

Estudio de optimización sobre la ubicación idónea de la instalación de tratamiento y gestión de residuos sólidos urbanos de la Mancomunidad del Este



Universidad
de Alcalá



1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVOS	5
3	MATERIAL Y MÉTODOS	6
3.1	Formato y software empleado	7
3.2	Descripción y justificación de las variables consideradas	8
3.2.1	Restricciones	8
3.2.1.1	Pendiente del terreno	9
3.2.1.2	Hidrología	11
3.2.1.3	Espacios Naturales Protegidos y Red Natura 2000	13
3.2.1.4	Hábitats prioritarios	15
3.2.1.5	Montes de régimen especial	17
3.2.1.6	Núcleos urbanos	20
3.2.1.7	Red viaria	23
3.2.1.8	Ferrocarril	23
3.2.1.9	Patrimonio Cultural	25
3.2.1.10	Zonas sensibles	25
3.2.1.11	Edificaciones	25
3.2.1.12	Otras zonas urbanizadas o construidas	26
3.2.1.13	Fallas	27
3.2.2	Variables ponderadas	31
3.2.2.1	Distancia para que el conjunto de la flota de vehículos de recogida llegue a cada punto del territorio por carretera	31
3.2.2.2	Distancia a núcleos de población	41
3.2.2.3	Distancia a zonas sensibles	41
3.2.2.4	Edafología:	43
3.2.2.5	Geología	47
3.2.2.6	Vegetación	49
3.2.2.7	Hábitats	49
3.2.2.8	Fauna	52
4	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	55
4.1	Análisis de alternativas	57
4.2	Comparación de datos	59
5	RESUMEN Y CONCLUSIONES	63
6	BIBLIOGRAFÍA	65

1 INTRODUCCIÓN

El territorio de una zona, como la Comunidad de Madrid, debe tener una ordenación y planificación que dé respuesta a los numerosos aspectos que un paisaje básicamente urbano debe cumplir. . Esta ordenación es necesaria para conservar la funcionalidad social, económica y ambiental de nuestras regiones, y se pretende alcanzar mediante la regulación del crecimiento de las infraestructuras, la conservación de áreas de interés y el aprovechamiento de los recursos de una forma sostenible y eficiente.

Una de las cuestiones que requiere un mayor análisis dentro de este contexto es la localización de las plantas de tratamiento de residuos. La sociedad de consumo en la que estamos inmersos se enfrenta al serio problema de la generación de residuos y el qué hacer con ellos. En la gran mayoría de los casos estos residuos son trasladados a las diferentes plantas de tratamiento que pueden incluir procesos de eliminación, almacén o valorización del remanente. Es evidente que el estado español y las comunidades autónomas deben mejorar la eficiencia con la que tratan sus residuos, y en el caso concreto de la Comunidad de Madrid, es indudable la obligación de mejorar en este aspecto. Son numerosas las iniciativas legales de la Unión Europea que de una forma u otra van a obligar a cambiar la forma en la que se tratan los residuos. La nueva directiva de economía circular más los objetivos marcados para el año 2020 exigen un esfuerzo de todas las partes implicadas para gestionar los residuos de una manera eficiente.

En ocasiones la localización de las plantas no es fácil de establecer, ya que una instalación de estas características debe someterse a diversos factores, ya sea desde el punto de vista legal, económico, así como los aspectos sociales, de eficiencia y ambientales.

Muchos de estos asuntos ya han sido abordados por varios autores (Bosque *et al.*, 1999; Gómez, 2002; Gallardo, 2006; Paz, 2011) proporcionando buenos resultados, mediante el uso de los llamados Sistemas de Información Geográfica.

Es difícil encontrar una definición consensuada para estos sistemas (deMers, 1997), aunque si existe una bastante aceptada: *un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión* (NCGIA, 1990).

Estas tecnologías tienen diversas aplicaciones, que incluyen, aparte de la visualización de los datos geoespaciales, análisis del relieve, cálculos de rutas óptimas, análisis de redes, localización de equipamientos, zonificación de áreas, simulación de crecimientos, así como su salida cartográfica. La ventaja de estos sistemas, es que aportan una objetividad real a la búsqueda de alternativas, ya que se dispone de elementos cuantitativos que son difícilmente cuestionables.

2 OBJETIVOS

El principal propósito de este estudio es la clasificación del territorio en base a la aptitud para la ubicación de una planta de tratamiento de residuos urbanos dentro de la llamada Mancomunidad del Este, en Madrid. El estado actual del vertedero que almacena y trata los residuos de la Mancomunidad, situado en Alcalá de Henares, hace necesaria la creación de otra planta de gestión, ya que éste se encuentra cercano al límite de su capacidad total.

Dentro de este análisis, los criterios que se han establecido para la localización procuran minimizar los costes desde el punto de vista económico, social y ambiental. Para ello se han recopilado los datos de algunas de las variables más influyentes que hay que tener en cuenta a la hora de construir una instalación como esta.

El segundo objetivo de este estudio es proponer una serie de alternativas y hacer una evaluación de ellas para que el decisor tome la decisión que más le interese. Para la comparación se emplean datos distancias a núcleos poblacionales, usos del suelo, geología, aptitud de la zona, altura, pendiente, vías de acceso cercanas; así como factores eficiencia económica o costes ambientales, como son emisiones de CO₂, consumo de gasóleo o coste del combustible requerido.

A diferencia de los clásicos estudios de alternativas, donde se preseleccionan los territorios que son candidatos a las distintas instalaciones, a veces por métodos poco objetivos, o sin fundamentos técnicos o científicos, en este estudio pretendemos que sea un modelo de análisis objetivo, que tenga trazabilidad, es decir que cualquiera pueda ver de donde se sacan los datos y las conclusiones, el que busque los emplazamientos más eficientes ambientalmente y económicamente para una instalación como la que se plantea, y analizando todo el territorio de la Mancomunidad este.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología empleada para seleccionar las zonas óptimas para la construcción de la planta se basa en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC). Éstos ya han sido utilizados en otros estudios (Bosque *et al.*, 1999; Gómez, 2002, Gallardo, A; Paz, 2011), por lo cual el procedimiento va ser similar a los de éstos. La mayoría los estudios han sido realizados con el SIG *IDRISI*, sin embargo en este trabajo se va a utilizar *ArcGIS*.

Según los expertos, *las técnicas de Evaluación Multicriterio conforman un variado conjunto de métodos matemáticos que permiten medir de manera precisa la validez relativa de cada una de un conjunto de soluciones respecto a un problema concreto. Estas técnicas son interesantes para establecer una solución «compromiso», ya que éstas permiten considerar diversos planteamientos u opiniones de un mismo problema, de modo que permite realizar evaluaciones con enfoques contrapuestos (Bosque, 2000).*

En el este método se incorporan de manera conjunta las capas de las variables de mayor incidencia en una instalación de este tipo, ya sean porque deben ser consideradas por legislación, como por ejemplo lo que establece el *Real Decreto 1481/2001*, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero; o por el impacto económico, social o ambiental que puedan ocasionar. Después, a cada una de estas variables se las asigna un peso o ponderación que está directamente asociado a la importancia relativa de esa variable en la selección del emplazamiento. También asigna una importancia relativa sobre el resto de variables. De esta manera las variables con ponderaciones más altas van a ser las que con mayor grado van a influir a la hora de localizar el emplazamiento. Este método se llama sumatoria lineal ponderada (Eastman, 1993).

En muchas de las variables se va a crear una clasificación en base a los propios objetivos del estudio, generando una clasificación valorada de cada atributo. Esta clasificación se basa en un estudio de cuales son las características que son mejores o peores para la instalación de una planta. Por ejemplo, dentro del factor geología/litología se valorará positivamente las zonas más impermeables y de forma negativa las más permeables. Para esta valoración se ha requerido del conocimiento del grupo de técnicos o de expertos así como consultas a la bibliografía.

En algunas de las variables el proceso es complejo, ya que se trata de variables nominales y han de ser transformadas en variables cuantitativas. En este caso, primero deben ser transformadas en variables ordinales y después convertirlas en cuantitativas mediante la aplicación de una determinada función lo que se denomina normalización de las variables.

Esta normalización se hace en todas las variables para que las escalas de aptitud sean las mismas y así poder incorporadas conjuntamente en el análisis. Si esto no se hiciese la comparación de las variables no tendría sentido. La normalización que se ha llevado a cabo es de tipo lineal y tiene la siguiente formula:

$$N = \frac{Xi - MinXi}{MaxXi - MinXi}$$

Donde **N** es el nuevo valor normalizado, **MinXi** es el mínimo valor de la variable y **MaxXi** el máximo valor de la variable.

La escala de valores que se va a emplear para todas las variables va desde **0 a 255**, siendo 255 los valores de máxima aptitud. Para esto se ha de multiplicar el resultado de la fórmula anterior por 255. En el caso de algunas variables la normalización debe ser inversa, ya que la aptitud va en sentido opuesto al crecimiento del valor, en este caso se especificará el tratamiento. Es decir, en algunos puntos, por ejemplo valor de la vegetación, cuanto más valor natural menos aptitud para la instalación de cualquier infraestructura.

Aunque todos los factores del estudio tienen el mismo objetivo, que no es otro que el de ubicar de forma óptima esta planta, no todos se tratan de la misma forma. Existen una serie de variables que no muestran ninguna escala de aptitud, ya que **son factores puramente restrictivos** y solo se van a utilizar para limitar las zonas de construcción.

En este caso la valoración de la variable es binaria, dando como resultado una capa de salida con valores de apto o no apto para la ubicación de la planta de residuos. Estos factores serán llamados restricciones y en su caso los valores que van a tomar los elementos de sus capas son **0** para las zonas no aptas y **1** para el resto del territorio. Lo que se persigue con esto es la creación de una única capa que represente todas las restricciones y simplifique el proceso. Ésta es obtenida mediante la multiplicación de todos los factores restrictivos.

Por tanto hay dos tipos de variables: **variables restrictivas**, zonas que son aptas o no aptas para la instalación, y **variables ponderadas**, zonas que se comportan a través de un gradiente cuantitativo (pueden a su vez ser negativos, donde el valor cuando más grande peor para la aptitud del terreno o positivos cuanto más alta mejor aptitud para acoger la instalación).

3.1 Formato y software empleado

Aunque se haya trabajado gran parte del estudio con formato vectorial, la Evaluación Multicriterio se ha llevado a cabo en formato raster*. El tamaño de celda ha sido de 25 m, una resolución adecuada para una zona con una extensión como esta. Se ha elegido este tamaño principalmente porque el Modelo Digital del Terreno con el que contamos tiene esta resolución y el resto de capas debe tener el mismo tamaño para poder compararlas entre sí.

El sistema de referencia de los datos es el ETRS 89 y la proyección es UTM en el huso 30N.

El software empleado para todos los análisis ha sido el programa *ArcGIS 10.1.*, perteneciente a la compañía ESRI (Environmental Systems Research Institute), uno de los máximos exponentes en el desarrollo de este tipo de tecnología.

*De forma simplificada, el formato **raster** es una capa formada por una malla de píxeles de iguales dimensiones, los cuales adquieren los distintos valores de una variable y que por consiguiente permite el análisis geoespacial de ésta.

3.2 Descripción y justificación de las variables consideradas

A continuación se exponen las variables que se han considerado en el análisis y la fuente de donde proceden.

Tipo	Variable	Fuente
RESTRICCIONES	Pendiente del terreno	MDT 25M Centro Nacional de Información Geográfica
	Hidrología	MAGRAMA y Confederación Hidrográfica del Tajo
	Espacios Naturales Protegidos y Red Natura 2000	MAGRAMA
	Hábitats prioritarios	Catálogo de Información Territorial de la Comunidad de Madrid
	Montes de régimen especial	Catálogo de Información Territorial de la Comunidad de Madrid
	Núcleos urbanos	Nomecalles. Nomenclátor oficial y callejero de la Comunidad de Madrid e Instituto de Estadística
	Red viaria	Cartociudad. Centro Nacional de Información Geográfica
	Ferrocarril	Nomecalles. Nomenclátor oficial y callejero de la Comunidad de Madrid e Instituto de Estadística
	Patrimonio cultural	Dirección General de Patrimonio cultural. Comunidad de Madrid. Y Google Maps
	Zonas sensibles	Nomecalles. Nomenclátor oficial y callejero de la Comunidad de Madrid e Instituto de Estadística
	Edificaciones	Base Topográfica Nacional 1:25.000. Centro Nacional de Descargas
	Tejidos artificiales	Cartografía del CORINE LAND COVER 2006 dispone en Instituto Geográfico Nacional
	Fallas	Mapa geológico 1:50.000 del Instituto Geológico y Minero de España
VARIABLES PONDERADAS	Distancia para que el conjunto de la flota de vehículos de recogida llegue a cada punto del territorio por carretera	Cartociudad. Centro Nacional de Información Geográfica / Nomecalles. Nomenclátor oficial y callejero de la Comunidad de Madrid e Instituto de Estadística. Datos de residuos suministrados por la Mancomunidad Este
	Distancia a núcleos de población	Nomecalles. Nomenclátor oficial y callejero de la Comunidad de Madrid e Instituto de Estadística
	Distancia a zonas sensibles	Nomecalles. Nomenclátor oficial y callejero de la Comunidad de Madrid e Instituto de Estadística
	Edafología	Mapa Edafológico 1:100.000, del año 2000. Catálogo de Información Territorial de la Comunidad de Madrid
	Geología	Mapa Geológico 1:50.000 del Instituto Geológico y Minero de España
	Vegetación	Mapa Digital Continuo de Vegetación de la Comunidad de Madrid de 2006 1:25.000. Catálogo de Información Territorial de la Comunidad de Madrid
	Hábitats	Catálogo de Información Territorial de la Comunidad de Madrid
	Fauna	Inventario Nacional. MAGRAMA

Tabla de variables incorporadas en el análisis y fuente de los datos

3.2.1 Restricciones

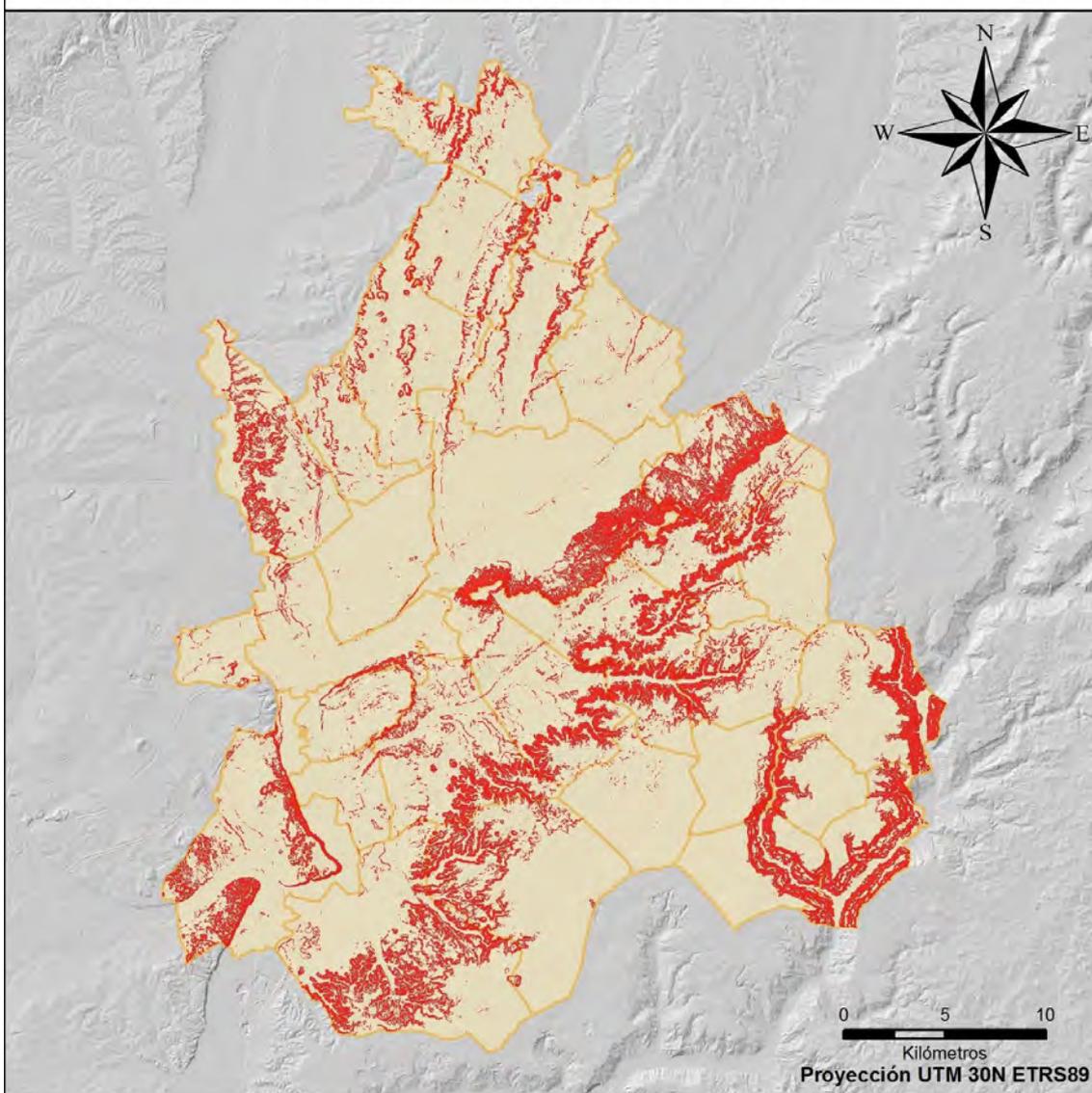
A continuación se describen las variables que han sido incorporadas en el análisis como restricciones y que van a limitar las zonas de aptas para la instalación. Para poder incorporarlas finalmente en una única capa, estas se han reclasificado con valores de 0 y 1, siendo 0 las zonas en las que no se puede construir (restricciones) y 1 aquellas en las que sí. De esta manera cuando estas se multipliquen entre sí, todas las zonas no aptas (de valor 0) permanecerán en la capa de salida (Véase Mapa de restricciones y posibles zonas para el emplazamiento).

3.2.1.1 Pendiente del terreno

Se han excluido de todo el territorio incluido en la Mancomunidad aquellas zonas con pendientes superiores al 15 %. Consideramos que a partir de esa pendiente los problemas de una instalación de este tipo se hacen bastante complejos.

Esta condición pretende facilitar las labores de construcción y de acceso a la planta, se trata por tanto de un factor económico y de seguridad y riesgo. La obtención de dicha variable ha requerido de la construcción de un Modelo Digital del Terreno de 25 m de pixel a partir de los datos del Centro Nacional de Información Geográfica.

Mapa de Restricciones: Pendientes superiores a 15%



Leyenda

- Restricción pendientes >15%
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricción de la variable Pendiente. Se han considerado como restricción aquellas zonas con una pendiente superior al 15%. Elaboración propia a partir de datos del Centro Nacional de Información Geográfica

3.2.1.2 Hidrología

Desde el punto de vista legal, este tipo de construcción ha de tener en cuenta el llamado dominio público hidráulico, recogido en la *Ley de Aguas 1/2001*.

Este incluye una zona de servidumbre de cinco metros y una zona de policía de cien metros de anchura en toda su extensión longitudinal. Según el apartado 3 del Artículo 6 del *Real Decreto 849/1986* por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, los objetivos de estas zonas son preservar el estado del dominio público hidráulico, prevenir el deterioro de los ecosistemas acuáticos, contribuyendo a su mejora y proteger el régimen de las corrientes en avenidas, favoreciendo la función de los terrenos colindantes con los cauces en la laminación de caudales y carga sólida transportada.

Dentro de la zona de servidumbre, según el Artículo 7 de este Decreto, no se podrá realizar ningún tipo de construcción salvo que resulte conveniente o necesaria para el uso del dominio público o para su conservación y restauración. Solo podrán autorizarse edificaciones en la zona de servidumbre en casos muy justificados.

Una planta gestora de residuos como la que se plantea en este trabajo queda sometida a este Reglamento, ya que según recoge el Artículo 9, se trata de una construcción de carácter definitivo o provisional y supone un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación o deterioro del estado de la masa de agua, del ecosistema acuático, y en general, del dominio público hidráulico. En el último apartado de este artículo se indica que la ejecución de cualquier obra o trabajo en esta zona precisa de autorización administrativa previa del organismo de la cuenca, sin perjuicio de los supuestos especiales regulados en este Reglamento. La autorización será independiente de cualquier otra que haya de ser otorgada por los distintos órganos de las Administraciones públicas.

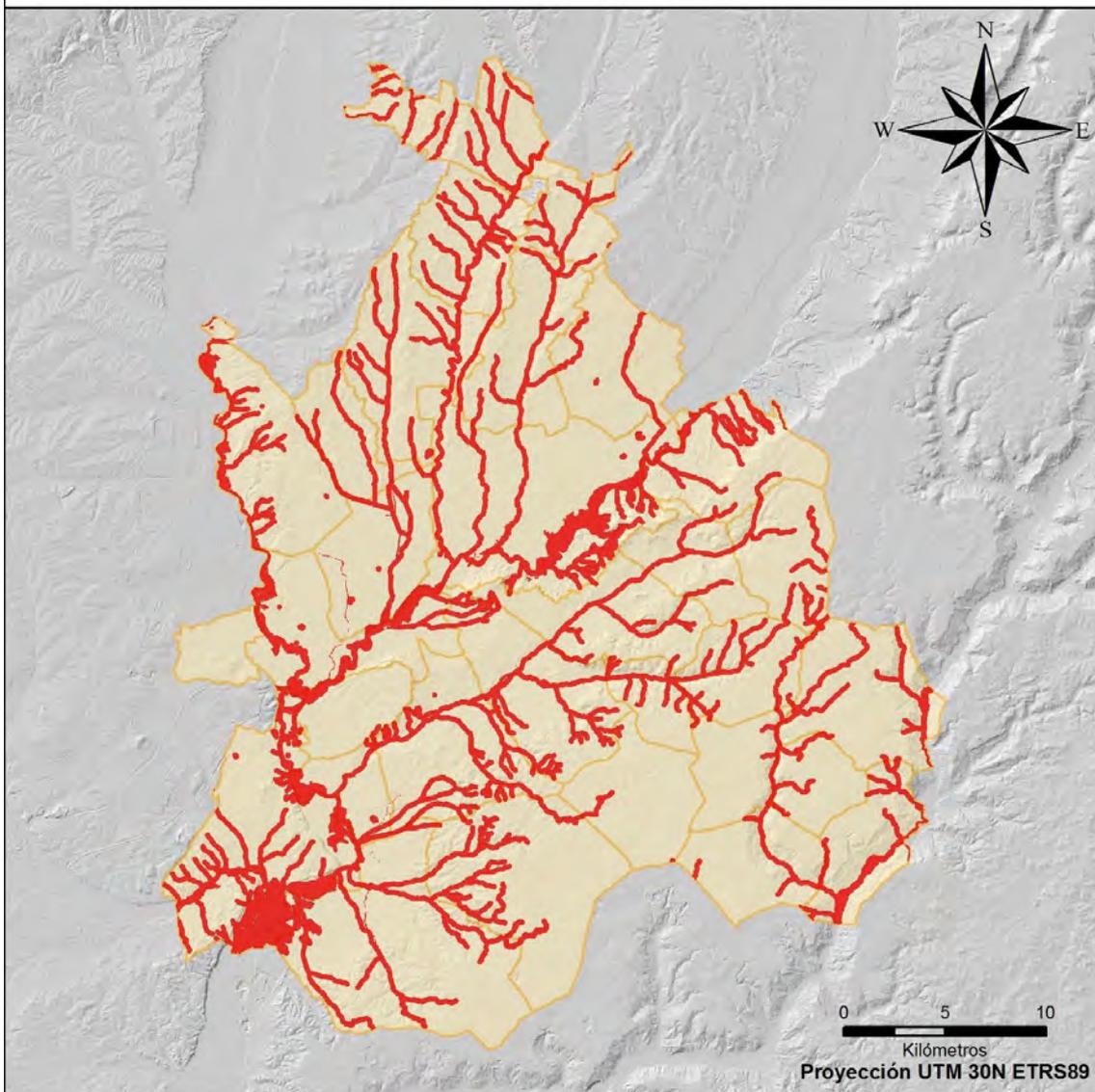
El dominio público hidráulico también recoge zonas como lagos, lagunas, embalses y terrenos inundables, por lo que estas también serán incluidas en nuestro análisis.

