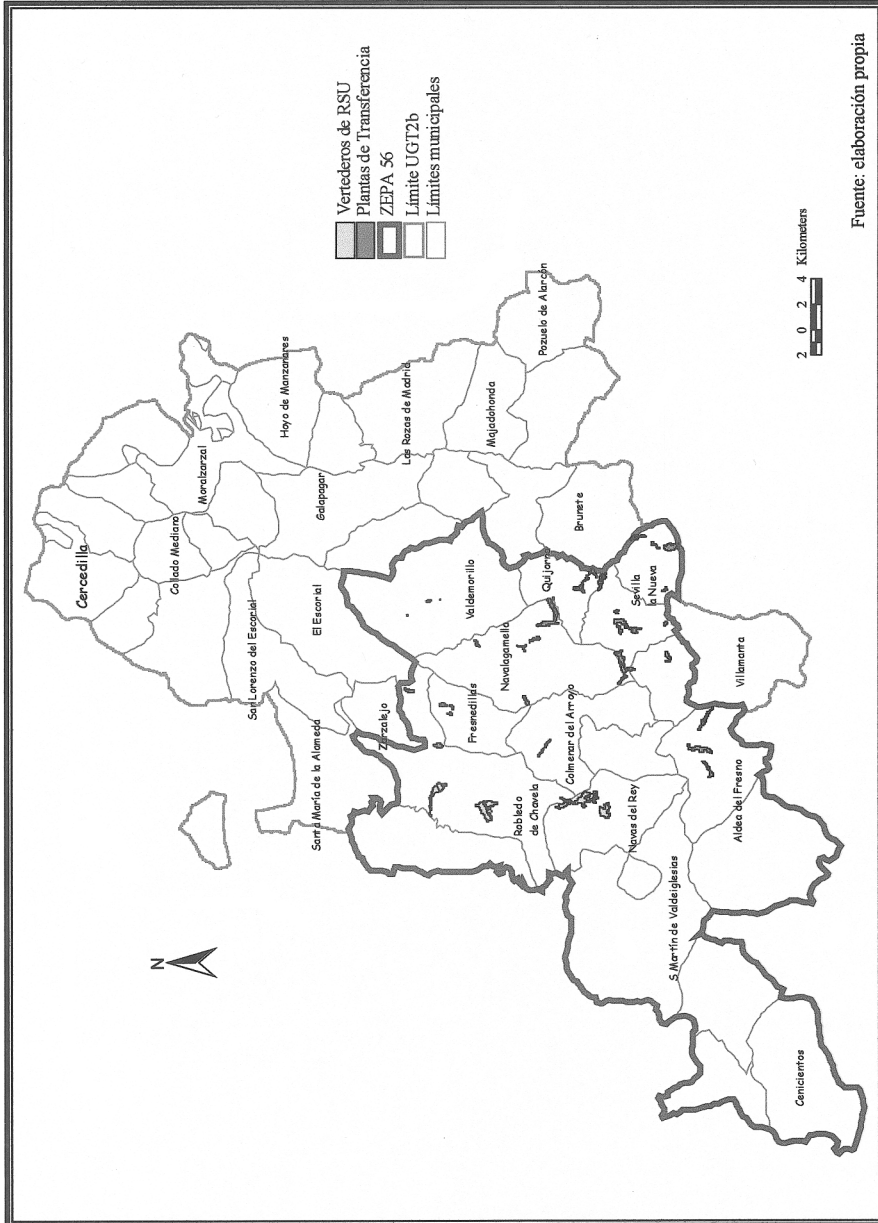


Figura 9.—Parcelas adecuadas para la localización de Vertederos y Plantas de Transferencia de RSU dentro del área de estudio.

Antes de averiguar si las parcelas candidatas se encontraban en zonas «aptas» desde el punto de vista de la calidad ambiental, se procedió a verificar los resultados con tres nuevas capas de información, todos ellos a escala mayor:

- a) Mapa geotectónico³.
- b) Mapa de tipos de acuíferos (extraído del mapa litológico).
- c) Mapa litológico⁴.

En este punto hemos de recordar que, dada la escasa agresión al medio ambiente que supone la construcción de una instalación de estas características, no se creyó oportuno tener en cuenta factores directamente relacionados con el medio físico en aquel primer estudio preliminar. No obstante, y disponiendo ahora de este tipo de información más precisa, podría ser utilizada como elemento discriminante que nos ayudara a seleccionar de entre los candidatos encontrados, aquellos que supusieran menor riesgo para el medio ambiente.

Así, realizando una tabulación cruzada del mapa de parcelas y cada uno de estos mapas, se verificaron varias cosas.

a) Desde el punto de vista **geotectónico**, la mayoría de los píxeles se encontraban en zonas con condiciones constructivas favorables, en concreto un total de 425,45 Ha, que suponen un 64% de toda la superficie ocupada por las 34 parcelas resultantes. De estas 425,45 Ha. participan 31 parcelas diferentes. Un total de 207,25 Ha. estarían catalogadas como zonas con condiciones constructivas aceptables (32%). En concreto, para ambas categorías, los problemas más importantes reseñados serían los siguientes:

- Problemas geotectónicos: Capacidad de carga media; asentamientos de magnitud media; problemas ligados a recubrimientos de potencia inferior a 1m y casi de forma anecdótica aparecen problemas de deslizamientos al incidir cargas externas en la misma dirección que la esquistosidad.
- Problemas geomorfológicos: principalmente pendientes entre el 7 y el 15%.
- Problemas de tipo litológico: heterogeneidad litológica.
- Problemas de tipo hidrológico: nivel freático a escasa profundidad.

Catalogadas como zonas de condiciones constructivas desfavorables y muy desfavorables aparecerían 28,25 Ha. y 0,75 Ha., respectivamente; es decir, sólo un 4% de la superficie total repartido en 3 parcelas. No obstante, si se observa más detenidamente las causas de esta clasificación, encontramos que los problemas identificados son exclusivamente geomorfológicos (pendientes entre el 15 y el 30% y superiores al 30%).

³ Instituto Geológico y Minero de España, 1971. *Mapa Geotécnico de Ordenación Territorial y Urbana de la Subregión de Madrid*. E: 1/100.000.

⁴ Pedraza Gilsanz, 1986. *Mapa litológico de Madrid (Cualidades de las rocas)*. E: 1:200.000.

En cuanto a las dos mejores parcelas antes citadas, la parcela n.º 21 se encontraría en su mayor parte sobre terrenos con condiciones constructivas aceptables y, en menor medida, favorables; y la parcela n.º 34 se encuentra en su totalidad sobre terrenos con condiciones favorables.

b) Según la información derivada del mapa de **acuíferos**, el 47% del terreno ocupado por las parcelas obtenidas poseía una permeabilidad media-baja; un 31% contaban con permeabilidad alta; un 17% se encontraban sobre zonas de alteración general y un 4% sobre acuíferos permeables por fisuración y fracturas. No obstante, tenemos que señalar que en las categorías de alteración general y permeabilidad media-baja, se encontraban un total de 31 parcelas de las 34 resultantes (en su totalidad o con un porcentaje elevado de superficie). En cuanto a las parcelas 21 y 34, ambas se encontraban íntegramente sobre acuíferos de permeabilidad media-baja.

c) Con el mapa **litológico** pudimos matizar los resultados anteriores, descubriendo qué tipo de materiales concretos determinaban aquel grado de permeabilidad de los acuíferos. Así, la tabulación cruzada de este mapa litológico y el de las parcelas, nos indicaba que el 47% de la superficie se encontraba sobre arcosas de distinto tipo (arcillas compactas rojas; pardas; rojas y grises de la formación «Bandas» u ocreas claras de la «Facies Madrid»), que se corresponderían con los terrenos de permeabilidad media-baja; otro 30% se encontraba sobre arenas, gravas y limos en lechos actuales del río y terrazas bajas y, por tanto, con permeabilidad alta. No obstante, contrastada esta información con la derivada del mapa geotectónico, comprobamos que la totalidad de las 6 parcelas que se encontraban sobre este tipo de substrato reunían condiciones favorables o aceptables para la construcción.

El otro 23% se encontraba sobre esquistos, alteraciones y coluviones sobre rocas metamórficas, granitos bióticos (13%), Lehm granítico o gravas, arenas y limos en terrazas medias, que serían las correspondientes a los acuíferos permeables por fisuración y fractura y en zonas de alteración general.

En cuanto a nuestras «mejores» parcelas, la n.º 21 está formada por arcosas pardas en su totalidad y la n.º 34 sobre arcosas ocreas claras de la Facies Madrid.

La incorporación, por tanto, de esta nueva información que no había sido incluida de manera explícita en el proceso de evaluación multicriterio, nos permitió realizar una segunda evaluación de la adecuación de las parcelas resultantes, desde el punto de vista del medio físico. Como hemos podido comprobar, los resultados fueron satisfactorios, pudiéndose matizar la selección de las parcelas.