Dentro del reglamento, en el Artículo 5, se muestran que zonas pertenecen al dominio público, cuales al dominio privado y las condiciones a las que están sometidas.

Como restricción se han incluido todos estos cuerpos (Ríos, arroyos y lagunas), con una distancia de seguridad de 125 metros en las dos márgenes; las zonas inundables para un tiempo de retorno de 500 años; y las zonas de Dominio Público Hidráulico definidas en proyectos pasados, disponibles en la web del MAGRAMA.

Es decir, el modelo plantea que no se ejecute esta instalación en todo el dominio público hidráulico y las zonas inundables que están cartografiadas y a menos de 125 metros de cualquier río o arroyo o laguna.

Mapa de Restricciones: Hidrología



Leyenda

- Restricción hidrología
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricción de la variable hidrología. En esta se han incluido ríos, arroyos y lagos (con una distancia de seguridad de 125 m), así como zonas inundables, para un periodo de retorno de 500 años, y las zonas del Dominio público Hidráulico.

Elaboración propia a partir de datos de MAGRAMA y Confederación Hidrográfica del Tajo.

3.2.1.3 Espacios Naturales Protegidos y Red Natura 2000

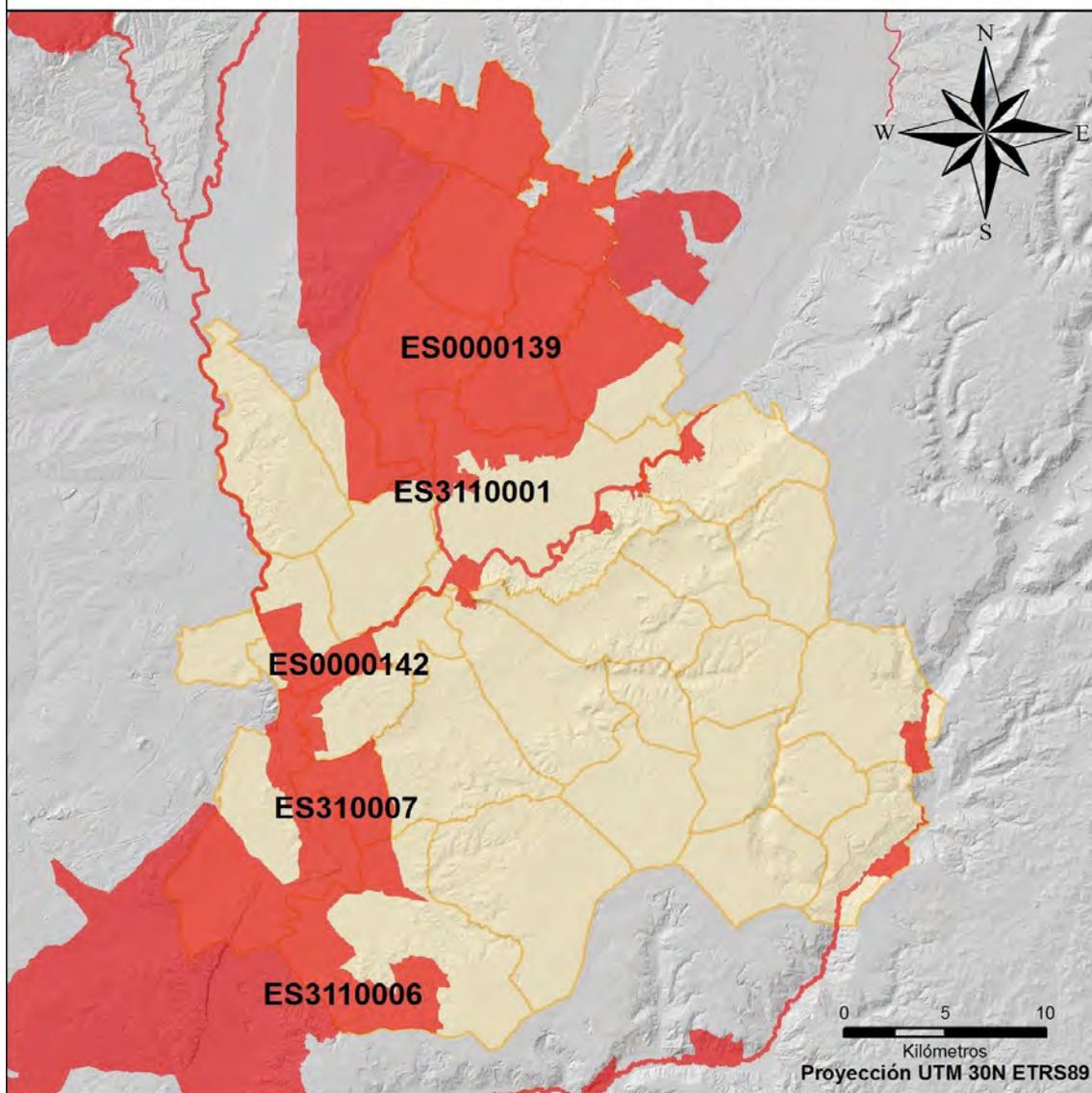
Se excluyen todas aquellas zonas que están incluidas dentro de la delimitación geográfica de los Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad de Madrid, regulados por la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad; así como las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAS), Lugares de Interés Comunitario (LIC) y Zonas Especiales para la Conservación (ZEC) definidos en la Red Natura 2000. Esta es una red ecológica de áreas de conservación, cuyo objetivo es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y hábitats dentro de la Comunidad Europea.

Las zonas consideradas en el análisis y sus correspondientes figuras de protección son las siguientes.

Nombre	Código	Figura de protección
Parque Regional en torno a los ejes de los cursos bajos de los ríos Manzanares y Jarama	ES310007	ENP (Parque regional)
Estepas Cerealistas de los ríos Jarama y Henares	ES0000139	ZEPA
Cortados y Cantiles de los ríos Jarama y Henares	ES0000142	ZEPA
Vegas, Cuestas y Páramos del Sureste de Madrid	ES3110006	ZEC, LIC
Cuenca de los ríos Jarama y Henares	ES3110001	ZEC, LIC

Tabla de Espacios naturales protegidos presentes en la Mancomunidad del Este.

Mapa de Restricciones: Espacios Naturales Protegidos y Red Natura 2000



Leyenda

- Restricción espacios naturales y Red natura
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricción de Espacios Naturales protegidos y Red Natura 2000. Esta restricción incluye figuras de protección como Espacios Naturales Protegidos, ZEPAS, LIC y ZEC. Elaboración propia a partir de capa descargadas del MAGRAMA.

3.2.1.4 Hábitats prioritarios

Se han excluido los hábitats prioritarios recogidos en la *Directiva 92/43/CEE*, de 21 de mayo de 1992.

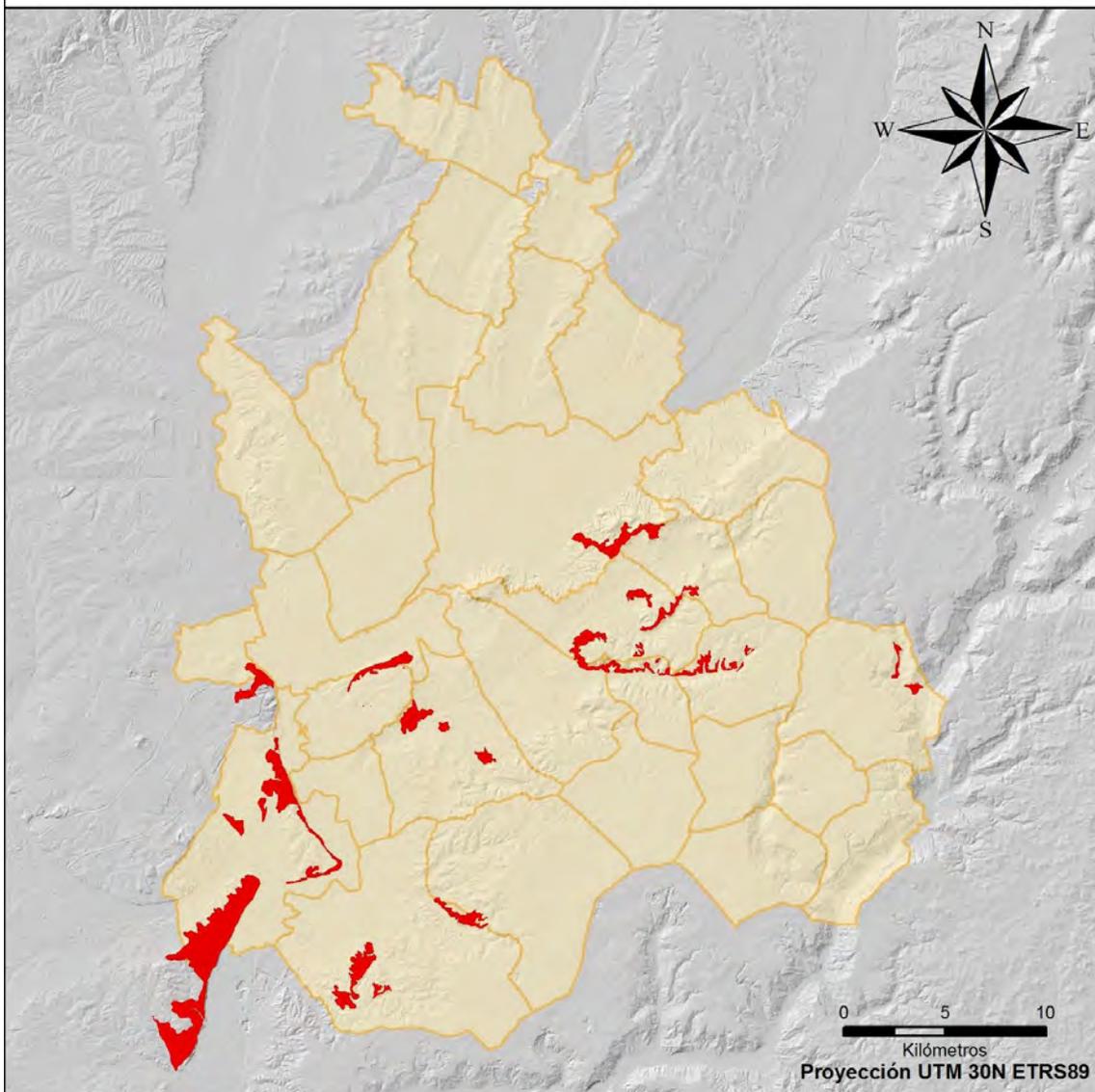
La capa utilizada tiene una escala 1: 50.000 y fue creada en base al Atlas de los Hábitats de España en 2005 por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Para comprender mejor el porqué de la consideración de esta variable conviene definir que es un hábitat natural y un hábitat prioritario. Según la *Directiva 92/43/CEE*, «hábitats naturales» son zonas terrestres o acuáticas diferenciadas por sus características geográficas, abióticas y bióticas, tanto si son enteramente naturales como seminaturales; y «Hábitats naturales prioritarios» son tipos de hábitats naturales amenazados de desaparición presentes en el territorio, cuya conservación supone una especial responsabilidad para la Comunidad habida cuenta de la importancia de la proporción de su área de distribución natural incluida en el territorio. Es decir los hábitats prioritarios están definidos a nivel europeo y conllevan una protección intrínseca por la propia naturaleza de sus características ambientales. La fuente de obtención de las capas ha sido el Catálogo de Información Territorial de la Comunidad de Madrid.

Los hábitats prioritarios que se presentan en la Mancomunidad del Este con sus correspondientes códigos son:

Código	Descripción
1520	Vegetación gipsícola ibérica (<i>Gypsophiletalia</i>)
4090	Brezales oromediterráneos endémicos con aliaga
5210	Matorrales arborescentes de <i>Juniperus</i> spp.
6220	Zonas subestépicas de gramíneas y anuales de <i>Thero-Brachypodietea</i>
7220	Manantiales petrificantes con formación de tuf (<i>Cratoneurion</i>)

Tabla de hábitats prioritarios presentes en el territorio de la Mancomunidad.

Mapa de Restricciones: Hábitats prioritarios



Leyenda

- Restricción hábitats prioritarios
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricción de hábitats prioritarios. Se incluyen todos los hábitats prioritarios disponibles en el Catálogo de Información Territorial de la Comunidad de Madrid. Elaboración propia a partir de capa de Hábitats del Catálogo de Información Territorial de la Comunidad de Madrid

3.2.1.5 Montes de régimen especial

Se han descartado de las posibles zonas aptas para la instalación aquellos montes que están sujetos a un régimen especial.

Según régimen jurídico (*Ley 16/1995*, de 4 de mayo, Forestal y de Protección de la Naturaleza de la Comunidad de Madrid) los montes pueden dividirse en Montes de régimen general y Montes de régimen especial.

Son montes sujetos a régimen especial los declarados de **Utilidad Pública, Protectores, Protegidos y Preservados**.

- *Montes de Utilidad Pública*: Aquellos, de titularidad pública, que así hayan sido declarados o se declaren en lo sucesivo, por satisfacer necesidades, funciones de carácter protector, social o ambiental. El conjunto de los montes declarados de utilidad pública están incluidos en un registro público de carácter administrativo el Catálogo de Montes de Utilidad Pública de la Comunidad de Madrid es un registro público de carácter administrativo en el que se incluyen los montes declarados de utilidad pública.
- *Montes Protectores*: Aquellos que, siendo de propiedad privada, sean expresamente declarados como tales por:
 - a. La prevalencia de las funciones protectoras o socioambientales que desempeñan, tales como las relativas a la regeneración y conservación de los suelos y la lucha contra la erosión, la captación, la protección y la conservación de los recursos hídricos, la protección de fauna y flora, el mantenimiento de los equilibrios ecológicos y sistema vitales esenciales y la preservación de la diversidad genética.
 - b. Encontrarse situados en una Zona Protectora declaradas como tal en virtud de alguna de las circunstancias siguientes: por estar situadas en cuenca de alimentación de embalse, porque la cobertura con vegetación natural o implantada, en especial el bosque, sea la manera adecuada de proteger sus suelos contra la erosión o regular el régimen hídrico, o porque las especiales características de su infraestructura natural las hagan aptas para defender los intereses generales al proteger las obras de infraestructura, construcciones, cultivos y poblaciones sitios en cotas inferioresEn la actualidad la Comunidad de Madrid no existe ningún monte de este tipo.
- *Montes Protegidos*: Son los montes o terrenos forestales, cualquiera que sea su titularidad y régimen jurídico-administrativo, que constituyan o formen parte de Espacios Naturales Protegidos, regulados por lo dispuesto expresamente en sus normas de declaración y por los instrumentos de planificación, uso y gestión aprobados en desarrollo de las mismas. Los montes declarados de Utilidad Pública o Protectores que formen parte de un Espacio Natural Protegido mantendrán dicha clasificación.
- *Montes Preservados*: Son Montes Preservados las masas arbóreas, arbustivas y subarbustivas de encinar, alcornocal, enebro, sabinar, coscojal y quejigal y las masas arbóreas de castañar, robledal y fresnedal de la Comunidad de Madrid definidas en el anexo cartográfico de la *Ley 16/1995*, Forestal y de Protección de la Naturaleza de la Comunidad de Madrid. Además son Montes Preservados los que están incluidos en las zonas declaradas de especial protección para las aves (ZEPA), en el Catálogo de embalses y humedales de la Comunidad de Madrid y aquellos espacios que, constituyan un enclave con valores de entidad local que sea preciso preservar, como reglamentariamente se establezca. (artículo 20 de la *Ley 16/1995*).

El resto de los montes, cualquiera que sea su titularidad, se consideran sometidos al régimen general.

En el análisis se ha incorporado las capas de Montes de Utilidad Pública y Montes preservados, ya que en la zona no contamos con Montes protectores y los montes Protegidos están incluidos en los Espacios naturales protegidos. Los datos han sido también obtenidos del Catálogo de información Territorial de la comunidad de Madrid.

1) Montes utilidad pública:

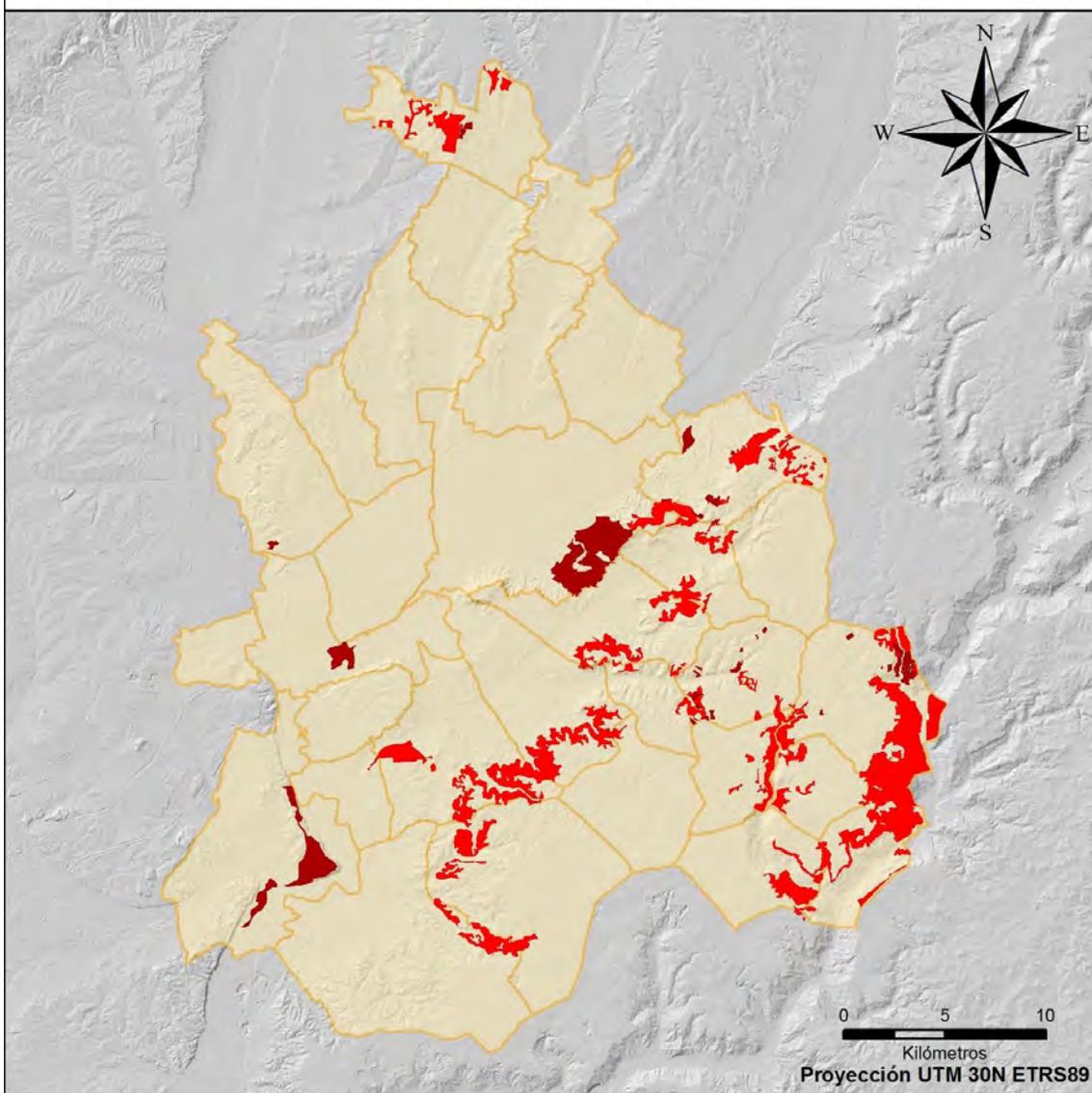
Nombre	Propietario
El Calderillo	Comunidad de Madrid
Dehesarivera y Otros	Ayuntamiento de Los Santos de la Humosa
Llano del Moral	Ayuntamiento de Ribatejada
EL Robledal	Comunidad de Madrid
El Val y Otros	Ayuntamiento de Pezuela de las Torres
Propios de Corpa	Ayuntamiento de Corpa
Las Covachas	Ayuntamiento de Los Santos de la Humosa
Los Cerros	Ayuntamiento de Alcalá de Henares
Riscos y Anexos	Comunidad de Madrid
Finca del Caserío del Henares	Comunidad de Madrid
Soto de las Juntas	Comunidad de Madrid

Tabla Montes de Utilidad Pública presentes en el territorio de la Mancomunidad

2) Montes preservados:

Según Consejería de Medio Ambiente, Administración Local y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid todos los montes incluidos en esta Comunidad están compuestos por masas arbóreas, arbustivas y subarbustivas de encinar, alcornocal, enebro, sabinar, coscojar y quejigal.

Mapa de Restricciones: Montes de régimen especial



Leyenda

- Restricción montes de utilidad pública
- Restricción montes preservados
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricción de montes protegidos. Esta incluyen Montes de Utilidad pública y Montes preservados. Elaboración propia a partir de capas disponibles en Catalogo de Información Territorial de la Comunidad de Madrid.

3.2.1.6 Núcleos urbanos

Las zonas habitadas o núcleos poblacionales, como polígonos industriales han sido incluidas en las restricciones. Se ha incorporado una distancia de seguridad de 500 m con el fin de evitar la cercanía a la población colindante. En este tipo de variable hay un gradiente de exclusión, no poner la instalación a menos de 500 metros de zonas urbanas y una parte ponderada, cuanto más lejos de los núcleos urbanos más apta. La fuente de los datos es «Nomecalles» Nomenclátor Oficial y Callejero de la Comunidad de Madrid e Instituto Nacional de Estadística. Su última actualización es del año 2014.