Finalmente, procedimos a comprobar si desde el punto de vista de la **zonificación ambiental** definida para la totalidad de la ZEPA n.º 56, existía la posibilidad de llevar a cabo una actividad de este tipo.

De nuevo los resultados fueron bastante aceptables. La mayor parte de las parcelas (el 69% de la superficie total) se encuentran en zonas de valor ambiental bajo y medio (35% y 34%, respectivamente). Sólo un pequeño porcentaje de las parcelas resultantes se encuentra en terrenos calificados como de

muy alto valor ambiental (0,3%, repartidos en dos parcelas). En cualquier caso aparece un dato llamativo, y es que parte de un total de 15 parcelas coinciden con las zonas urbanas delimitadas en el mapa de zonificación ambiental. El origen de este problema sería doble. Por un lado, los núcleos de población fueron excluidos del estudio original, pero no las poblaciones dispersas. Por otro lado, en el trabajo original se utilizó información derivada del Nomenclator de la Comunidad de Madrid de 1991 y en el caso del estudio de zonificación ambiental, se había utilizado la información derivada del mapa de vegetación elaborado con información del vuelo de 1995. Por tanto, la utilización de información a diferente escala y de distintas fechas, provocó que apareciera esta invasión de zonas urbanas que, en una fase posterior de selección, deberían ser excluidas.

El resto del territorio catalogado como de valor ambiental alto, está compuesto por porciones de parcelas que en su mayoría son de valor medio y bajo para la instalaciones estudiadas, a excepción de 3 parcelas que se encuentran prácticamente en su totalidad sobre terrenos de valor ambiental alto.

El resultado no era tan bueno para el caso concreto de las parcelas 21 y 34, ya que, mientras la segunda se encuentra en una zona con valor ambiental medio, una gran parte de la primera se encuentra en una zona con valor ambiental alto.

En cualquier caso podemos concluir que, de entre todas las parcelas obtenidas, existen suficientes candidatas para poder llevar a cabo una actividad de este tipo, con garantías de no alterar excesivamente los hábitats y la fauna protegida.

Parcelas para la localización de Vertederos Sanitariamente Controlados

La aplicación de la normativa nacional y comunitaria están facilitando la correcta gestión, control y seguimiento de los Vertederos Sanitariamente Controlados, minimizando los impactos sociales y ambientales y, por tanto, consideramos sería viable el establecimiento de minivertederos en los espacios de muy bajo o bajo valor ambiental de las ZEPA. A la luz de la Directiva 1999/31/CEE, y al plantear varios pequeños vertederos, suponemos que los impactos socio-ambientales se verán reducidos al ser los impactos de carácter local y de menor envergadura. Por todo ello, se decidió finalmente realizar este mismo ensayo teórico para este caso.

Siguiendo el mismo procedimiento que en el caso de las plantas de transferencia, recurrimos al estudio previo realizado para los vertederos y procedimos a incluir el territorio ocupado por la ZEPA n.º 56.

Una vez obtenido el nuevo mapa de adecuación, seleccionamos todos aquellos píxeles que tuvieran niveles de adecuación inferiores a 12 (de un máximo de 163). A continuación se procedió a aplicar la misma restricción de área mínima requerida que se especificó para toda la Comunidad de

Madrid ⁵ (40 Ha) y resultaron un total de 4 parcelas. El nivel medio de adecuación fue de 8,61 ⁶, siendo la mejor parcela la n.º 4 con un valor medio de 7,6. En cuanto al tamaño de las mismas, oscila entre las 123 y 54,5 Ha. (Las 4 parcelas aparecen reenumeradas en la fig. 9.)

Desde el punto de vista de las **condiciones constructivas** del terreno, el 47% de la superficie ocupada por las 4 parcelas, gozaría de condiciones favorables (12%) y aceptables (35%) para la construcción; pero sólo una parcela (la n.º 4) se encontraría íntegramente dentro de estas categorías. De manera más detallada encontramos:

- Problemas geotectónicos: problemas ligados a recubrimientos de potencia inferior a 1m, y también en este caso aparecen casi de forma anecdótica, problemas de deslizamientos al incidir cargas externas en la misma dirección que la esquistosidad.
- Problemas geomorfológicos: principalmente pendientes entre el 7 y el 15%.
- Problemas de tipo litológico: heterogeneidad litológica.

Los problemas que desaconsejarían llevar a cabo algún tipo de construcción en estas parcelas son de tipo geotectónico (los mismos que acabamos de enunciar para las condiciones favorables y aceptables) y de tipo geomorfológico (pendientes entre el 15 y el 30% y superiores al 30%, y, muy en menor medida, problemas de disgregación y/o tectonización de materiales). No obstante, hemos de señalar que sólo un 9,3% de las 4 parcelas aparece catalogado como muy desfavorable.

La información aportada por el **mapa de acuíferos**, nos indicaba que el 81% de la superficie de las 4 parcelas, se encuentra sobre acuíferos permeables por fisuración y fracturación.

Observando los datos derivados del **mapa litológico**, encontramos que esos acuíferos coinciden con las rocas metamórficas alteradas y coluviones sobre rocas metamórficas (el 64% del terreno de las 4 parcelas) y, en menor medida sobre Lehm granítico, esquistos, neises glandulares y granito biótico. Este dato también nos iba a servir para comprobar la bondad de los resultados, pues, como ya comentamos, en el caso de los vertederos de RSU sí se tuvo en cuenta las distintas formaciones en función de la vulnerabilidad del substrato, pero a partir de una información a escala 1:1.000.000. Las formaciones que se consideraron más aptas para una construcción de este tipo fueron las sedimentarias impermeables, los terrenos antiguos, plegados y metamorizados y los terrenos graníticos y ultrametamórficos. Efectivamente, encontramos que la información derivada del mapa litológico es perfectamente coherente con lo es-

⁵ Ese área de 40 Ha. serviría para asegurar la ampliación de los minivertederos.

⁶ En este caso, el nivel medio de adecuación de las parcelas que se encontraban fuera de la ZEPA fue ligeramente peor: 9,0.

tablecido a partir del mapa de Vulnerabilidad, a pesar de existir una gran diferencia entre las escalas de uno y otro.

Desde el punto de vista de la **zonificación ambiental**, los resultados también fueron bastantes satisfactorios, puesto que el 77% del terreno seleccionado se catalogaba como de calidad media y baja (21 y 56%, respectivamente), siendo despreciable la proporción de terreno de calidad muy alta (1,1%). De nuevo vuelve a destacar la parcela 4, pues es la única considerada casi íntegramente como de calidad ambiental baja. Como podemos observar en la figura 9, no existe coincidencia alguna con las parcelas obtenidas para las plantas de tratamiento; la separación entre ambas coincide con la frontera entre las formaciones litológicas más permeables y problemáticas, con las más estables e impermeables en la que se encontrarían las parcelas para vertederos.

Finalmente hemos de comentar que, si bien en el caso de las Plantas de Transferencia el número de parcelas resultantes fue elevado para toda la UTG2B, en el caso de los vertederos, sólo obtuvimos tres parcelas más localizadas fuera del territorio de la ZEPA n.º 56.

5. CONCLUSIONES

Uno de los principales problemas al que cualquier profesional ha de enfrentarse cuando maneja información procedente de diversas fuentes y a distintas escalas, es la incertidumbre sobre la repercusión que la suma de los distintos errores introducidos en el estudio pueda tener en los resultados. En nuestro caso, hemos intentado llamar la atención sobre la conveniencia de verificar este hecho, cotejando esos resultados con información de mayor detalle, aún siendo siempre nuestra intención quedarnos en esta fase preliminar de presentación de lugares candidatos. No obstante, hemos de hacer alusión a los trabajos que, cada vez con más frecuencia, apuntan la necesidad de utilizar técnicas borrosas, argumentando que, a la imprecisión derivada de este fenómeno se une, habitualmente, la imprecisión de las fronteras de muchos fenómenos naturales (Charnpratheep, 1997). Evidentemente, la decisión final siempre deberá basarse en una verificación realizada con un riguroso trabajo de campo, en el que, muy probablemente, pueden descubrirse nuevos errores y matizaciones que ayuden a concretar, todavía más, la selección del/los candidato/s final/es.

En cualquier caso, la aportación de los nuevos mapas sobre el medio físico han sido de gran utilidad para comprobar cuáles son los problemas derivados del uso de información a distintas escalas en un mismo estudio. En general, podemos decir que los resultados se ajustan bastante bien a la información que se utilizó en el anterior trabajo (mapa de vulnerabilidad de los mantos acuíferos a escala 1:1.000.000), y, en particular, los nuevos mapas, de mayor detalle, han sido de gran ayuda para matizar la adecuación de nuestros candidatos.