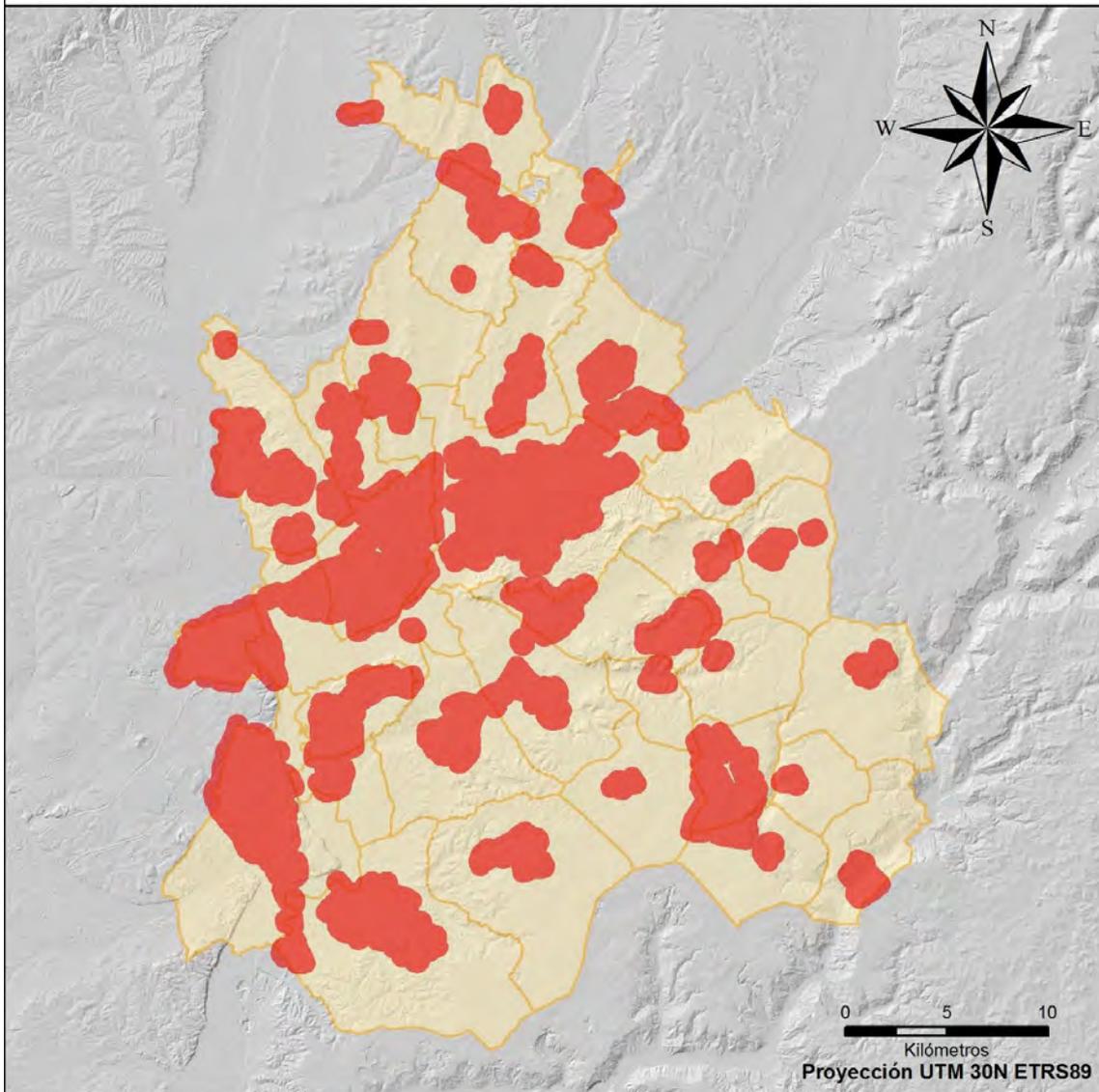
Municipio	Núcleo poblacional	Municipio	Núcleo Poblacional
Ajalvir	Ajalvir	Olmeda de las Fuentes	Olmeda de las Fuentes
Alcalá de Henares	Alcalá de Henares	Paracuellos de Jarama	Belvis de Jarama
	Centro de Investigación Agraria		Paracuellos de Jarama
	Prisión Alcalá - Meco		Avalón
Ambite	Ambite		Los Berrocales del Jarama
	Sierra de Tajuña		La Granja - El Cruce
Anchuelo	Anchuelo	I.N.T.A.	
	Cerro de Miralbueno	Pezuela de las Torres	
Arganda del Rey	Arganda del Rey	Pezuela de las Torres	Los Caminos
	Avícola del Jarama	Pozuelo del Rey	Pozuelo del Rey
	Emisora de Onda Corta	Ribatejada	Ribatejada
	Lago Coto Cisneros		Paraje del Arzobispo
	Puente de Arganda		Los Barrancos
	Camarma de Esteruelas	Los Villares	Rivas-Vaciamadrid
Camarma de Esteruelas		Rivas - Vaciamadrid	
Alcamar		Cañada Real de la Galiana	
Campo Real	El Practicante	Puente de Arganda	
	Campo Real	La Partija - Santa Mónica	
	Montehermoso	San Fernando de Henares	
Corpa	Industrial Borondo	San Fernando de Henares	Polígono de San Fernando de Henares
	Corpa		Soto de Aldovea
Daganzo de Arriba	Corpa		Las Castellanas
	Daganzo de Arriba	Santorcaz	Estación Transmisora Marina
	Asociación Deportivo - Cultural Daganzo		Santorcaz
Fresno de Torote	Los Frailes	Santos de la Humosa, Los	Los Santos de la Humosa
	Fresno de Torote	Torrejón de Ardoz	Torrejón de Ardoz
	Serracines		Base Aérea
	Valle del Río		I.N.T.A.
	Jardín de Serracines		Castillo, El
Loeches	Colegio Monfort	Torres de la Alameda	Mariblanca
	Loeches	Torres de la Alameda	Torres de la Alameda
	Prado Concejil	Valdeavero	Valdeavero

Estudio de optimización sobre la ubicación idónea de la instalación de tratamiento y gestión de residuos sólidos urbanos de la Mancomunidad del Este

Municipio	Núcleo poblacional	Municipio	Núcleo Poblacional
Meco	La Estación y La Venta		La Cardosa
	Meco	Valverde de Alcalá	Valverde de Alcalá
Mejorada del Campo	Mejorada del Campo	Velilla de San Antonio	Velilla de San Antonio
	Huertos Familiares		El Gurugú
	La Raya de Velilla		Los Hueros
	Valdecelada	Villalbilla	Zulema
Nuevo Baztán	El Mirador de Baztán		Villalbilla
	Monte Acevedo		Valdeláguila - El Robledal
	Nuevo Baztán		Eurovillas
	Eurovillas - Las Villas	Villar del Olmo	Villar del Olmo

Tabla núcleos poblacionales pertenecientes a cada municipio

Mapa de Restricciones: Núcleos urbanos



Leyenda

- Restricción núcleos urbanos
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricción de núcleos poblacionales. Se ha establecido una distancia de restricción de 500 metros a cada uno de los núcleos. Elaboración propia a partir de datos de Nomecalles.

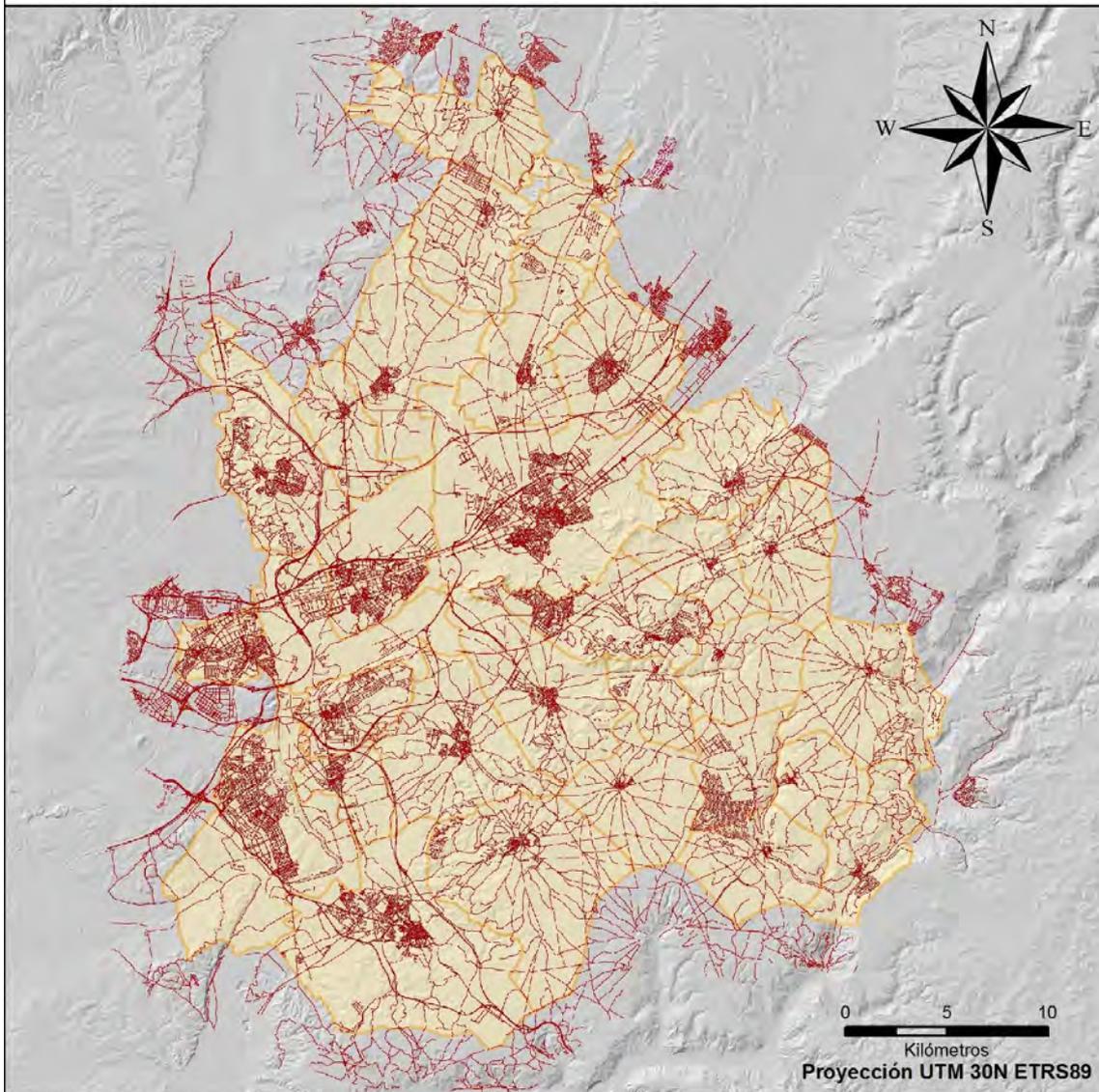
3.2.1.7 Red viaria

De cara a la instalación de una infraestructura de una superficie determinada se ha de tener en cuenta que el territorio está fragmentado por la red viaria. Esta ha sido descargada del proyecto Cartociudad, un proyecto colaborativo de producción y publicación de cobertura nacional, liderado y coordinado por el Instituto Geográfico Nacional. La última fecha de actualización fue en 2012. En esta restricción se ha considerado todo tipo de vías ya que cualquiera debe de tenerse en cuenta antes de la construcción de la planta.

3.2.1.8 Ferrocarril

Al igual que con la anterior variable el territorio también está fragmentado por estas infraestructuras. Se excluyen del territorio apto para la construcción de la planta las vías ferroviarias, incluyendo las líneas del AVE y línea de Renfe Cercanías. Estos datos fueron obtenidos en el Instituto Nacional de estadística y se encuentran disponibles en el «Nomecalles» Nomenclátor Oficial y Callejero de la Comunidad de Madrid e Instituto Nacional de Estadística.

Mapa de Restricciones: Vías y Ferrocarril



Leyenda

- Restricción vías
- Restricción ferrocarril
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricciones de Red viaria y Ferrocarril. Estas incluyen autovías, autopistas, carreteras convencionales, pistas, caminos, sendas carril bici, vía de tren de cercanías y de AVE. Elaboración propia a partir de Cartociudad y BCN25.

3.2.1.9 Patrimonio Cultural

Se excluyen del territorio aquellos bienes inmuebles protegidos, integrando estos tanto a los Bienes de Interés cultural (BIC) como Bienes de Interés Patrimonial (BIP). Estos están protegidos bajo el *Real Decreto 1481/2001*, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Los bienes pasan por varias fases hasta que son finalmente declarados por el Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid, sin embargo en el análisis se han incorporado tanto los bienes incoados como los ya declarados.

Puesto que esta información no se encuentra disponible para su descarga, se ha optado por la fotointerpretación real del territorio, apoyada por información adicional de diversas páginas web y visores como *Google Maps*. Tras la localización de estos bienes podemos afirmar que que la mayoría de estos bienes están incluidos en los núcleos urbanos, figuras de protección natural, restricciones de hidrología, etc. Aun así se ha estudiado para comprobar que no hay elementos patrimoniales que se ubiquen fuera de nuestras zonas de restricción.

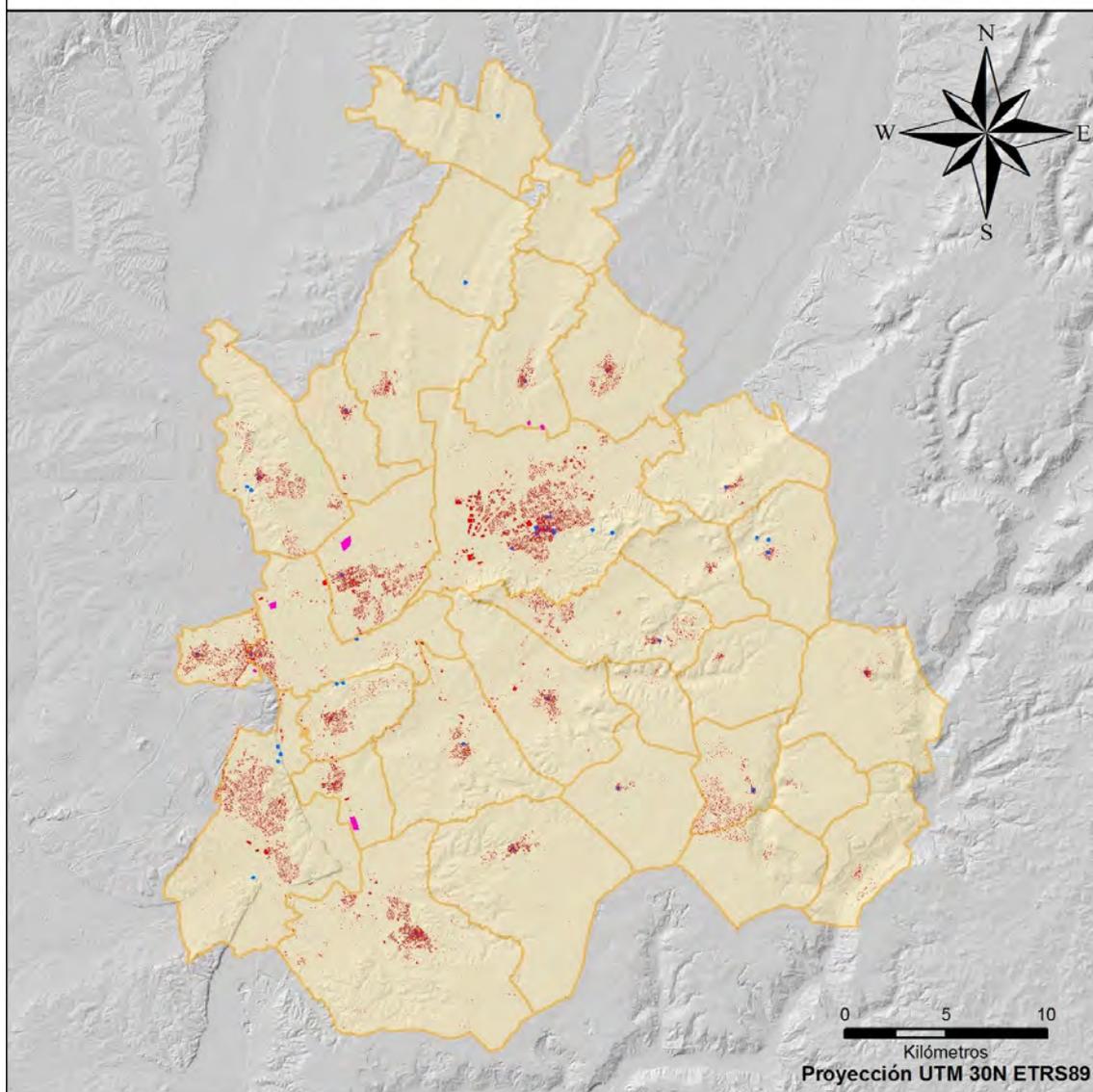
3.2.1.10 Zonas sensibles

Se han digitalizado aquellas zonas sensibles que están fuera de núcleos urbanos, ya que la mayoría se encuentran incluidas en estas. Se han considerado como zonas sensibles: centros sanitarios (Hospitales, Consultorios, Centros de salud, Centros de Especialidades, Centros de drogodependientes, y otros centros), centros de discapacitados, centros de mayores (residenciales y no residenciales), centros educativos y centros comerciales. Son edificaciones que se han de tener en cuenta ya que pueden condicionar la construcción de la planta. La fuente de estos datos es el «Nomenclátor» Nomenclátor Oficial y Callejero de la Comunidad de Madrid e Instituto Nacional de Estadística.

3.2.1.11 Edificaciones

Es importante considerar las edificaciones dispersas que no están recogidas en los núcleos urbanos, ya que estas limitan las zonas construcción. Para la obtención de esta se ha utilizado la Base Topográfica Nacional 1:25.000 del IGN. Los diferentes edificios recogidos en esta capa están actualizados de 2014 y algunos en 2013.

Mapa de Restricciones: Zonas sensibles, Edificaciones y Patrimonio Cultural



- Restricción zonas sensibles
- Restricción edificaciones
- Restricción patrimonio
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricciones de Patrimonio cultural, zonas sensibles y edificaciones. Elaboración propia a partir de BCN25.

3.2.1.12 Otras zonas urbanizadas o construidas

Es conveniente definir aquellas zonas que ya tienen construcciones y en las que no se puede localizar la planta de residuos. Es interesante hacer esta limitación ya que existen zonas que no están incluidas en los núcleos urbanos pero tienen tejidos urbanos.. Estos datos han sido

adquiridos de la Cartografía del Corine Land Cover de 2006 dispone en Instituto Geográfico Nacional. Los usos de suelo artificiales que se han considerado en el análisis han sido:

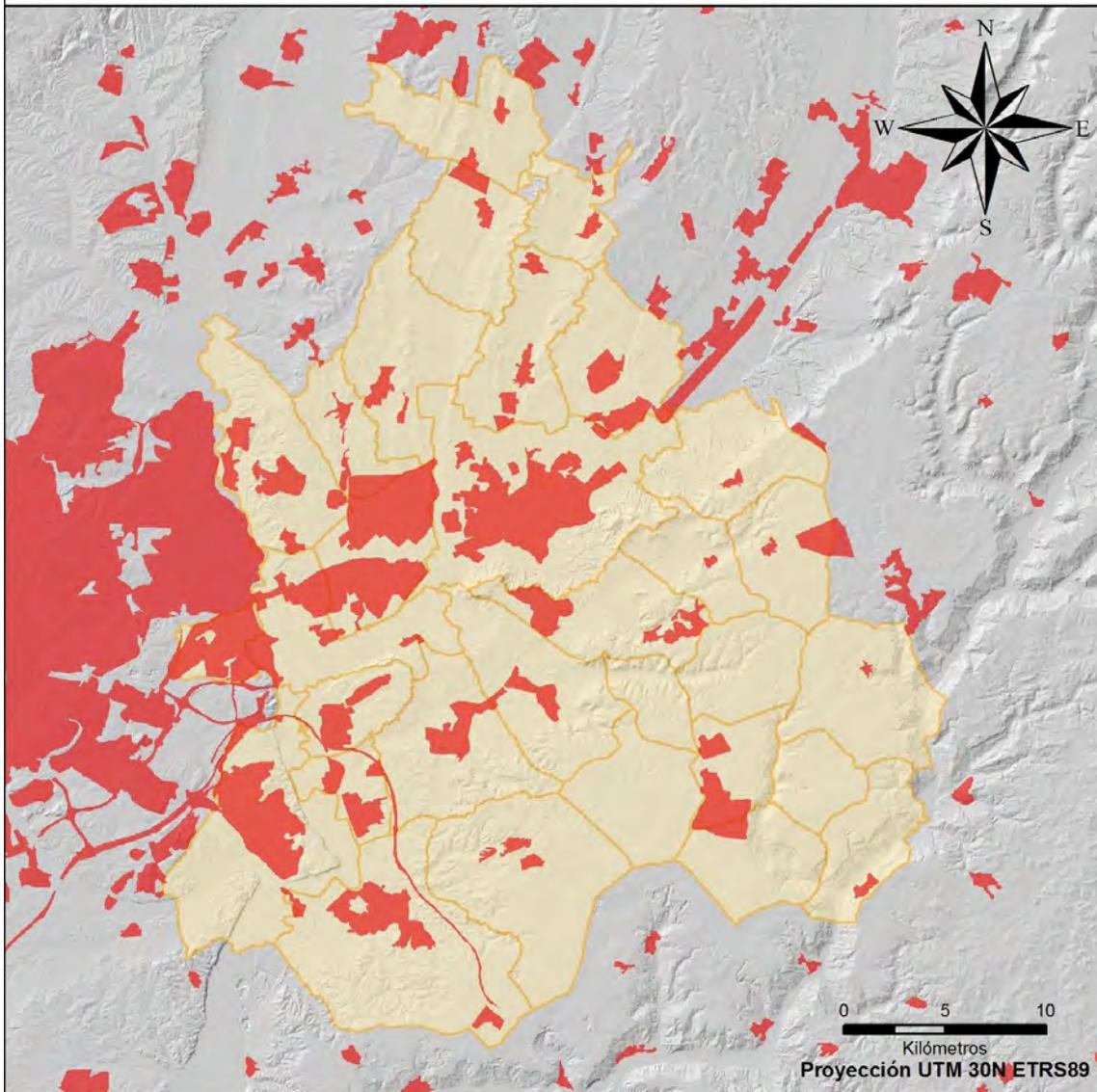
Código	Descripción
111	Tejido urbano continuo
112	Tejido urbano discontinuo
121	Zonas industriales o comerciales
122	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados
124	Aeropuertos
132	Escombreras y vertederos
133	Zonas en construcción

Tabla de tejidos artificiales considerados en el análisis y su respectivo código Corine

3.2.1.13 Fallas

Se han utilizado las fallas reales y supuestas recogidas en el mapa geológico 1:50.000 del IGME. Esta consideración tiene importancia ya que un fenómeno como este podría destruir la instalación y causar daños en el entorno. También está contemplado en apartado de ubicación de *Real Decreto 1481/2001*, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, en «BOE» núm. 25, de 29 de enero de 2002.