Por su parte, el mapa de zonificación ambiental, información derivada de un elaborado y exhaustivo trabajo sobre la zona (Romero, 2000), ha aportado

información muy valiosa en este sentido; inclusive para comprobar la repercusión del uso de información más o menos actualizada, especialmente en una zona como la que nos ocupa, en la que se puede constatar un proceso considerable de desarrollo y expansión demográfica.

En la planificación de espacios naturales protegidos resulta necesario identificar las áreas naturales de relevancia y aquellas cuya preservación es justificable atendiendo a criterios de vegetación y fauna. Por ello, la zonificación ambiental es una de las claves para la conservación efectiva de un espacio natural protegido y el desarrollo de modelos de desarrollo sostenible. La zonificación del medio biótico ayuda a la espacialización de las actividades humanas conforme a la calidad ambiental y sirve de base para el desarrollo de programas de ordenamiento territorial. Por tanto, cada espacio de interés está geográficamente delimitado y es reconocido por su importancia conforme a los fines de la conservación, especialmente por sus atributos ecológicos o en uno o más aspectos de su biodiversidad. Esto permite que se las tome en consideración y que se desarrolle en ellas una gestión correcta, articulada con otros tipos de usos del suelo.

Al mismo tiempo, las zonificación ambiental permitirá el desarrollo socioeconómico de las áreas de nulo o menor valor ambiental. Con la zonificación ambiental, se permitirá un doble objetivo: la continuidad de los ecosistemas mejor conservados y la permanencia e introducción del uso socioeconómico. Sin duda, con este tipo de información se podría hacer operativa las ideas de la OCDE y UE sobre la integración de los objetivos ecológicos, económicos y sociales. Esta situación permitirá la mejora de las condiciones de vida y su desarrollo socioeconómico de los residentes en el ENP, sin entrar en conflicto con la conservación. La zonificación, además, proporciona una medida y un valor de referencia gracias al que, y tras un período determinado, se tiene la posibilidad de poder verificar objetivamente si han variado las condiciones ambientales y establecer medidas correctoras.

La idea de introducir otros usos socioeconómicos, nos puede servir como argumento para justificar la puesta en marcha de actividades de este tipo en la zona, pero tampoco hemos de olvidarnos de lo aportado por el estudio de zonificación ambiental, así como de los planes de actuación incluidos en el Plan Autonómico de Gestión de RSU, entre los que se contempla, como ya hemos indicado, la construcción de un vertedero en la UTG2B, que contribuya a disminuir los gastos derivados del tratamiento de residuos en esta zona y alivie la presión sobre el vertedero de Pinto y, en general, la presión ejercida sobre el maltratado Sur y Sureste de la Comunidad, donde actualmente se localizan la mayoría de las instalaciones «no deseables» ligadas a la gestión de residuos (tanto urbanos, como industriales). Por tanto, en este artículo, se plantea de manera teórica el porqué no crear un sistema de minivertederos en áreas donde gran parte de su superficie esta declarada ENP. Con ello, se conseguirá reducir los impactos ambientales y sociales, así como permitir que el medio natural pueda asimilar los impactos de su instalación.

Como último dato en relación con las instalaciones propuestas, hemos de decir que la planta de transferencia que actualmente se encuentra en Colmenar de Arroyo, tienen un nivel medio de adecuación de 8,81, se encuentra en una zona con características favorables para la construcción y en una zona de valor ambiental medio (de hecho esta planta se encuentra muy cercana a una de las parcelas obtenidas en el estudio). Las otras dos plantas que actualmente se encuentran en Villalba y Las Rozas, registran unos niveles de adecuación de 64 y 23 respectivamente, muy alejadas de los valores mínimamente aceptables alcanzados en nuestro estudio.