Mapa de Restricciones: Tejido artificial

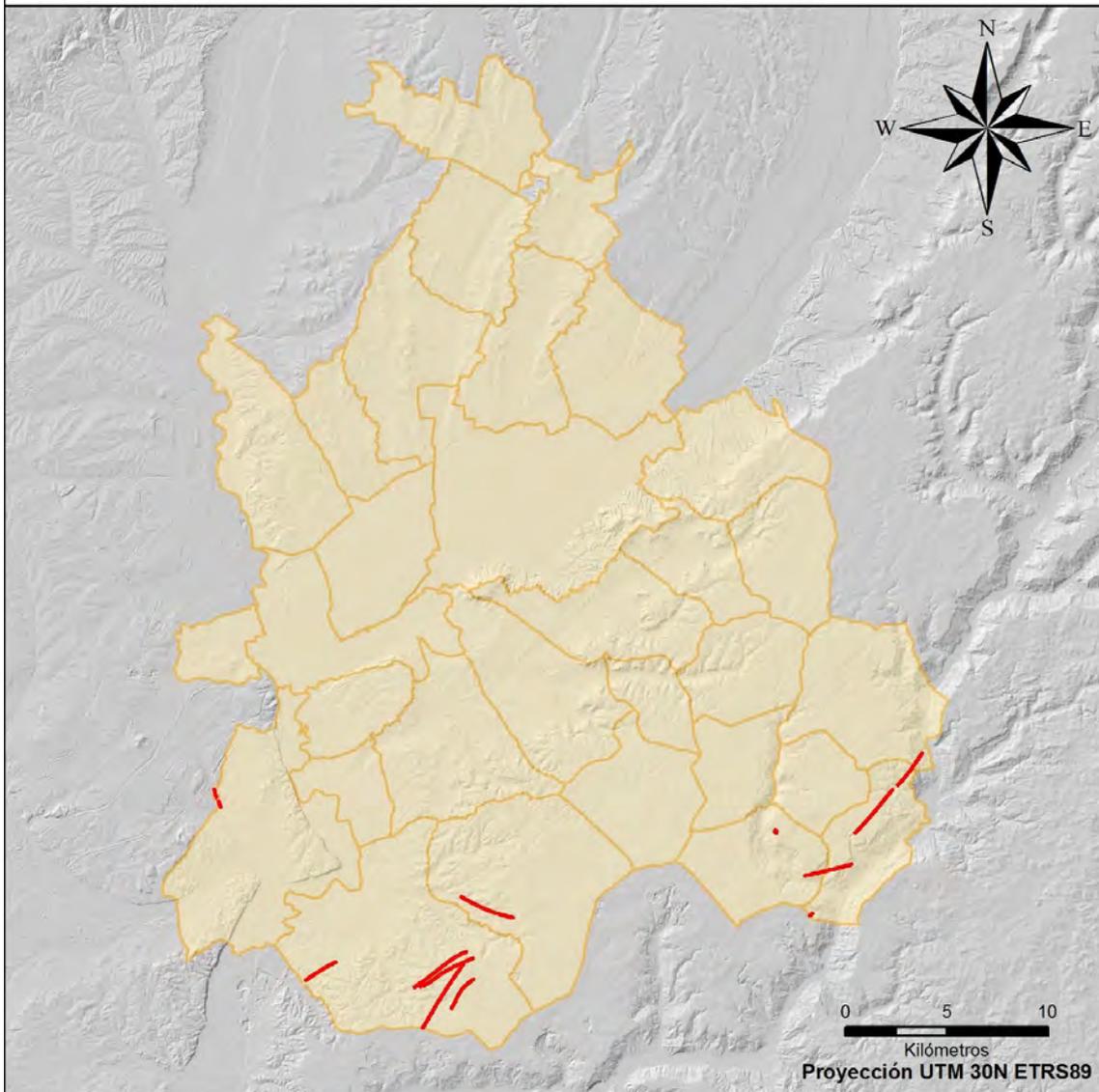


Leyenda

- Restricción tejido artificial
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricción de Tejido artificial. En este se incluye tejido urbano continuo y discontinuo, Zonas industriales y comerciales, Redes viarias y ferroviarias, Aeropuertos, Escombreras y vertederos, y Zonas de Construcción. Elaboración propia a partir de Mapa CORINE LAND COVER 2006.

Mapa de Restricciones: Fallas

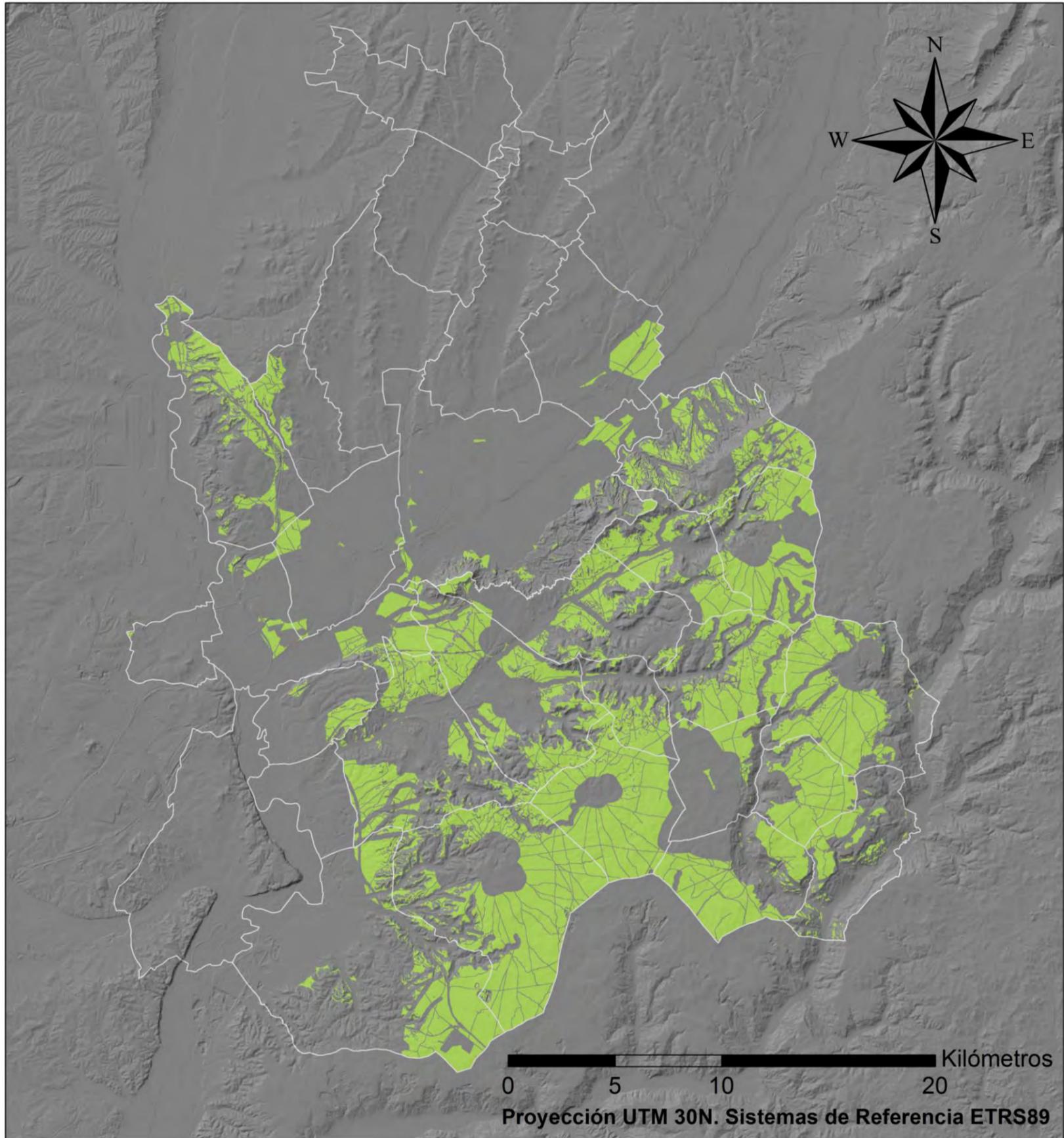


Leyenda

-  Restricción fallas
-  Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricciones de fallas. Esta restricción incluye fallas reales y supuestas. Elaboración propia a partir de Mapa Geológico 1:50.000 del IGME.

MAPA DE RESTRICCIONES Y POSIBLES ZONAS PARA EL EMPLAZAMIENTO



Leyenda

- Restricciones totales
- Posibles zonas aptas para el emplazamiento
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de restricciones totales. Es el resultado de la multiplicación binaria (0,1) de todos los factores restrictivos. Fuera de las zonas en verde no es factible la instalación de la infraestructura. Elaboración propia.

3.2.2 Variables ponderadas

Las variables que se valoran a continuación se caracterizan por tener una ponderación en gradiente que les otorga un grado de importancia ponderado dentro de la Evaluación Multicriterio.

3.2.2.1 Distancia para que el conjunto de la flota de vehículos de recogida llegue a cada punto del territorio por carretera.

Se han considerado los núcleos productores de residuos que están incluidos en la mancomunidad y la red de carreteras, excluyendo vías por las que quizás no puedan discurrir los camiones. El resultado de esta variable es un valor que nos indica cuantos kilómetros debe recorrer la flota de vehículos de la Mancomunidad a cada punto del territorio.

Para la obtención de esta capa se ha partido de los núcleos productores de residuos, la cantidad de residuos producida, y la red de carreteras. A continuación se describen cada una de las fases que se han llevado a cabo para la elaboración de la variable:

1) *Elección de los puntos productores y asignación de residuos producidos:*

En este punto se encuentran la problemática de que solo se cuenta con la producción de residuos a nivel de municipio, y no a nivel de núcleo poblacional; y la problemática de que no todos los núcleos pertenecen únicamente a un municipio. Para hacer un reparto de la generación más equitativo, se han clasificado todos los núcleos o porciones de núcleos dentro de cada municipio. En el caso de aquellas zonas urbanas que están relativamente cerca y pertenecen al mismo municipio se han tratado como un mismo núcleo productor.

En el caso de que estuvieran a una distancia mayor, el siguiente paso fue repartir la producción de residuos entre todos estos polígonos de población. Cuando los núcleos están muy dispersos y sus poblaciones son comparables se ha optado por crear un nuevo punto de producción. Después a este se le ha asignado la producción de residuos proporcional a la población que este alberga. Para eso se ha comprobado en la página web del Instituto Nacional de Estadística el número de personas que corresponde a cada unidad poblacional. En el caso de núcleos muy pequeños en relación con el núcleo principal se han obviado del análisis ya que suponen cambios insignificantes.

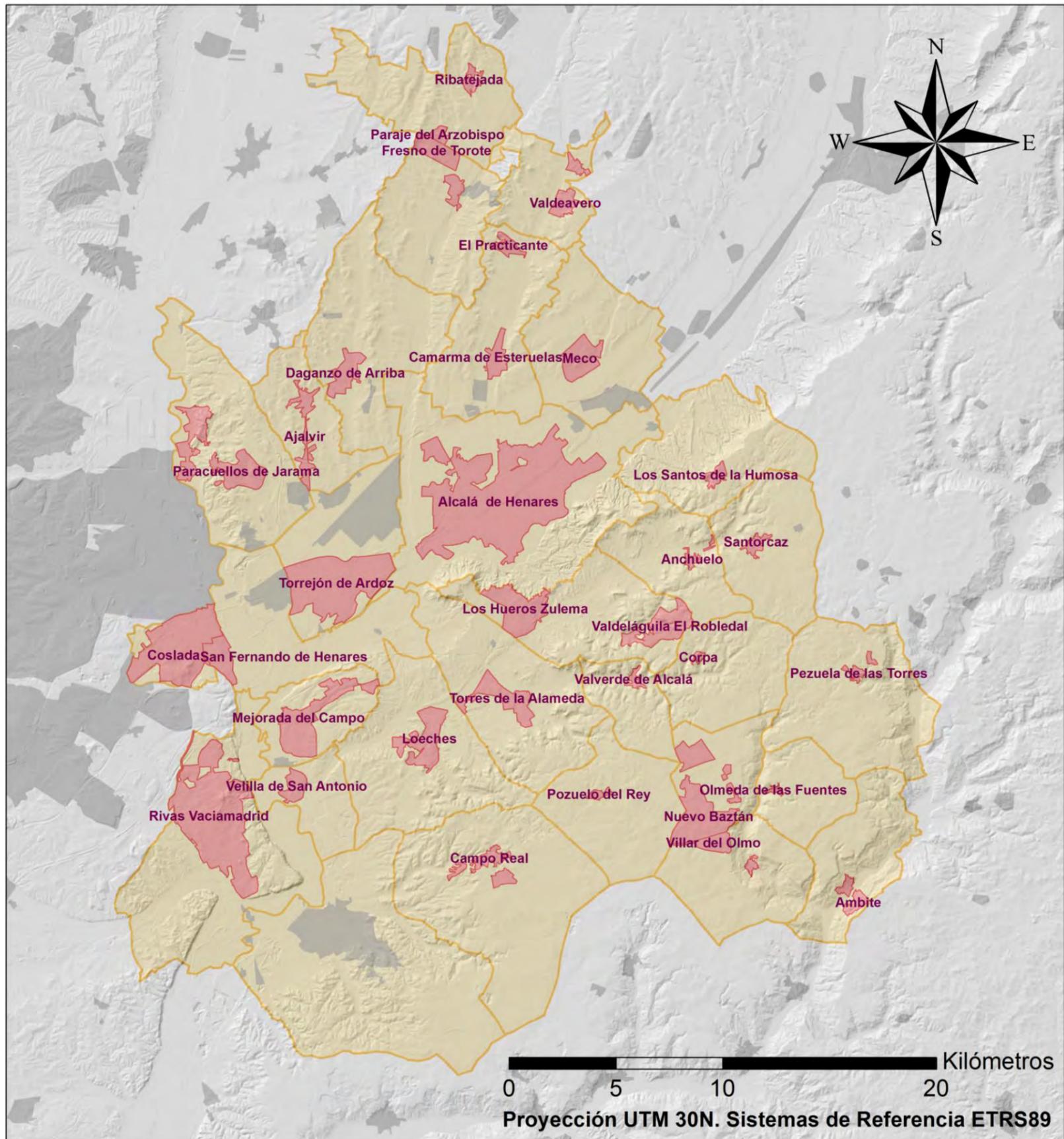
Al no contar con datos del municipio de Arganda del Rey, ya que no vierte actualmente en la instalación, éste no se ha considerado como núcleo productor. De esta manera los 30 municipios que se van a tener en cuenta en el estudio pasarían a tener 33 núcleos generadores de residuos. Esto es debido a que a Ribatejada, a Camarma de las Esteruelas y a Villalbilla se les asigna 2 núcleos a cada uno. A continuación se muestran los municipios con sus núcleos productores y las toneladas de residuos urbanos y voluminosos que han producido en 2015.

Estudio de optimización sobre la ubicación idónea de la instalación de tratamiento y gestión de residuos sólidos urbanos de la Mancomunidad del Este

Municipio	Núcleos productores	Toneladas de residuos
Ajalvir	Ajalvir	1961,46
Alcalá de Henares	Alcalá de Henares	58009,62
Ambite	Ambite	448,36
Anchuelo	Anchuelo	385,78
Camarma de Esteruelas	Camarma de Esteruelas	2659,67
	El Practicante	98,72
Campo Real	Campo Real	1824,58
Corpa	Corpa	306,61
Coslada	Coslada	25130,8
Daganzo de Arriba	Daganzo de Arriba	3436,52
Fresno de Torote	Fresno de Torote	1713,74
Loeches	Loeches	3224,42
Meco	Meco	4126,84
Mejorada del Campo	Mejorada del Campo	9245,28
Nuevo Baztán	Nuevo Baztán	3262,08
Olmeda de las Fuentes	Olmeda de las Fuentes	140,49
Paracuellos de Jarama	Paracuellos de Jarama	6999,56
Pezuela de las Torres	Pezuela de las Torres	371,09
Pozuelo del Rey	Pozuelo del Rey	409,48
Ribatejada	Ribatejada	378,69
	Paraje del Arzobispo	67,78
Rivas-Vaciamadrid	Rivas-Vaciamadrid	25793,6
San Fernando de Henares	San Fernando de Henares	12883,96
Santorcaz	Santorcaz	264,99
Los Santos de la Humosa	Los Santos de la Humosa	1086,6
Torrejón de Ardoz	Torrejón de Ardoz	33905,2
Torres de la Alameda	Torres de la Alameda	2931,02
Valdeavero	Valdeavero	770,76
Valverde de Alcalá	Valverde de Alcalá	205,12
Velilla de San Antonio	Velilla de San Antonio	4148,46
Villalbilla	Villalbilla y Valdeláguila - El Robledal	3271,34
	Los Hueros - Zulema	2271,09
Villar del Olmo	Villar del Olmo	864,4

Tabla Memoria anual de residuos 2015. Fuente: Mancomunidad del Este y elaboración propia

MAPA DE NÚCLEOS PRODUCTORES DE RESIDUOS



Leyenda

- Núcleos productores de residuos
- Núcleos urbanos
- Municipios de la Mancomunidad

Mapa de núcleos productores de residuos. Se han establecido 33 núcleos generadores de residuos en toda la Mancomunidad.

2) *Asignación de camiones por núcleo generador de residuos:*

La cantidad de camiones que tiene cada municipio no está disponible en las memorias, pero sí se cuenta con datos de cantidades de residuos y camiones empleados que entraron en el actual vertedero cada día. Con esto se estima la carga media que tiene el camión, y con ésta a continuación se calcula el número de camiones que requiere cada núcleo productor en función de los residuos generados. Para estimar la carga media de cada camión se han utilizado los datos de las memorias de Enero de 2016 y de Julio de 2015 que son dos meses que representan fielmente las distintas caracterizaciones anuales de los residuos .

Día	ene-16			jul-15		
	Toneladas	Camiones	Tonelada/camión	Toneladas	Camiones	Tonelada/camión
1	133,58	27	4,95	820,6	170	4,83
2	963,12	149	6,46	783,84	169	4,64
3	308,42	70	4,41	941,12	180	5,23
4	973,84	193	5,05	632,38	119	5,31
5	939,54	184	5,11	407,88	69	5,91
6	426,74	76	5,62	990,68	206	4,81
7	968,22	194	4,99	811,86	171	4,75
8	1037,68	208	4,99	822,06	188	4,37
9	722,9	133	5,44	841,12	178	4,73
10	448,32	76	5,90	778,84	169	4,61
11	1022,5	192	5,33	621,22	113	5,50
12	848,6	183	4,64	400,24	67	5,97
13	1061,8	204	5,20	952,72	178	5,35
14	909,606	179	5,08	516,44	169	3,06
15	900,94	190	4,74	876,34	162	5,41
16	718,58	127	5,66	822,8	170	4,84
17	453,5	79	5,74	781,6	164	4,77
18	966,94	186	5,20	591,44	112	5,28
19	907,78	191	4,75	404,04	61	6,62
20	874,2	183	4,78	889,24	173	5,14
21	788,88	176	4,48	765,06	173	4,42
22	838,54	183	4,58	817,76	176	4,65
23	673,12	137	4,91	795,46	164	4,85
24	423,78	71	5,97	804,96	174	4,63
25	987,6	182	5,43	635,5	122	5,21
26	806,62	172	4,69	361,38	63	5,74
27	856,34	175	4,89	833,96	164	5,09
28	782,32	174	4,50	773,24	170	4,55
29	832,66	180	4,63	812,08	178	4,56
30	623,46	119	5,24	744,22	168	4,43
31	438,76	74	5,93	768,24	164	4,68
		Promedio	5,14			4,97

Tabla de Toneladas y camiones registrados en el actual vertedero de Alcalá de Henares. Fuente: Mancomunidad del Este y elaboración propia

El promedio del conjunto de camiones de la mancomunidad es de **5.05 toneladas** por cada carga. Una vez se ha calculado este valor se divide la cantidad de residuos producidos en 2015 en cada núcleo generador por esta carga y se obtienen el número de camiones que se requieren en cada núcleo productor. Éste es un valor estimativo ya que algunas de las rutas son compartidas y en otras el transporte real es inferior a la carga media de la mancomunidad. En todo caso estos errores son poco significativos ya que sólo pueden afectar ligeramente al cálculo final.