En cuanto a la «verificación» de la metodología, hemos podido corroborar la utilidad de procesos combinados de técnicas SIG y método de Evaluación Multicriterio. En este sentido, hemos de recordar que los métodos EMC elegidos pertenecen al grupo de técnicas compensatorias. Es decir, que valores bajos en un criterio, pueden ser compensados con valores altos en otros, con el riesgo que eso conlleva. En esta línea, la metodología podría seguir poniéndose a prueba en varios sentidos que apuntamos como futuros trabajos. Por una parte, realizando un análisis de sensibilidad que corroborara la fortaleza del proceso; este análisis se podría basar en la modificación de los pesos de los criterios (Mareschal, 1988; Barba-Romero y Pomerol, 1997; Malczewski, 1999). Por otro lado, podría aplicarse algún método no compensatorio para controlar aún más la información sobre el medio físico y obtener resultados más estrictos y exigentes, sobre todo en el caso de los vertederos, donde los condicionantes litológicos, geotectónicos o morfológicos son de especial relevancia (Soto y Vega, 2001). Igualmente, sería conveniente la inclusión de la Zonificación Ambiental en el proceso de toma de decisiones, en concreto las zonas ambientales menos adecuadas para el tipo de actividad a localizar, introduciéndolas como una restricción en la evaluación multicriterio. Sin duda redundará en la mejora del proceso de planificación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Banai, R. (1993): «Fuzziness in Geographical Information Systems: contributions from the analytic hierarchy process», en *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 7, N.º 4, pp. 315-329.
- Barba-Romero, S. y Pomerol, J. CH. (1997): *Decisiones multicriterio. Fundamentos teóricos y utilización práctica*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares.
- Bosque, J.; Díaz, M. A.; Gómez, M.; Rodríguez, V. M.; Rodríguez, A. E. y Vela, A. (1999): «Un procedimiento, basado en un SIG, para localizar centros de tratamiento de residuos», en *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Vol. 19, pp. 295-323.
- Charnpratheep, K., Zhou, Q. y Garner, B. (1997): «Preliminary landfill site screening using fuzzy geographical information systems», en *Waste management & research*, Vol. 15, pp. 197-215.

- Comunidad de Madrid (1997): *Plan Autonómico de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos de la Comunidad de Madrid (1997-2005)*, Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Regional, Madrid.
- Erkut, E. y Morán, S. (1991): «Locating obnoxious facilities in the public sector: an application of the analytic Hierarchy process to municipal landfill siting decisions», en *Socio-economic planning*, Vol. 25, N.º 2, pp. 89-102.
- Malczewski, J. (1999): *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Mareschal, B. (1988): «Weigh stability intervals in multicriteria decision aid», en *European Journal of Operational Research*, Vol. 33, pp. 54-64.
- Massam, B. (1991): «The location of waste transfer stations in Ashdod, Israel, using a multi-criteria Decision Support System», en *Geoforum*, Vol. 22, N.º 1, pp. 27-37.
- Murray, A. y Church, R. (1995): «Solid-waste-disposal site location», en *Journal of urban planning and development*, Vol. 121, N.º 3, pp. 109-113.
- Nieves, L.; Himmelberger, J.; Ratick, S.; y White, A. (1992): «Negotiated compensation for solid-waste disposal facility siting: an analysis of the Wisconsin Experience», en *Risk Analysis*, Vol. 12, N.º 4, pp. 505-511.
- Notario Gómez, A.; Sepúlveda González, F.; Novillo Camacho, C. y Mayans Porras, L. (1999): «Definición de Unidades de Gestión Ambiental en Zonas de Especial Protección para las Aves», en *Montes*, N.º 57, pp. 56-60.
- Opaluch, J. J.; Swallow, S. K.; Weaver, T; Wessells, C. W. y Wichelns, D. (1993): «Evaluating impacts from noxious facilities: including public preferences in current siting mechanisms», en *Journal of environmental economics and management*, Vol. 24, pp. 41-59.
- Pedraza, J. ET AL. (1986); *Memoria del Mapa Litológico de Madrid (Cualidades de las Rocas)*. Escala 1:200.000, Consejería de Agricultura y Ganadería, Comunidad de Madrid. Madrid.
- Pereira, J. M. y Duckstein, L. (1993): « A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation», en *International Journal of Geographical information systems*, Vol. 7, N.º 5, pp. 407-424.
- Rivas-Martínez, S. (1982): *Mapa de series de vegetación de Madrid*, E. 1:200.000, Diputación de Madrid, Madrid.
- Romero, R. (2000): *La valoración socioeconómica en la planificación de espacios singulares. Las Zonas de Especial Protección de Aves*, Tesis Doctoral Inédita, Universidad de Alcalá de Henares.
- Siddiqui, M. Z., Everett, J. W. y Vieux, B. E. (1996): «Landfill siting using Geographic Information Systems: a demonstration», en *Journal of environmental engineering*, Vol. 122, N.º 6, pp. 515-523.
- Soto, M. y Vega de, A. (2001): *Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos*, Servicio de Publicaciones, Universidade da Coruña.
- www.medioambientecantabria.org, 2001**