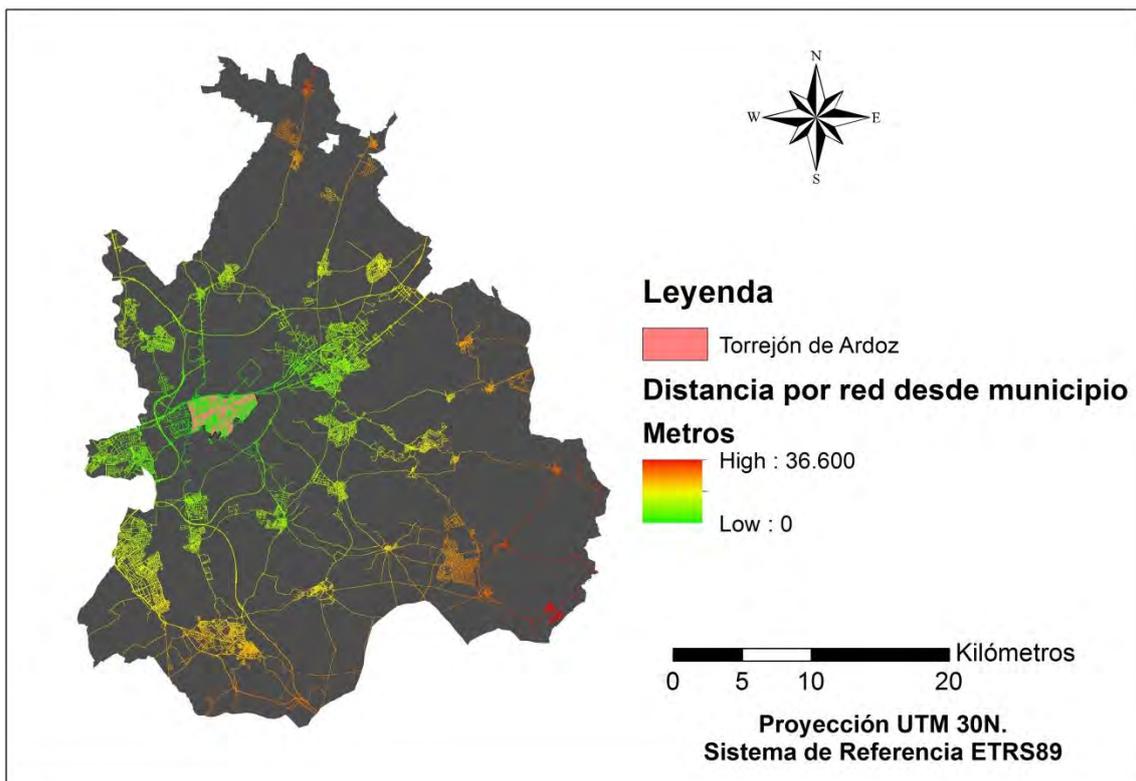
Municipio	Núcleos productores	Toneladas de residuos
Ajalvir	Ajalvir	1961,46
Alcalá de Henares	Alcalá de Henares	58009,62
Ambite	Ambite	448,36
Anchuelo	Anchuelo	385,78
Camarma de Esteruelas	Camarma de Esteruelas	2659,67
	El Practicante	98,72
Campo Real	Campo Real	1824,58
Corpa	Corpa	306,61
Coslada	Coslada	25130,8
Daganzo de Arriba	Daganzo de Arriba	3436,52
Fresno de Torote	Fresno de Torote	1713,74
Loeches	Loeches	3224,42
Meco	Meco	4126,84
Mejorada del Campo	Mejorada del Campo	9245,28
Nuevo Baztán	Nuevo Baztán	3262,08
Olmeda de las Fuentes	Olmeda de las Fuentes	140,49
Paracuellos de Jarama	Paracuellos de Jarama	6999,56
Pezuela de las Torres	Pezuela de las Torres	371,09
Pozuelo del Rey	Pozuelo del Rey	409,48
Ribatejada	Ribatejada	378,69
	Paraje del Arzobispo	67,78
Rivas-Vaciamadrid	Rivas-Vaciamadrid	25793,6
San Fernando de Henares	San Fernando de Henares	12883,96
Santorcaz	Santorcaz	264,99
Los Santos de la Humosa	Los Santos de la Humosa	1086,6
Torrejón de Ardoz	Torrejón de Ardoz	33905,2
Torres de la Alameda	Torres de la Alameda	2931,02
Valdeavero	Valdeavero	770,76
Valverde de Alcalá	Valverde de Alcalá	205,12
Velilla de San Antonio	Velilla de San Antonio	4148,46
Villalbilla	Villalbilla y Valdeláguila - El Robledal	3271,34
	Los Hueros - Zulema	2271,09
Villar del Olmo	Villar del Olmo	864,4

Tabla de núcleos productores y toneladas de residuos anuales. Fuente: Mancomunidad del Este y elaboración propia

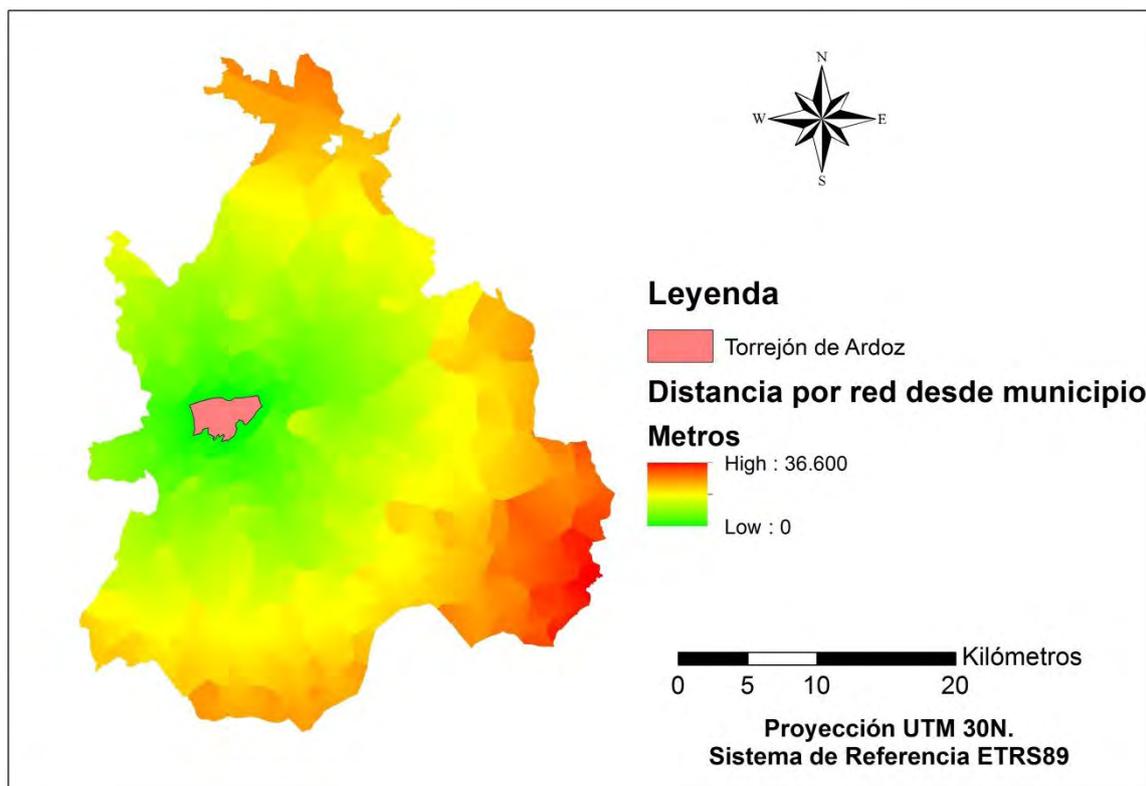
- 3) *Modificación de la red viaria:* Para calcular la distancia, ésta ha de ser considerada a través de la red viaria, ya que este es el medio de transporte para los residuos. Para incorporarla a nuestro análisis hemos empleado la red del proyecto Cartociudad y después hemos seleccionado las vías aptas para la circulación de los camiones. Esto ha implicado la no consideración de vías como las Sendas, caminos o carril bici. También se ha aplicado un análisis de redes para comprobar que la red está bien conectada y se

han digitalizado específicamente para el proyecto tramos que no estaban actualizados o que tenían errores.

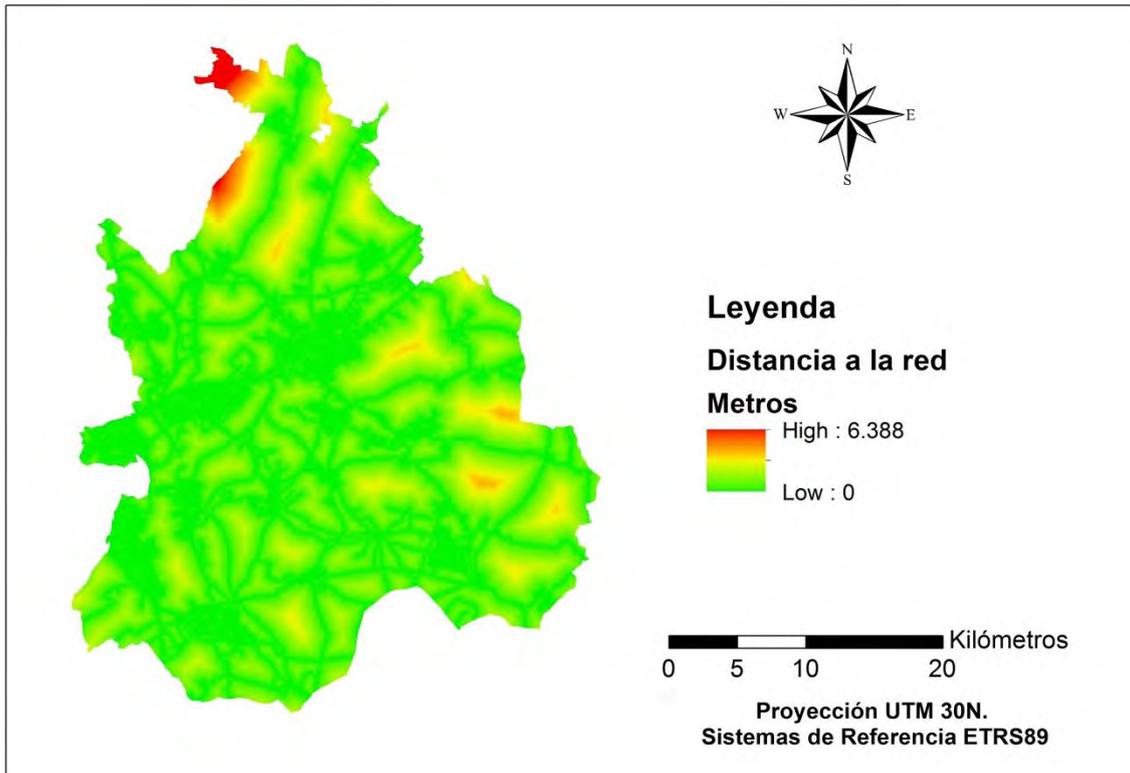
- 4) *Generación de rasters.* Se ha calculado la distancia a cada punto de la red desde el punto productor y se ha asignado esta distancia a los puntos más cercanos fuera de la red. Después, se ha calculado la distancia desde cualquier punto a la red. Posteriormente, ambas capas se suman y se tiene la distancia de cada núcleo productor a todos los puntos de la Mancomunidad.
- 5) *Cálculo ponderado de la distancia recorrida por los camiones de cada núcleo.* Una vez obtenida la distancia de cada punto de la Mancomunidad a un núcleo productor, se multiplica por el número de camiones del municipio, dato calculado anteriormente. De esta manera, se obtiene la distancia que recorren todos los camiones durante un año para cada píxel del raster. Después, esta capa se multiplica por 2, ya que el viaje requiere ida y vuelta, dando así finalmente la capa deseada, es decir la distancia que tendrían que recorrer los camiones a cada punto de la Mancomunidad si la instalación estuviera en ese punto.
- 6) *Distancia ponderada de todos los puntos de la Mancomunidad.* Por último, se suman los valores con origen en cada núcleo productor y de esta manera obtenemos la distancia global que tendrían que recorrer todos los camiones de la mancomunidad calculada para todos los puntos del territorio. Es decir, tendremos una estimación, en kilómetros, de la distancia que deberían recorrer el conjunto de vehículos de la Mancomunidad para cada todos y cada uno de los puntos (píxeles) de todo el territorio de la Mancomunidad. De esta manera, se puede saber cuantos kilómetros tendría que recorrer la flota de vehículos de la Mancomunidad hasta cualquier punto del territorio si la instalación estuviera ubicada en el mismo.
- 7) *Normalización de la variable:*
La capa generada nos proporciona información en sí misma, pero para poder incorporarla en nuestro análisis Multicriterio debemos someterla a una normalización. Esta ha sido normalizada de forma lineal inversa de tal forma que los valores más aptos son los que menor valor de distancia tienen.



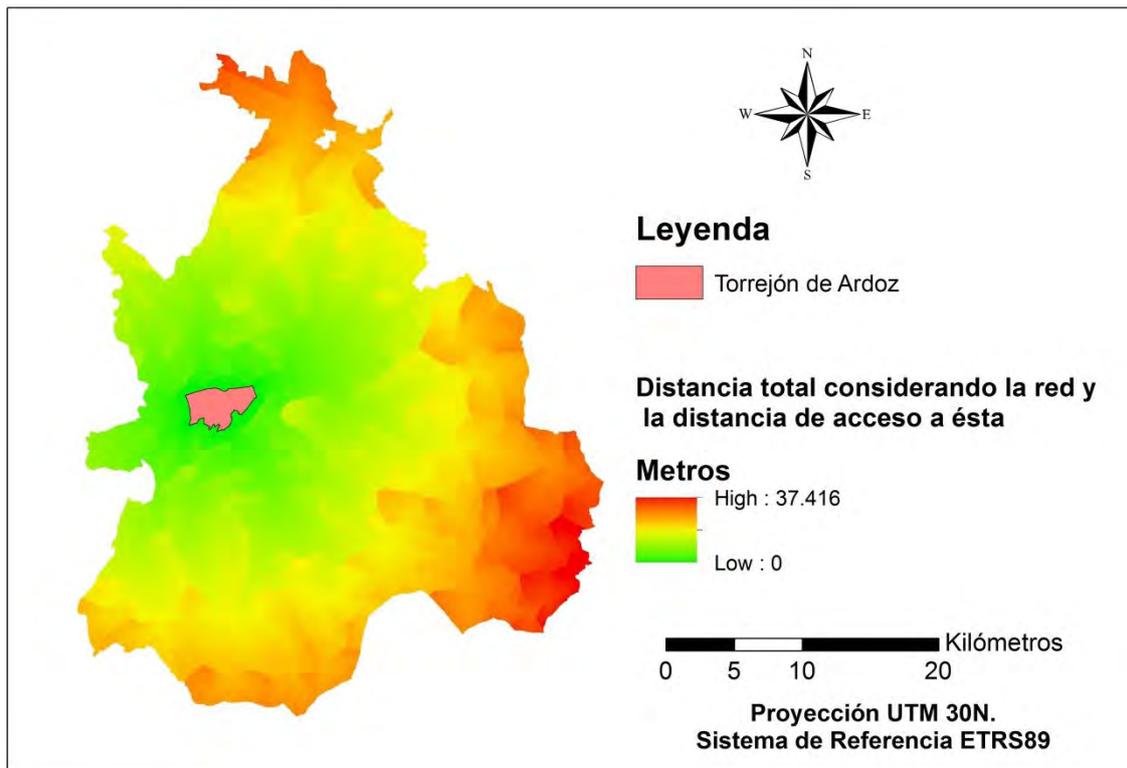
Ejemplo del mapa de distancia por red para el caso de Torrejón de Ardoz. Este cálculo se ha realizado para todos los núcleos productores.



Ejemplo del mapa de asignación de la distancia por red a Torrejón de Ardoz para el resto del territorio. . Este cálculo se ha realizado para todos los núcleos productores.

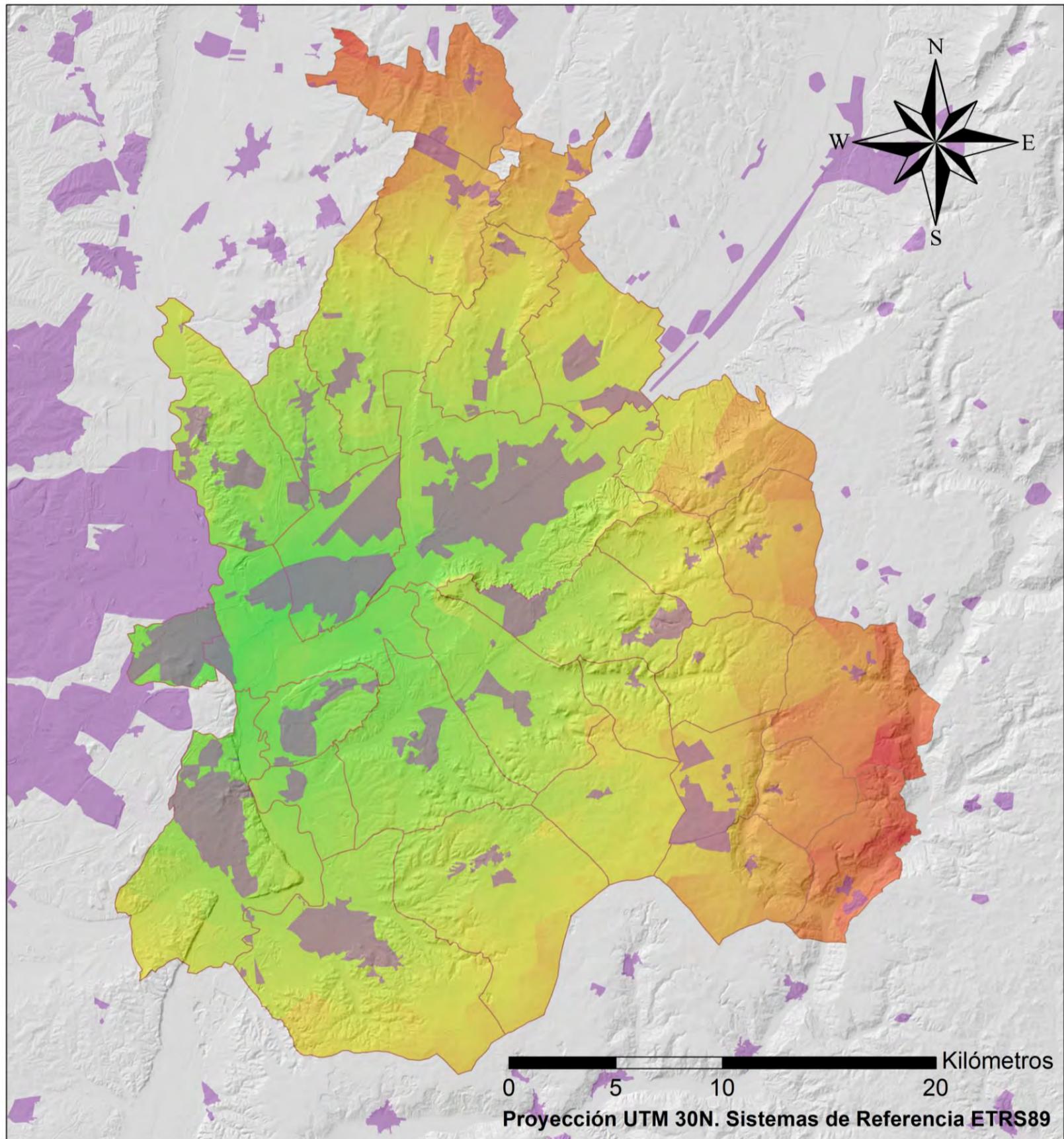


Mapa de distancia de todos los puntos a la red de carretera.



Ejemplo de mapa de distancia total considerando la red y la distancia de acceso a ésta (Suma de ambos).Ejemplo para Torrejón de Ardoz.

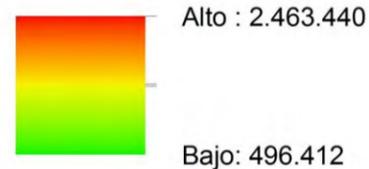
MAPA DE DISTANCIA RECORRIDA POR EL TOTAL DE CAMIONES



Leyenda

-  Núcleos urbanos
-  Municipios de la Mancomunidad

Distancia recorrida por total de camiones (Km)



Mapa de distancia que deberían recorrer todos los camiones de la flota de recogida de residuos de la Mancomunidad, incluyendo ida y vuelta, para cada uno de los puntos del territorio si la instalación estuviera en ellos..Se ha considerado cada uno de los puntos generadores y el número de camiones de cada uno de estos. Variable sin normalizar. Elaboración propia a partir de red viaria de Cartociudad, datos de generación de residuos de la Mancomunidad este y núcleos de población de Nomenclátor Oficial de la Comunidad de Madrid Nomecalles. El rango va desde los 496.000 Km/año de las zonas que requieren menos desplazamiento de la flota hasta los 2.463.00 km/año de los puntos donde el desplazamiento de la flota sería máximo.

3.2.2.2 Distancia a núcleos de población

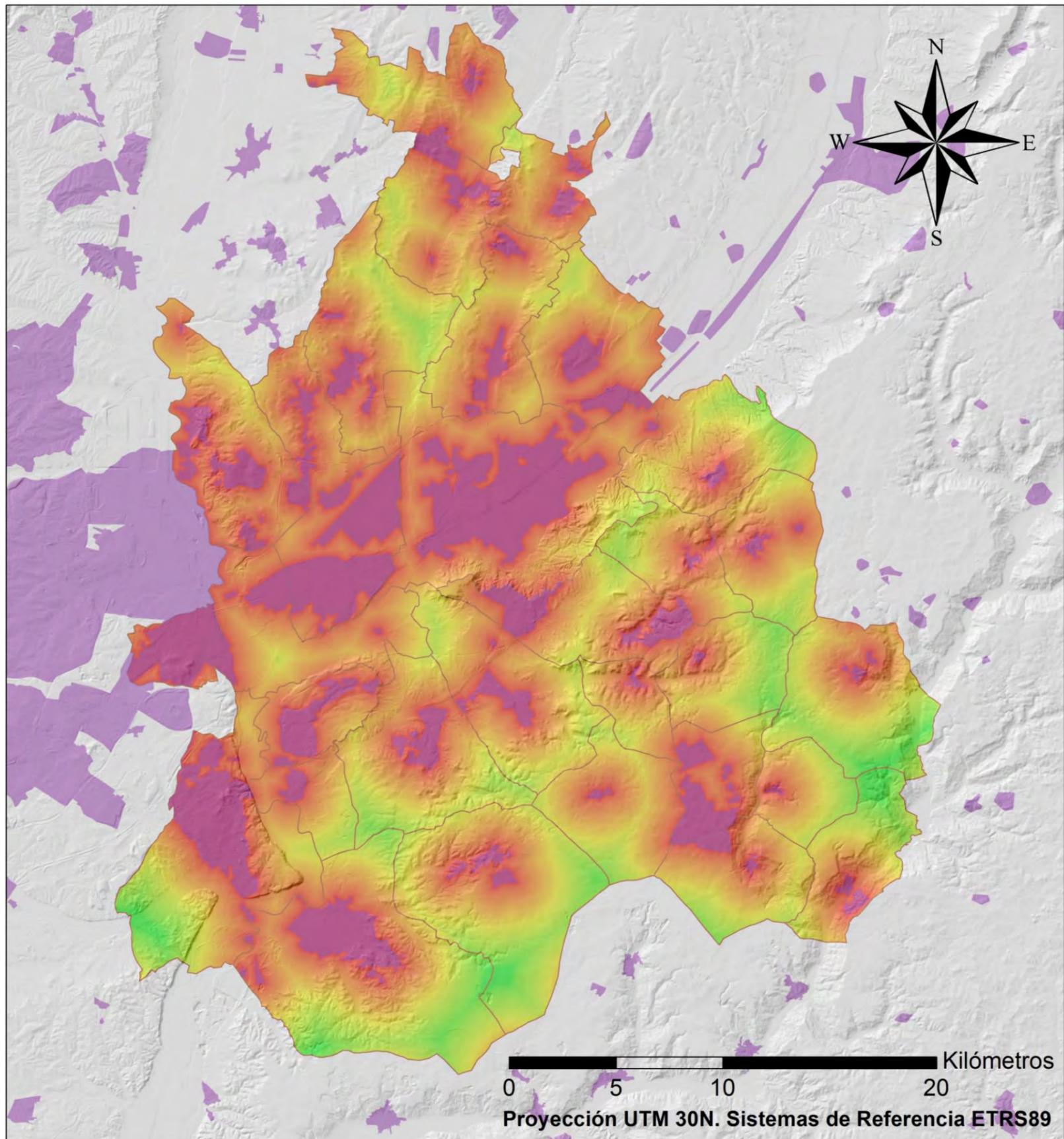
Esta planta gestora de residuos debe cumplir a la vez dos condiciones, estar cerca la generación de residuos y estar lo más alejada de los núcleos de población para evitar posibles molestias. En este caso, anteriormente ya se ha aplicado una restricción de 500m para evitar la instalación en zonas cercanas a los núcleos. Además se añade una variable ponderada para favorecer los puntos que estén más alejados de los núcleos urbanos. Para la generación de ésta capa se han considerado todos los núcleos de población cercanos, estén o no dentro de la Mancomunidad, y de los núcleos vecinos de Castilla la Mancha. Después se ha calculado la distancia Euclídea a todos ellos (Véase mapa de distancia a núcleos urbanos). Por último, la capa generada ha sido normalizada de tal manera que las zonas más alejadas de las poblaciones sean las más aptas para la ubicación del emplazamiento.

3.2.2.3 Distancia a zonas sensibles

Se ha calculado la distancia Euclídea a aquellas ubicaciones que están fuera de los núcleos urbanos y que por lo tanto no están incluidas en los análisis anteriores. La función que se ha empleado para la normalización es de tipo directa, ya que a mayor distancia mayor nivel de aptitud para la localización de la planta.

Las instalaciones consideradas zonas sensibles que están fuera de los núcleos de población son las mismas que se han incluido en la restricción de Zonas sensibles

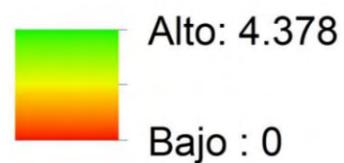
MAPA DE DISTANCIA A NÚCLEOS URBANOS



Leyenda

-  Núcleos urbanos
-  Municipios de la Mancomunidad

Distancia a núcleos de población (m)



Mapa de distancias a los núcleos de población de la mancomunidad este, de los municipios vecinos de Madrid y de Comunidad de Castilla La Mancha. Dentro de nuestro análisis las zonas más aptas serán las más alejadas de éstos. Variable sin normalizar. Elaboración propia a partir de la capa de núcleos de población de Nomecalles.

3.2.2.4 Edafología:

Para la evaluación de los suelos se ha utilizado el mapa Edafológico 1:100.000, del año 2000, disponible en página de la comunidad de Madrid. La razón por la que se ha valorado esta variable es porque no todos los suelos son igual de fértiles o productivos. De esta manera el objetivo de esta consideración es que el territorio sufra la menor pérdida posible de aquellas superficies más fértiles para el cultivo. Teniendo en cuenta los datos disponibles de la capa, se ha realizado una valoración a nivel de grupo. A aquellas clases que son una combinación de dos grupos, se las ha asignado la media aritmética de la valoración de los grupos que las componen. Los grupos de suelos que tenemos la mancomunidad en sus dos nomenclaturas son:

Nomenclatura Americana Soil taxonomy 1998	Nomenclatura FAO
Xerofluvent	Fluvisol
Haploxerepts	Cambisol
Haploxeralf	Luvisol órtico, cálcico o álbico
Palexeralfs	Luvisol órtico o gleico
Rhodoxeralf	Luvisol crómico
Calcixerepts	Calcisol
Xeropsammets	Arenosol
Xerorthents	Regosol

Tabla comparativa de los suelos en las dos nomenclaturas

La puntuación de las categorías se ha basado en la descripción de los suelos que proporciona la FAO:

- **Fluvisoles:** se trata de suelos azonales genéticamente jóvenes, en depósitos aluviales. El nombre Fluvisoles puede ser confuso en el sentido de que estos suelos no están confinados sólo a los sedimentos de ríos, también pueden ocurrir en depósitos lacustres y marinos. Son suelos muy fértiles que han sido usados históricamente desde hace muchos años cuando la mayoría de asentamientos se producían en las inmediaciones de los grandes ríos.
- **Cambisoles:** son suelos que contienen por lo menos un horizonte subsuperficial incipiente. Pueden derivar de un amplio rango de rocas. Constituyen buenas tierras agrícolas y se usan intensivamente. Los Cambisoles con alta saturación en bases están entre los suelos más productivos de la tierra; mientras que los más ácidos, que son menos fértiles, se usan para agricultura mixta, tierras de pastoreo o forestales.
- **Luvisoles:** son suelos que tienen mayor contenido en arcilla en el subsuelo que en la superficie, el llamado horizonte árgico. Poseen arcillas de alta actividad en todo este horizonte y alta saturación con bases a ciertas profundidades. La mayoría de los Luvisoles son suelos fértiles y apropiados para un rango amplio de cultivos.
 - ✓ Luvisol cálcico: suelo con un contenido alto o muy alto de calcio.
 - ✓ Luvisol álbico: que tiene un horizonte álbico que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.
 - ✓ Luvisol gleico: con un subsuelo de varios colores. Esta propiedad es posiblemente causada por la inundación del suelo en alguna parte de la mayoría de los años.

- ✓ Luvisol crómico: cuando está húmedo es de color pardo oscuro a rojo poco intenso (rojizo)
- ✓ Luvisol órtico: Luvisol sin otra característica especial.
- **Calcisol:** son suelos en los cuales hay una acumulación importante de carbonato cálcico. Suelen estar bajo arbustos, pastos y hierbas que se usan para pastoreo extensivo. Los calcisoles alcanzan su máxima capacidad productiva sólo cuando son regados.
- **Arenosol:** se trata de suelos arenosos, que incluyen tanto suelos desarrollados en arenas residuales después de la meteorización in situ de sedimento o rocas ricas en cuarzo, y suelos desarrollados en arenas recién depositadas tales como dunas en desiertos y tierras de playas. Se localizan en distintos ambientes y dependiendo de estos varían sus posibilidades para emplearlos en agricultura. Por lo general se caracterizan por su alta permeabilidad y baja capacidad de almacenar agua y nutrientes.
- **Regosol:** tienen características que no se corresponden a ningún otro grupo de suelos. En la práctica son suelos minerales desarrollados muy débilmente en materiales no consolidados que no tienen un horizonte mólico (alta saturación en bases y medio o alto contenido en materia orgánica), no son muy someros, ni muy ricos en gravas (Leptosoles), ni arenosos (Arenosoles), ni con materiales flúvicos (Fluvisoles). Tienen mínimo significado agrícola, debido a su baja capacidad de retención de humedad. Lo que les obliga a someterse a prácticas de riego si no se trata de una región húmeda.

La valoración que se ha hecho de los grupos de suelos de la capa es la siguiente:

(Para aquellos que son mezcla de dos tipos de suelos se ha establecido un valor medio de los valores de estos)

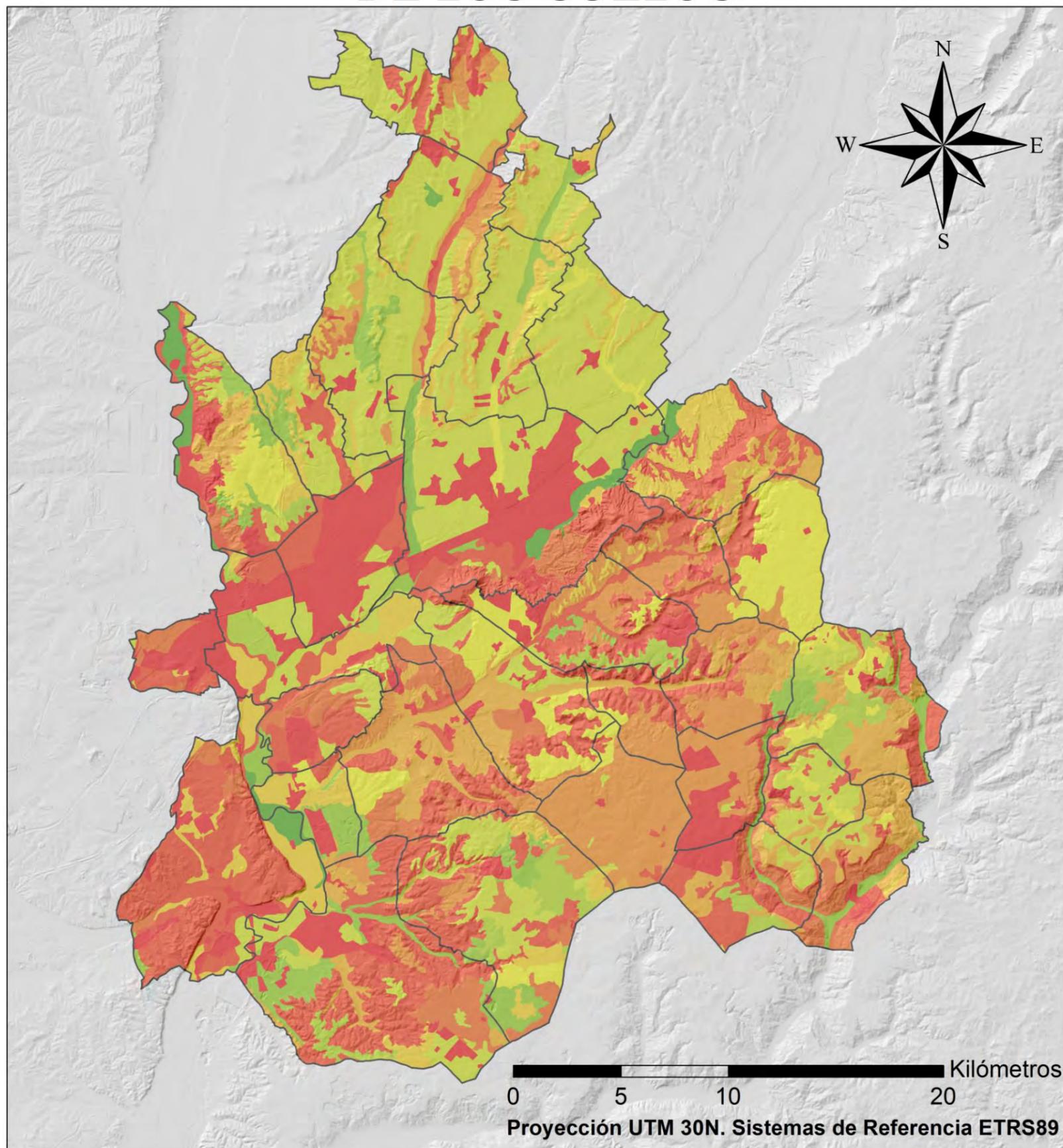
Tipo de suelo	Valor sobre 10
Xerofluvents	10
Xerofluvents/Haploxerepts	9
Haploxeralfs/Xerofluvents	8,5
Haploxerepts	8
Xerofluvents/Calcixerepts	8
Haploxeralfs/Haploxerepts	7,5
Haploxerepts/Rhodoxeralfs	7,5
Palexeralfs/Haploxerepts	7,5
Calcixerepts/Haploxerepts	7
Haploxeralfs	7
Haploxerepts/Calcixerepts	7
Palexeralfs/Calcixerepts	7
Rhodoxeralfs	7
Calcixerepts/Haploxeralfs	6,5
Calcixerepts/Palexeralfs	6,5
Calcixerepts/Rhodoxeralfs	6,5
Haploxeralfs/Calcixerepts	6,5
Rhodoxeralfs/Calcixerepts	6,5
Calcixerepts	6
Xerofluvents/Xerorthents	6

Tipo de suelo	Valor sobre 10
Xerorthents/Xerofluvents	6
Haploxerepts/Xerorthents	5
Xerorthents/Haploxerepts	5
Haploxeralfs/Xerorthents	4,5
Rhodoxeralfs/Xerorthents	4,5
Xerorthents/Haploxeralfs	4,5
Xerorthents/Palexeralfs	4,5
Calcixerepts/Xerorthents	4
Xeropsamments	4
Xerorthents/Calcixerepts	4
Xerorthents	2
CANTERAS	0
URBANO	0

Valoración de los suelos en una escala de 0 a 10

Para establecer los niveles de aptitud se aplica una función de tipo inversa. Así se asigna el máximo nivel de aptitud para la instalación a aquellos suelos con menor valor productivo o menos desarrollado

MAPA DE PRODUCTIVIDAD O FERTILIDAD DE LOS SUELOS



Leyenda

□ Municipios de la Mancomunidad

Productividad o fertilidad del suelo



Mapa que representa la productividad o fertilidad de los suelos. Variable sin normalizar. Elaboración propia a partir del Mapa Edafológico 1:100.000 del año 2.000 de la comunidad de Madrid.

3.2.2.5 Geología

Para la representación de dicha variable se ha utilizado el mapa geológico de España a escala 1:50.000 y como apoyo el mapa de permeabilidad 1:200.000 del IGME. La valoración que se ha llevado a cabo en esta capa ha sido en base principalmente a la porosidad y permeabilidad de los materiales, utilizando como fuente auxiliar la información del Mapa de Permeabilidad del servicio WMS también del IGME. Los principales sustratos geológicos, el nivel de aptitud y la valoración asignada es la siguiente:

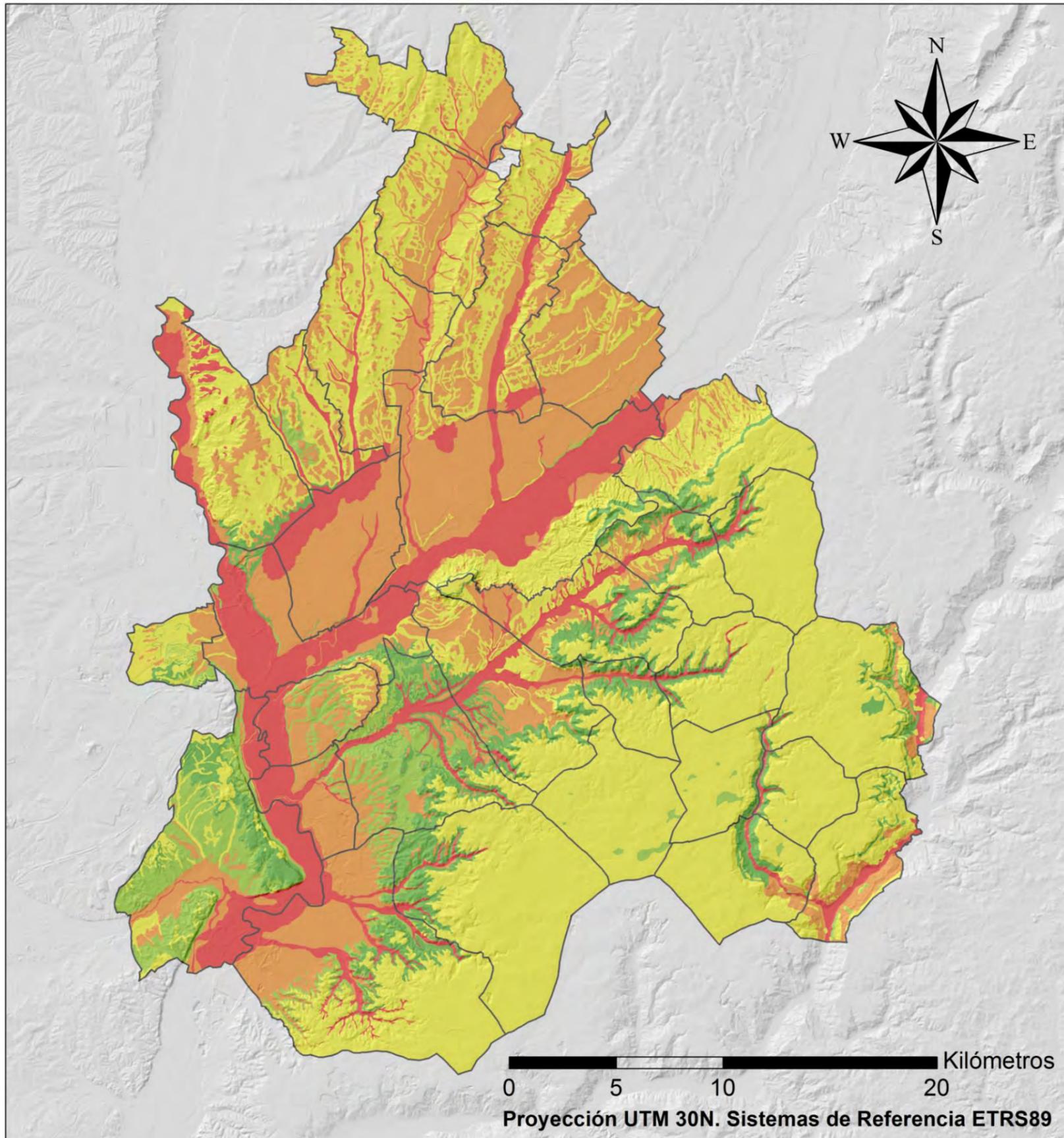
Sustrato geológico	Aptitud	Valoración
Arcillas	Muy alta	5
Limos y arcillas	Alta	4
Lutitas		
Yesos	Media	3
Arcillas y arenas		
Arcosas y litarcosas		
Areniscas y conglomerados		
Calizas		
Margas	Baja	2
Dolomías		
Cantos, gravas, arenas, limos y arcillas *	Muy baja	1

Tabla de valoración de las clases geológicas.

* Aquellas zonas de Cantos, gravas, arenas, limos y arcillas que están cerca de los actuales cauces se les ha asignado un valor de permeabilidad más alto y por lo tanto una adecuación más baja.

La normalización del factor se ha llevado a cabo con una función de tipo directa, ya que cuanto más impermeable sea el material existe menos riesgo de que se filtren lixiviados en los mantos acuíferos. No obstante, ya que estas instalaciones, por normativa, tienen que llevar una capa de impermeabilización las características geológicas no son una restricción sino una variable ponderada.

MAPA DE APTITUD EN FUNCIÓN DE LA PERMEABILIDAD DEL SUSTRATO



Leyenda

 Municipios de la Mancomunidad

Niveles de aptitud en función de la permeabilidad del sustrato

-  1 Muy baja
-  2 Baja
-  3 Media
-  4 Alta
-  5 Muy alta

Mapa de aptitud del territorio en función del sustrato geológico. Para la elaboración de este se han reclasificado los valores de las distintas hojas que componen el territorio y después se han valorado en base a la permeabilidad del sustrato. Variable sin normalizar. Elaboración propia a partir de datos del IGME.

3.2.2.6 Vegetación

Para la evaluación de la cobertura vegetal se ha utilizado el Mapa Digital Continuo de Vegetación de la Comunidad de Madrid de 2006, a escala 1: 25.000. Los criterios utilizados para la valoración pretenden conservar aquellas formaciones vegetales más desarrolladas o más próximas a la vegetación clímax, y otorgar preferencia a aquellas que son naturales. De esta manera las superficies vegetales con sus valores quedarían así:

Cobertura Vegetal	Valor Natural
Zonas artificiales	0
Láminas y cursos de agua	0
Cultivos	2
Viñedos, olivares y otros frutales	3
Plantaciones de frondosas y coníferas	5
Vegetación herbácea	6
Vegetación de matorral	7
Vegetación arbórea de coníferas	8
Mezcla de vegetación arbórea de coníferas y frondosas	9
Vegetación arbórea de frondosas	10

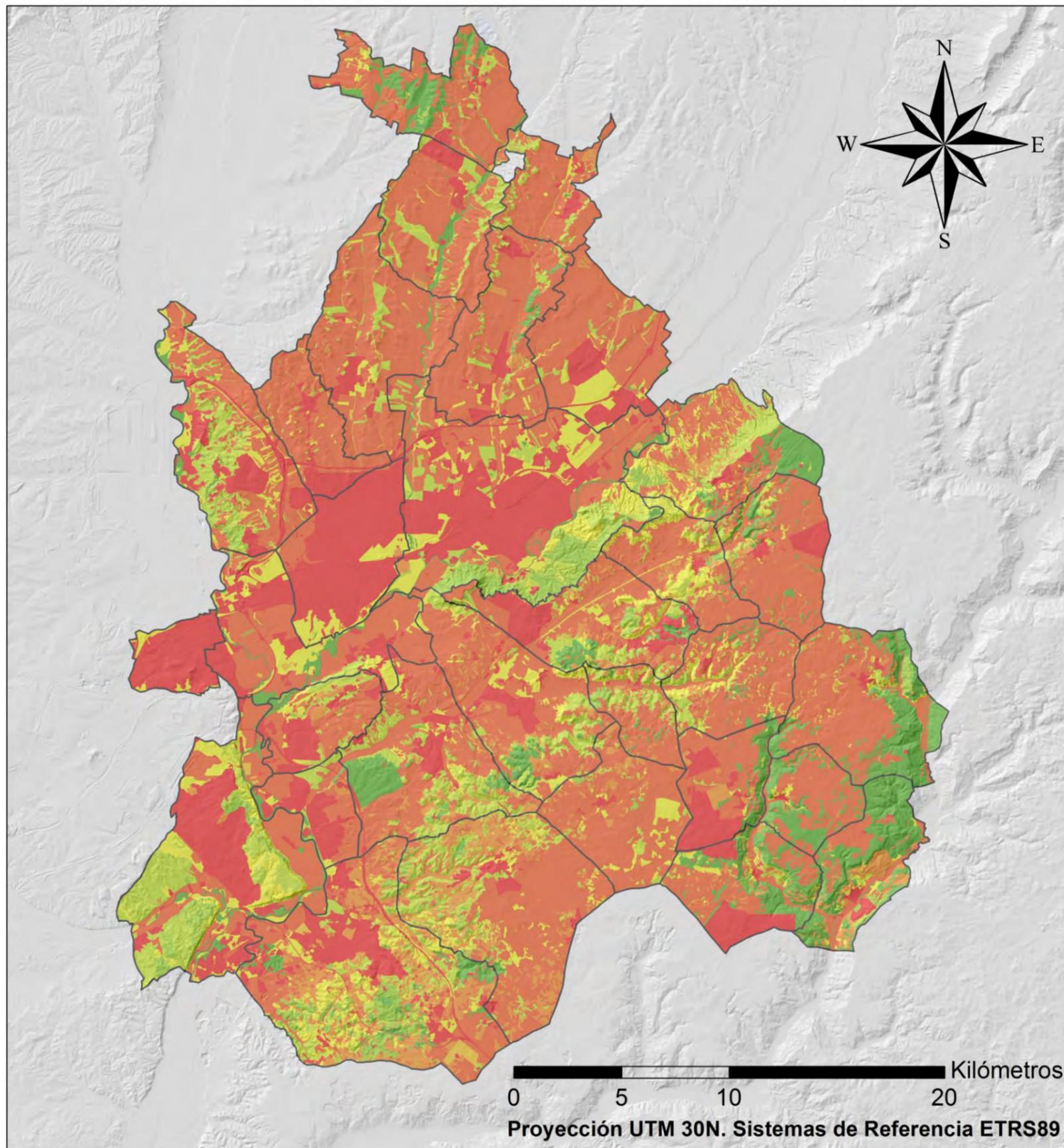
Tabla de valoración de las coberturas vegetales. Escala de 0 a 10.

A la hora de normalizar el factor se otorga el valor máximo de aptitud a aquellas zonas con mínimo valor natural, por lo tanto debemos aplicar una función inversa. De esta manera se pretende conservar aquellas zonas con formaciones vegetales más maduras. Hay que resaltar que anteriormente ya se han valorado los hábitats prioritarios, estableciendo una restricción total en las zonas que ocupan.

3.2.2.7 Hábitats

Se ha diferenciado aquellas áreas que tienen delimitación de hábitats. Se valoran más positivamente aquellas zonas que no tienen ningún tipo de hábitat natural, ya que la pérdida de valor ecológico es menor. De este modo, el territorio que no cuente con hábitats tendrá un valor de 255, frente a 0 que tendrán las zonas con esta delimitación.

MAPA DE VALORACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL



Leyenda

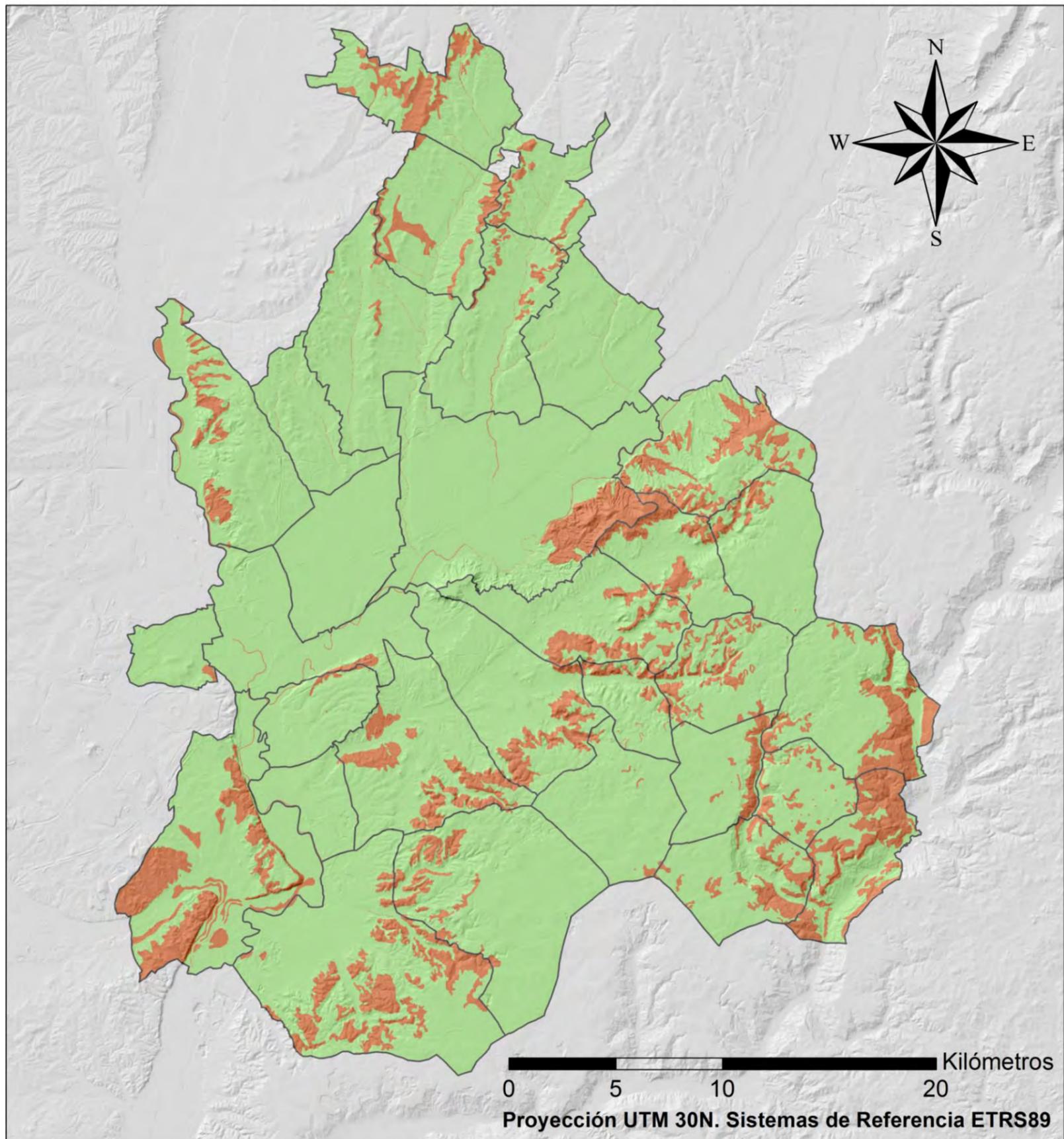
 Municipios de la Mancomunidad

Valores de la cobertura vegetal en base su naturalidad y desarrollo



Mapa de valoración de la cobertura vegetal por sus grados de desarrollo y naturalidad. Variable sin normalizar. Elaboración propia a partir del Mapa de Vegetación continúa 1:25.000 de la Comunidad de Madrid del año 2006

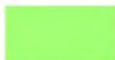
MAPA DE VALORACIÓN DEL TERRITORIO EN FUNCIÓN DE LA PRESENCIA DE HÁBITATS



Leyenda

 Municipios de la Mancomunidad

Valoración del territorio en función de la presencia de hábitats

 Hábitat (0)  No hábitat (255)

Mapa de valoración del territorio en función de la presencia de hábitats. Variable normalizada. Elaboración propia a partir de la capa hábitats disponible en el Catálogo cartográfico de la Comunidad de Madrid.

3.2.2.8 Fauna

Es difícil ubicar el valor faunístico de una zona tan amplia como la Mancomunidad del este, ya que se trata de un factor que requiere estudios específicos de cada zona. Con los datos publicados actualmente en el MAGRAMA, podemos estimar el valor de la fauna de las zonas de nuestro estudio, pero únicamente con un detalle de unos 10 km por 10 km, que son las dimensiones de la malla del inventario. Para llegar a valorar cada una de las cuadrículas que se reparten por nuestro territorio hemos utilizado la base de datos del inventario nacional, el catálogo regional de especies amenazadas y árboles singulares de la comunidad de Madrid, y el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. Primeramente se han recopilado los registros de especies de cada una de las cuadrículas. Después, se han valorado aquellas especies que tienen una categoría de amenaza, ya sea por el catálogo regional o nacional. Para la valoración de estas se ha elegido el mayor valor de amenaza de entre los dos catálogos, y a continuación se asignó un número en función de ese grado. Por último se sumaron todas las especies valoradas de cada una de las cuadrículas. De esta manera, el resultado final viene determinado por la suma del número de especies registradas y su grado de amenaza.

A continuación se muestran las especies de las que se habla con sus categorías y valoraciones.

Grupo	Nombre	Categoría Cat. Madrid	Categoría Cat. Estatal	Categoría máxima	Valor asignado
Anfibios	<i>Pelodytes punctatus</i>	VU		VU	3
Aves	<i>Aegypius monachus</i>		VU	VU	3
Aves	<i>Aquila adalberti</i>	EN	EN	EN	5
Aves	<i>Aquila chrysaetos</i>	SAH		SAH	4
Aves	<i>Ardea purpurea</i>	SAH		SAH	4
Aves	<i>Ardeola ralloides</i>		VU	VU	3
Aves	<i>Bubo bubo</i>	VU		VU	3
Aves	<i>Cercotrichas galactotes</i>		VU	VU	3
Aves	<i>Ciconia ciconia</i>	VU		VU	3
Aves	<i>Circus aeruginosus</i>	SAH		SAH	4
Aves	<i>Circus pygargus</i>	VU	VU	VU	3
Aves	<i>Coracias garrulus</i>	VU		VU	3
Aves	<i>Falco naumanni</i>	EN		EN	5
Aves	<i>Falco pelegrinoides</i>		EN	EN	5
Aves	<i>Falco peregrinus</i>	VU		VU	3
Aves	<i>Hieraaetus fasciatus</i>	EN	VU	EN	5
Aves	<i>Ixobrychus minutus</i>	SAH		SAH	4
Aves	<i>Milvus milvus</i>	VU		VU	3
Aves	<i>Nycticorax nycticorax</i>	SAH		SAH	4
Aves	<i>Otis tarda</i>	SAH		SAH	4
Aves	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>		VU	VU	3
Aves	<i>Pterocles alchata</i>	SAH	VU	SAH	4
Aves	<i>Pterocles orientalis</i>		VU	VU	3
Aves	<i>Tetrax tetrax</i>	SAH	VU	SAH	4

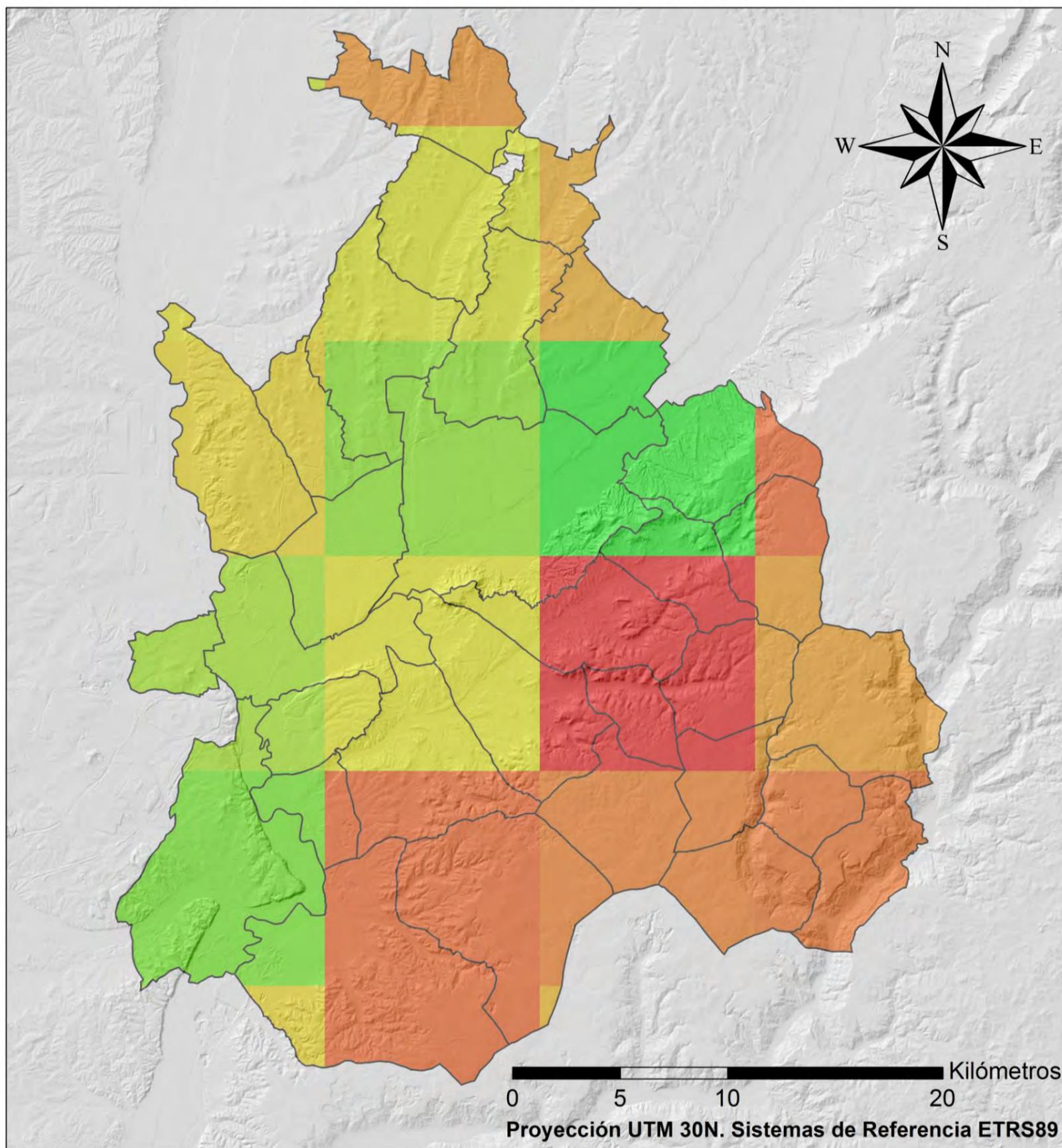
Estudio de optimización sobre la ubicación idónea de la instalación de tratamiento y gestión de residuos sólidos urbanos de la Mancomunidad del Este

Grupo	Nombre	Categoría Cat. Madrid	Categoría Cat. Estatal	Categoría máxima	Valor asignado
Mamíferos	<i>Lutra lutra</i>	EN		EN	5
Mamíferos	<i>Myotis myotis</i>	VU	VU	VU	3
Mamíferos	<i>Plecotus austriacus</i>	VU		VU	3
Mamíferos	<i>Rhinolophus euryale</i>	VU	VU	VU	3
Mamíferos	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	VU	VU	VU	3
Mamíferos	<i>Rhinolophus mehelyi</i>		VU	VU	3
Peces continentales	<i>Barbus comizo</i>	EN		EN	5
Reptiles	<i>Emys orbicularis</i>	EN		EN	5

Tabla de valoración de las especies según su grado de amenaza. A partir de ésta se valoran las cuadrículas del inventario del MAGRAMA.

Como otros factores, a esta variable hay que tratarla de manera inversa. A mayor valor faunístico menor grado de aptitud para el emplazamiento de la instalación.

MAPA DE VALORACIÓN DEL TERRITORIO EN FUNCIÓN DE LA PRESENCIA DE ESPECIES AMENZADAS



Leyenda

 Municipios de la Mancomunidad

Valor del territorio en base a la presencia de especies amenazadas

 Alto : 255
Bajo : 0

Mapa de riqueza faunística en base al número de especies inventariadas y su grado de amenaza. El grado de riqueza faunística va de una escala de 0 a 255, siendo 255 el máximo valor. Elaboración propia a partir de la base de datos, de los catálogos de protección de especies y de la malla 10X10 Km del MAGRAMA.

4 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

A la hora de integrar las variables dentro del modelo debemos considerar que con los factores de restricción se ha eliminado ya un 73% del territorio que no cumple condiciones para incluir una instalación como la que se plantea. Estas restricciones son básicamente medioambientales, y por tanto estos factores ya tienen un peso muy alto en el análisis de alternativas.

Por otro lado, los pesos que van tener las variables ponderadas dentro del análisis Multicriterio, así como el porcentaje de influencia de cada una en el mapa de aptitud final, tienen un componente medioambiental claro, destacando la distancia a núcleos habitados, pero también la valoración directa de la vegetación, fauna, geología etc. La valoración medioambiental es el componente fundamental del modelo, habiendo sido obviadas algunas variables de componente económico como coste de terrenos o de infraestructuras.

Los valores ponderados del modelo multicriterio son los siguientes:

Variable	Peso sobre 1	Porcentaje %
Distancia a núcleos de población	0.4	40
Distancia zonas sensibles	0.04	4
Edafología	0.01	1
Geología	0.04	4
Vegetación	0.04	4
Hábitats	0.06	6
Fauna	0.01	1
Distancia a puntos generadores considerando red de carreteras	0.4	40

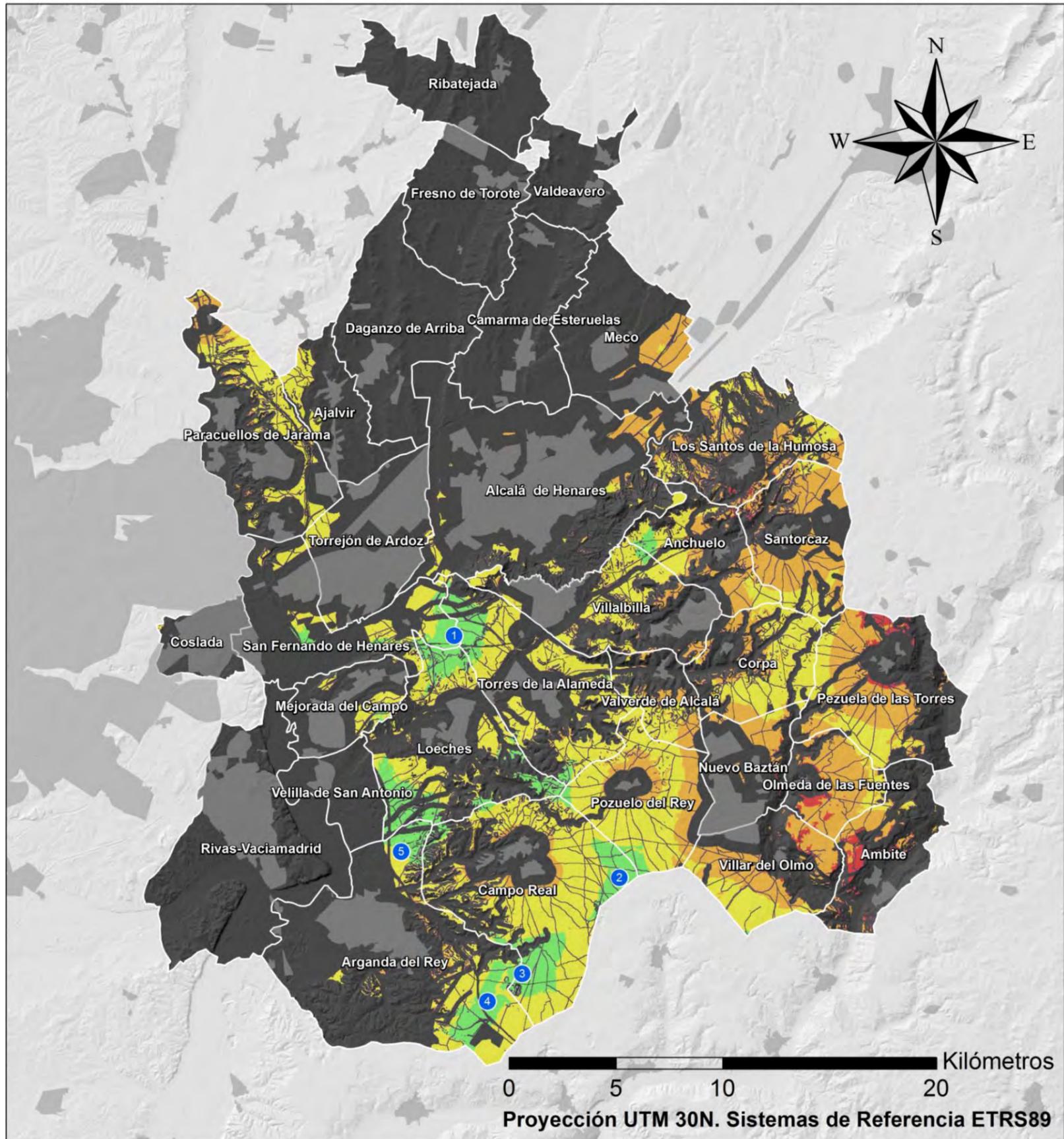
Tabla de las variables ponderadas y porcentaje de influencia en el análisis Multicriterio.

El siguiente paso para obtener las zonas aptas es sumar todas las capas multiplicadas por sus respectivos pesos. Después, se multiplican por las restricciones del territorio para establecer estas condiciones, es decir se excluyen las zonas de restricción aunque se han calculado los valores ponderados para todo el territorio. Seguidamente normalizamos los valores también a una escala de 0 a 255, en la cual el 0 queda representado por las restricciones. Para normalizar los resultados se han establecido 5 rangos de igual amplitud que miden la aptitud del territorio para la ubicación del emplazamiento.

Una vez establecido el modelo son identificadas las zonas óptimas, las que tienen un valor **superior al 80%** al resto de zonas. El total de las zonas óptimas para una instalación como la que se plantea representan tan sólo un 2,72% del conjunto del territorio de la Mancomunidad.

Las 5 finalmente seleccionadas se han localizado en función del valor de aptitud y de una superficie mínima, en este caso **60 ha**, que es la que se ha estimado que puede ser suficientemente grande para poder disponer una instalación de este tipo en un territorio. Así en el análisis final se ha obviado una zona en el término de Anchuelo, y otra en el límite sur de Torres de la Alameda y Loeches.

MAPA DE APTITUD EN BASE A LAS PONDERACIONES OTORGADAS



Leyenda

- Posibles parcelas
- Núcleos urbanos
- Municipios de la Mancomunidad
- Restricción

Niveles de aptitud

- 0 - 51
- 51 - 102
- 102 - 153
- 153 - 204
- 204 - 255

Mapa de aptitud en base a las ponderaciones de las variables anteriormente descritas. Sobre las zonas que tienen un alto nivel del aptitud (superior al 80%), un 2,72% de la superficie del territorio de la Mancomunidad, y que cumplen un mínimo de superficie (60 ha), se sitúan posibles puntos para la alternativas de la planta de gestión de residuos de la Mancomunidad este.

4.1 Análisis de alternativas

Como es de esperar, la mayoría de alternativas se sitúan o bien en puntos muy alejados de las poblaciones y de la generación de residuos, o bien en zonas que no estando muy cerca de las poblaciones, tienen una disposición estratégica respecto a la generación de residuos.. Ninguna de las zonas está cerca de núcleos urbanos, ya que este factor se incluyó como restricción y como factor ponderado. No se debe obviar que una instalación de este tipo se instala para muchos años, por ejemplo podemos ver el vertedero actual en Alcalá de Henares que, por cierto, no cumpliría casi ninguna de las condiciones de restricción que se han propuesto en el análisis. Por tanto es necesario calcular la eficiencia de instalación de la misma, ya que valores como las emisiones de Gases de Efecto invernadero o el consumo de combustibles fósiles deben ser importantes en los criterios de elección.

A continuación se describe las características de las 5 zonas seleccionadas y el entorno de cada una de ellas.

Alternativa número 1:

Se sitúa en una amplia zona de 405 Ha, entre San Fernando de Henares Torres de Alameda, y Loeches. El núcleo más cercano está a una distancia de 2.104 metros (Soto de Aldovea). La zona sobre la que se asienta son cultivos de secano y sus materiales subyacentes gravas, cantos, arenas y arcillas. La altura de esta parte del territorio es de unos 600 metros aproximadamente, con una pendiente de un 4%. El acceso a esta ubicación podría llevarse a cabo mediante carreteras convencionales o caminos. También conviene decir que esta alternativa se encuentra bastante cercana a la red de AVE.

Se trata de la alternativa más eficiente en cuanto a distancia que tienen que recorrer la totalidad de camiones desde cada municipio, y también la más eficaz desde el punto de vista de la distancia a todos los núcleos productores de la mancomunidad, ya que es la que más cerca se encuentra del centro de la red viaria.

Alternativa número 2:

Esta parcela de 336,1 Ha, se localiza dentro del término municipal de Campo Real, en su parte más oriental, cerca del límite con Pozuelo del Rey y con Valdelicha, que no pertenece a la Mancomunidad. El núcleo poblacional más cercano es el polígono industrial Borondo, al sur de Campo Real, con una distancia de 3.474 metros desde la ubicación de la alternativa. Los suelos próximos a están ocupados mayormente por cultivos de secano, aunque también en una proporción importante por vegetación herbácea de esparto (*Stipa tenacissima*), tomillos (*Tymus vulgaris*) y algunas coscojas (*Quercus coccifera*). También hay algunos cultivos leñosos, principalmente olivares. En cuanto a los materiales geológicos sobre los que se asientan, estos son especialmente calizas y costras laminares, y algunos materiales eluviales. Esta ubicación es la que a más altura sobre el nivel del mar se encuentra (789m), y sus actuales vías de acceso son carreteras convencionales y caminos.

De todas las alternativas ésta es la menos eficiente, ya que es la que se ubicada más alejada de los mayores productores de residuos. Otro de los inconvenientes es que está bastante alejada de la totalidad de municipios que verterían sus residuos en la instalación.

Alternativa número 3:

En este caso una parcela de 342,41 ha que se ubica también en el municipio de Campo Real, pero esta vez en la parte sur, junto al límite con el municipio de Arganda del Rey. El núcleo poblacional más cercano es Prado de Arriba, con una distancia lineal de 3.956 metros, aunque este no pertenece a la Mancomunidad. Dentro de esta, el municipio más cercano sería Arganda del Rey con una distancia de 4.235 metros. Esta zona se encuentra a una altura de 766 metros con valores bastante bajos de pendiente (1,94%). Los suelos de su entorno suelen emplearse para cultivos, principalmente de secano aunque también para viñedos u olivares. También hay algunas áreas pequeñas de pastizal. Los materiales geológicos inferiores son esencialmente calizas y algunos materiales eluviales. Las actuales vías de acceso a la planta serían carreteras convencionales y algunos caminos agrícolas, los cuales ya dan acceso a una cantera de roca caliza.

Esta alternativa es la segunda menos eficiente de todas, en términos de distancia recorrida por los camiones, y además está bastante distante de todos los puntos de producción.

Alternativa número 4:

De 273, 04 ha se ubica próxima a la *alternativa 3*, dentro de los límites del municipio de Arganda del Rey. Se encuentra entre una cantera y una empresa de extracción de áridos, a una distancia del principal núcleo poblacional de 3.267 metros. Los usos de los suelos sobre los que se localiza son en su mayoría cultivos de secano y de leñosas; y los sustratos geológicos subyacentes son como en los casos anteriores, calizas y materiales eluviales. Por lo que respecta al acceso a la planta, este podría darse mediante carreteras convencionales, caminos o pistas. Conviene decir que se sitúa próximo a la autopista R3, la cual comunica Arganda del Rey con la capital de la comunidad.

Tiene un valor medio de eficiencia, pero es el punto más alejado de todos los núcleos productores de residuos, por lo que los camiones de los municipios más septentrionales tendrían que recorrer largas distancias. Quizá uno de los mayores inconvenientes es que se ubica próximo al núcleo de Arganda del Rey y este municipio, en principio, no traslada los residuos a esta nueva planta.

Alternativa número 5:

Ésta, de 119,42 ha, también se halla dentro del municipio de Arganda del Rey, situada en la parte Noreste. Se encuentra a una distancia de 1.993 metros del principal núcleo poblacional. El punto se localiza a una altura de 589 metros, con un pendiente de 5,54 %. Hay que decir que esta zona tiene una pendiente variable, (2-9%) debido a que se encuentra bastante modelada por la red hidrológica. Los suelos, como en las anteriores alternativas, están destinados a usos agrícolas, también con bastantes zonas dedicadas al olivo. No muy alejados de este punto también se encuentran algunos pastizales y jarales. Los materiales geológicos sobre los que se establece son casi en su mayoría, gravas, cantos arenas y arcillas, incluyendo algunos yesos. La llegada a la instalación podría llevarse a cabo mediante carretera convencional, aunque como en caso de la alternativa 4, ésta también está bastante cercana a la autopista.

Se trata de la segunda opción más eficiente respecto a la distancia recorrida por la totalidad de camiones, y la segunda bajo el punto de vista espacial, pues se halla más próxima al centro de la red que las tres alternativas anteriores. Sus mayores inconvenientes son que se sitúa en Arganda del Rey y que éste no vierte sus residuos en la instalación.

4.2 Comparación de datos

Ahora se procederá a la comparativa de cada una de las alternativas. Los factores que se van a utilizar para ésta son factores relacionados con el territorio, las poblaciones y la eficiencia económica y ambiental.

- **Distancia a núcleos más cercanos**

Esta distancia está calculada desde un **punto** medio que se ha elegido para cada alternativa hasta núcleo poblacional más cercano. Se ha tomado este punto como referencia debido a que se desconoce la forma de la instalación.

- **Altura de la instalación:**

Es la altura, teniendo como referencia el nivel del mar, a la que se encuentra el punto que representa la alternativa.

- **Pendiente:**

Se indica la pendiente del punto en el que se localiza la alternativa

- **Usos del suelo**

Se han indicado los usos del suelo del territorio próximos al punto que representa cada una de las alternativas

- **Geología**

Se han indicado los sustratos geológicos cercanos al punto que representa cada una de las alternativas

- **Tipos de vías de acceso cercanas:**

Se han indicado aquellas vías de transporte más próximas a la instalación clasificándolas por su tipología.

- **Proporción de superficie de máxima aptitud:**

Se pretende diferenciar las parcelas según el grado de aptitud del territorio.

- **Distancia total recorrida por todos los camiones desde los puntos productores:**

Este dato se extrae de la variable **“Distancia a puntos generadores de residuos considerando la red de carreteras”**. El dato que se muestra son los kilómetros que tendrían que recorrer la totalidad de camiones si la ubicación se encontrara en ese punto propuesto.

- **Emisiones totales de CO2 de los camiones según la ubicación de la planta:**

Para el cálculo de esta estimación se ha recurrido a la tasa de emisión media de un camión pesado de entre **14 y 32 Tn**. Según los *Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 1990-2012.*, estos tipos de camiones tienen una tasa de emisión de **772,49 g/Km**. Conociendo dicho dato y con el mapa de distancia, utilizado en punto anterior, se puede llegar a una estimación a través de una simple multiplicación. Después se ha extraído el valor de la capa para cada una de los puntos que representan las alternativas.

- **Litros gasóleo:**

Para calcular este factor se ha utilizado el valor del consumo medio de un camión medio **18 Tn**, que es de **23 litros por cada 100 Km**. Este dato ha sido tomado de la *Guía para gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera del IDAE*. Para calcular el volumen necesario se ha realizado el mismo procedimiento que en el factor anterior, pero en este caso se ha multiplicado por este valor de consumo.

- **Coste de combustible**

Una vez se ha calculado el factor anterior y con el precio medio del combustible, se puede realizar una estimación del coste en euros del combustible que supondría transportar toda la basura de todos los puntos generadores hasta ese punto. Los datos de los precios del gasóleo han sido obtenidos a partir del *Informe Anual de Precios Carburantes y Combustibles del Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España*. Para calcular realizar este cálculo se ha hecho un promedio del precio de los últimos cinco años. Este dato debe tomarse como comparativo entre parcelas más que el coste neto que puede variar mucho en función de las condiciones de suministro de la flota.

Año	Precio (Cts/l)
2015	110,6
2014	128,5
2013	134,8
2012	135,2
2011	127,5
PROMEDIO	127,32

Tabla precio del litro de gasóleo por año en céntimos por litro

- **Costes directos:**

En éstos se han considerado los costes propios del vehículo. Los datos han sido obtenidos del *Estudio de Costes de transporte de Mercancías por carretera del Ministerio de Fomento (2008)*. Para un camión de Masa Máxima Autorizada de **18 Tn**, los costes medios anuales serían los siguientes:

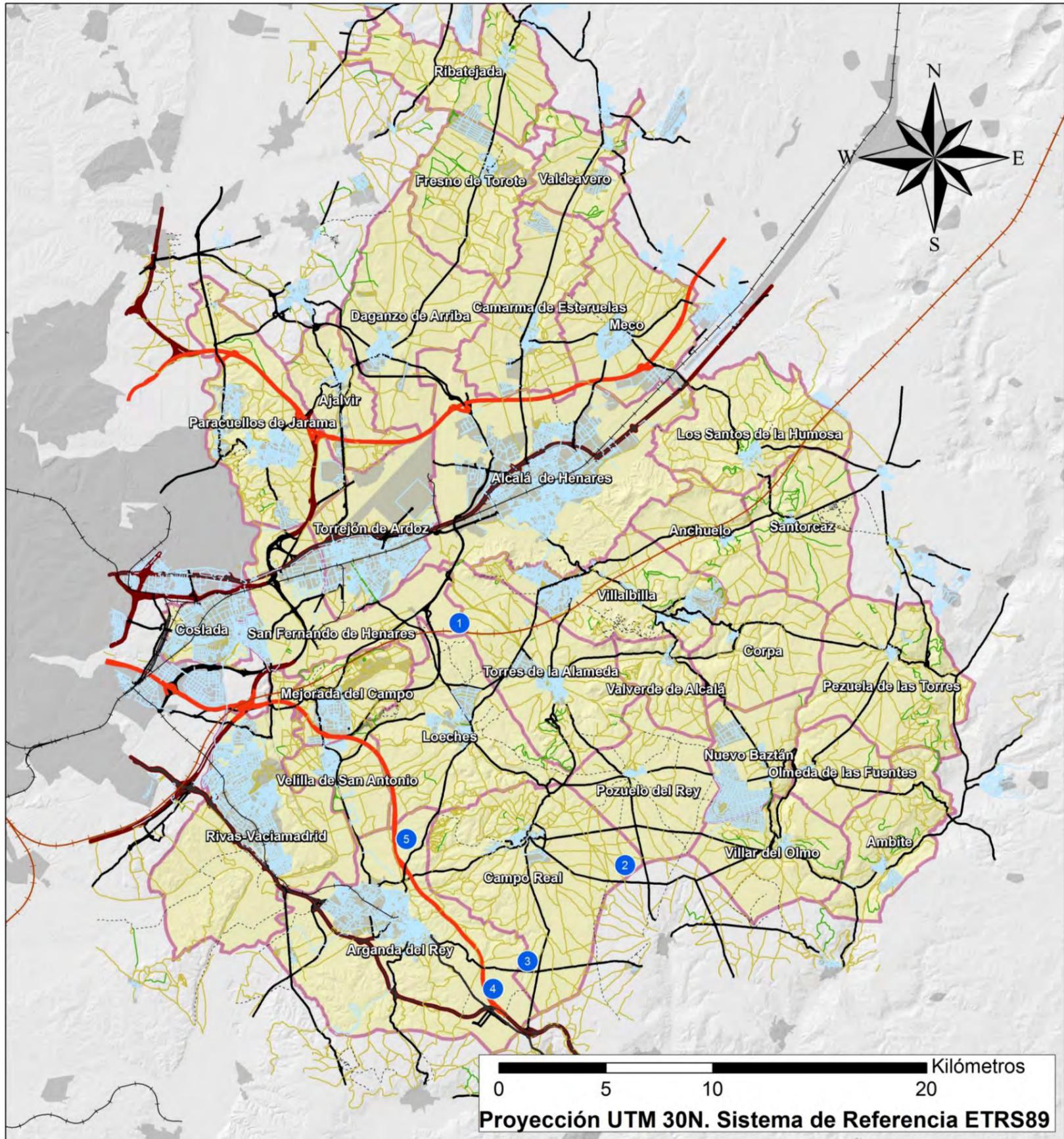
Tipo de Coste	€/año	Distribución (%)
Mantenimiento	1.750	13,40%
Reparaciones	2.250	17,22%
Amortización	5.404,81	41,37%
Financiación	935,11	7,16%
Impuestos	564,62	4,32%
Neumáticos	2.160	16,53%
TOTAL	13.064,54	100%

Tabla costes directos anuales para un camión de 18Tn

Para obtener el coste por kilómetro se requiere el dato de distancia recorrida al año. Según el documento consultado anteriormente, un camión de este tipo recorre uno **90.000 km/año**. Con estos dos valores y por medio de división podemos estimar que el coste es de unos **0,145 €/Km**. Multiplicando dicho valor por los kilómetros totales recorridos podemos calcular los

costes directos que supondrían ubicar el emplazamiento en cada uno de los puntos que se proponen.

MAPA DE VÍAS Y ALTERNATIVAS



Leyenda

- Posibles parcelas
- Núcleos urbanos
- Municipios de la Mancomunidad

Vías

- Línea AVE
- Línea Tren de Cercanías
- Autopista
- Autovía
- Carretera convencional
- - - Pista
- Camino
- Senda
- Vía urbana

Mapa de vías de transporte y localización de alternativas propuesta

5 RESUMEN Y CONCLUSIONES

Es necesario y prioritario trabajar hacia un horizonte de mejora en la gestión de los residuos, ya que la posición de la Comunidad en Madrid en este aspecto es notoriamente mejorable, y las nuevas directrices de la directiva de economía circular o del horizonte 20-20, deben ser los impulsores de modelos de gestión de residuos donde prime el reciclado, la reutilización y la reducción de la generación de residuos, evitando modelos como el actual en la Mancomunidad este donde una parte importante de los residuos acaban enterrados en un vertedero.

En el estudio que se ha desarrollado se valoran desde el punto de vista ambiental y de eficiencia el conjunto del territorio de la Mancomunidad este para elegir las zonas que podrían albergar una instalación moderna de gestión de residuos. Para el cálculo se han considerado los siguientes aspectos.

Se han considerado **No Aptos** los territorios que cumplen cualquiera de las siguientes conclusiones:

- 1) Zonas con espacios naturales protegidos
- 2) Zonas a menos de 500 metros de cualquier núcleo urbano
- 3) Zonas a menos de 125 metros de cualquier río, arroyo o laguna
- 4) Zonas con más de un 15% de pendiente o con fallas geológicas
- 5) Zonas con hábitats naturales prioritarios
- 6) Zonas con montes de utilidad pública o preservados
- 7) Zonas con elementos sensibles (zonas arqueológicas, edificios hospitales etc...)
- 8) Zonas con elementos artificiales o urbanos (polígonos, centros comerciales etc..)

Dentro de las zonas **Aptas** se han considerado las siguientes variables de comparación:

- 1) Distancia a núcleos urbanos (mayor valor, mayor aptitud para la instalación)
- 2) Distancia que tienen que recorrer la flota de camiones para llegar a cada punto (mayor valor, menor aptitud para la instalación)
- 3) Fertilidad de suelos, vegetación, fauna, hábitats naturales (mayor valor, menor aptitud para la instalación)
- 4) Permeabilidad (mayor valor, menor aptitud)

De los resultados obtenidos, uniendo las restricciones con la aptitud, se ha obtenido una clasificación del territorio en capas de aptitud. Del total del territorio tan sólo el 2,73% tiene una capacidad superior al 80% para acoger la instalación.

De las zonas de mayor aptitud tan sólo 5 áreas son aptas por su tamaño para acoger la instalación.

Se comparan las 5 áreas en la Tabla siguiente:

Estudio de optimización sobre la ubicación idónea de la instalación de tratamiento y gestión de residuos sólidos urbanos de la Mancomunidad del Este

	Parcela				
	1	2	3	4	5
Distancia a núcleos más cercanos(m)	2.104,906	3.474,844	3.956,973	3.267,652	1.993,592
Altitud (m)	602,04	789,27	766,11	742,40	589,21
Pendiente (%)	4,31	1,98	1,94	0,39	5,54
Usos del suelo	Cultivos de secano	Cultivos de secano, viñedos u olivares, vegetación herbácea, matorral	Viñedos u olivares, cultivos de secano, vegetación herbácea	Cultivos de secano, viñedos u olivares, frondosas, vegetación herbácea	Cultivos de secano, viñedos u olivares, vegetación herbácea, matorrales
Geología	Gravas cantos, arenas y arcillas	Calizas, gravas, cantos, arenas y arcillas	Calizas, gravas, cantos, arenas y arcillas	Calizas, gravas, cantos, arenas y arcillas	Gravas cantos, arenas, arcillas, yesos
Tipos de vías cercanas	Carretera convencionales, y caminos	Carreteras convencionales y caminos	Carreteras convencionales y caminos	Carreteras convencionales y pistas	Carretera convencional
Proporción de superficie con máxima aptitud	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Alta	Media
Distancia recorrida por total de camiones (Km/año)	793.363,13	1.523.320,38	1.468.213,13	1.452.455,50	1.027.816,50
Emisiones de CO ₂ (t/año)	612,86	1.176,74	1.134,17	1.122,00	793,977966
Litros Gasóleo/año	182.473,52	350.363,69	337.689,03	334.064,78	236.397,80
Coste en gasóleo (€/año)	232.325,28	446.083,06	429.945,68	425.331,28	300.981,68
Costes directos (€/año)	115.165,83	221.127,55	213.128,09	210.840,70	149.199,44
Costes totales (€/año)	347.491,11	667.210,61	643.073,77	636.171,98	450.181,12
Otras	Proximidad a Vía AVE	Alejado del resto de la mancomunidad	Alejado del resto de la mancomunidad	Proximidad a autopista. Alejado del resto de la mancomunidad. Junto a Arganda del Rey, municipio que no vierte en la planta	Junto a Arganda del Rey, municipio que no vierte en la planta

Datos de comparación de las 5 áreas óptimas para la instalación de un planta de tratamiento y gestión de residuos en la Mancomunidad Este.

De las 5 ubicaciones posibles, debería hacerse un estudio de alternativas dentro del procedimiento de Evaluación de Impacto ambiental, que considere en detalle cada una de ellas, seleccionando la que reúna las mejores condiciones objetivas desde el punto de vista ambiental y de eficacia de una instalación de este tipo. Este estudio debería ubicar en detalle la instalación, evaluando de manera más detallada variables que se han considerado de forma general en el estudio que se presenta, como fauna y vegetación, y proponiendo medidas preventivas y correctoras sobre la instalación que pudieran minimizar o corregir los posibles efectos ambientales adversos que pudieran identificarse.

La tecnología actual, y un diseño correcto, permite que, con las restricciones que se proponen en este análisis, se redujeran al mínimo las molestias que una planta de este tipo pudiera producir, y ya hay ejemplos en toda Europa, y también en España, de plantas con tecnologías que eliminan la casi totalidad de los problemas que las plantas antiguas producían. Además, un correcto seguimiento, a través de un plan de vigilancia ambiental objetivo y con rigor, puede permitir tomar medidas en tiempo real sobre cualquier factor evitando problemas antes de que surjan.

La selección de una tecnología eficiente en la planta, de acuerdo a los nuevos requerimientos de la sociedad y de la economía circular, debería conseguir que la gestión de los residuos fuera ejemplar en esta zona de la Comunidad de Madrid. Así se podría conseguir que una instalación de este tipo pudiera ser modélica y pudiera verse como una gran oportunidad para el territorio, cambiando la percepción negativa que la gestión de los residuos suele provocar. Se debe superar el actual sistema de gestión, enterrar bajo tierra casi todo lo que desechamos, y dirigir el sistema hacia uno donde lo que acabe en vertedero sea una fracción mínima y no aprovechable del conjunto de los residuos que se generan.

6 BIBLIOGRAFÍA

Bosque Sendra, J.; Gómez Delgado, M.; Rodríguez Espinosa V.; Díaz Muñoz, M.A.; Ana Esther Rodríguez Durán, A.E.; Vela Gayo, A. (1999): *Localización de centros de tratamiento de residuos: una propuesta metodológica basada en un SIG*, en Anales de Geografía de la UCM, nº 19, 1999, pp. 295-323.

Gómez Delgado, M.; Romero Calcerrada, R. (2002): *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*, en Anales de Geografía de la Univ. Complutense Vol. 22 (2002): 265-299.

Gallardo Izquierdo, A.; Bordás García R.: *Herramienta para la generación de mapas de orientación a la ubicación de instalaciones de gestión de residuos. Aplicación al emplazamiento de vertederos en la provincia de Castellón*. Departamento de Tecnología, Universitat Jaume I de Castellón.

Paz Paz, S. Audato (2011): *Localización de sitios adecuados para establecer un vertedero de residuos sólidos urbanos en el municipio del distrito central de honduras*, Ciudad Universitaria, Tegucigalpa, M.D.C. –Honduras, América Central.

Escobar, Dr F.; Hunter, Prof G.; Bishop, Prof I.; Zenger, Dr A.: *Introduction to GIS*, Department of Geomatics, The University of Melbourne

deMers, M.N. (1997): *Fundamentals of Geographic Information Systems*. John Wiley and Sons.

NCGIA.(1990):Core curriculum. Tres volúmenes: I. *Introduction to GIS. II Technical issues in GIS. III Application issues in GIS.* Ed. National Center for Geographic Information and Analysis/University of California, Santa Barbara (California).

Bosque Sendra,J.; García Rosa C. (2000): *El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial*, en Anales de Geografía de la Universidad complutense, 2000, nº 20, pp. 49-67.

Eastman, J.R, *et al* (1993): *GIS and Decisión Making. Explorations in Geographic Information Systems Technology.* Vol. 4 Ginebra, UNITAR European Office, 112 p.

Monturiol F.; Guerra A. (1975): *Los modernos sistemas de clasificación de los suelos y su clasificación en España*, en Anal. Inst. Bot. Cavanilles 32 (2): 1375-1384

FAO (2006): *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo.*Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Segunda edición.

Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 1990-2012. Volumen 2: Análisis por Actividades SNAP. *Capítulo 7, Transporte por carretera*

IDEA; Ministerio de Industria, Turismo y Comercio; Ministerio de Fomento; Ministerio del Interior; CEFTRAL (2006): *Guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera.* Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Gobierno de España. *Informes Anuales precios Carburantes 2011- 2015*

Ministerio de Fomento, Gobierno de España. *Estudio de Costes del Transporte de Mercancías en Carretera 2008.*

Memorias de Residuos de Mancomunidad del Este.

Legislación:

Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, en «BOE» núm. 25, de 29 de enero de 2002.

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la *Ley de Aguas*, en «BOE» núm. 176 de 24 julio 2001.

Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el *Reglamento del Dominio Público Hidráulico*, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la *Ley 29/1985*, de 2 de agosto, de *Aguas*, en «BOE» núm. 103, de 30 de abril de 1986. Última modificación 2 de septiembre de 2015.

Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. «BOE» núm. 299, de 14/12/2007.

Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres «DOUE» núm. 206, de 22 de julio de 1992

Ley 16/1995, de 4 de mayo, *Forestal y de Protección de la Naturaleza de la Comunidad de Madrid.* «BOE» núm. 190, de 10 de agosto de 1995

Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera., en «BOE» núm. 275, de 16/11/2007.

Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, en «BOE» núm. 292 de 7 de diciembre de 1961

Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas, en «BOE» núm. 46, de 23 de febrero de 2011.

Decreto 18/1992, de 26 de marzo por el que se aprueba el Catálogo Regional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres y se crea la categoría de árboles singulares, en «B.O.C.M.» Núm. 85, de 9 de abril de 1992.