

# Cartografía geoambiental aplicada a la gestión de residuos del Espacio Natural Protegido «Las Batuecas – Sierra de Francia». (Salamanca-España)

Environmental cartography applicable to waste management of the Natural Protected Environment «Las Batuecas – Sierra de Francia». (Salamanca - Spain).

A. Martínez-Graña <sup>(1)</sup>, J.L. Goy <sup>(1)</sup>, C. Zazo <sup>(2)</sup>, I. Picón <sup>(3)</sup> e I. de Bustamante <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento Geología. Fac. Ciencias. Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced s/n. 37008 –Salamanca. Mail: amgranna@usal.es

<sup>(2)</sup> Departamento Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales – CSIC. José Gutiérrez Abascal 2. 28006-Madrid.

<sup>(3)</sup> Departamento Ingeniería Cartográfica y del Terreno. Escuela Politécnica Superior de Ávila. 05003 - Ávila.

<sup>(4)</sup> Departamento de Geología. Edif. Ciencias. Campus Universitario. Universidad de Alcalá. 28871-Alcalá de Henares –Madrid.

## ABSTRACT.

The human activity generate waste that finally go to controllable and uncontrollable landfill. In this case, the emplacement of uncontrollable landfill is analyzed with parameters of environmental geology, using thematic maps: lithological units, hidrogeological and hidrology units, geomorphological domains, geotechnical units and climatic units.

This thematic cartography is cross with GIS for establish the geology favourable area and determine the environment capacity. Equally to be analyzed the economic and technical capability based in the waste measure and the position of urban nucleus with the emplacement of the gravity center for the position of controllable landfill. Finally are contrasted the results between the environmental geology parameters of the territorial planning and the position of gravity center and the possible capacity of the uncontrollable landfill applied to the study zone with favourable area.

In this case, the gravity center is located on unfavourable area according to five thematic maps. This technique permit establish a favourable area in the SE of La Alberca, with the recommendation of realized specific studies to avoid altered and faulted areas. If this study is negative the position of controllable landfill will be to the north of La Alberca in favourable area or with artificial geologic barrier

Key words: Environment Geology, waste, landfill, Natural Environment «Las Batuecas – S. Francia», Salamanca.

Geogaceta, 40 (2006), 311-314

ISSN: 0213683X

## Introducción.

El hombre ha generado materiales de desecho, propios de su actividad. Con la llegada de la «época Industrial», estos desechos o «basuras» se han incrementado y ubicado en la periferia de zonas urbanas e industriales, influyendo la constante migración de zonas rurales a las grandes ciudades. La solución inicial histórica ha sido la de situarlos fuera de las ciudades. Actualmente el aumento creciente de la población unido a la mejora de la calidad de vida y a la incorporación al ciclo de consumo de elementos no biodegradables se ha incrementado la producción en volumen y peso de estos desechos hasta el punto de potenciar un deterioro ambiental importante: lixiviados, contaminación de suelos y aguas, aterramiento de cauces fluviales, deslizamientos en laderas, olores y focos infecciosos, alteraciones paisajísticas...

(Ulloa, 1993). Finalmente, dada la escasez de recursos naturales y los altos costes energéticos y ambientales en la gestión y tratamiento de residuos se han desarrollado metodologías para minimizar, reutilizar y reciclar estos residuos, con el fin de mejorar la ecoeficiencia potenciando el valor del residuo como materia prima para otros usos (Williams, 1998).

Una correcta y adecuada gestión y tratamiento de los residuos, pasa por establecer una ubicación ambiental sostenible de los vertederos controlados donde se depositarán, gestionarán y tratarán dichos residuos. La geología ambiental contribuye a seleccionar los mejores emplazamientos teniendo en cuenta la capacidad de resiliencia y/o acogida que brinda el territorio, evitando así el deterioro ambiental e higiénico-sanitario que suelen generar los acopios incontrolados de residuos. No hay que olvidar que el emplazamiento temporal o final de estos residuos

es la creación de vertederos controlados en el propio entorno geológico, con sus singularidades (fracturación, litología, permeabilidad, ripabilidad...).

Por todo lo anteriormente expuesto, la ubicación, control y tratamiento de los residuos sólidos, así como la gestión racional de los recursos del medio natural; constituye uno de los aspectos prioritarios en la administración pública, potenciando estudios ambientales en zonas protegidas o no, a partir de los factores que inciden sobre el medio ambiente, analizándose estos factores desde el prisma de la geología ambiental.

## Problemática de los residuos del Espacio Natural Protegido (E.N.P) de Las Batuecas- S. Francia.

España es uno de los países europeos en los que se utiliza la eliminación de residuos mediante vertedero, (regulada por la

Directiva 1999/31/CE) frente a otras tecnologías menos agresivas basadas en técnicas de minimización, reducción en fuente y reciclado; y a pesar de ello aún existen un gran número de vertederos incontrolados.

En los últimos años la gestión de los residuos que se generan en el ámbito territorial del espacio Natural Protegido (ENP) Las Batuecas - S. Francia, presenta graves deficiencias, al incrementarse el número de vertederos incontrolados en la periferia de los cascos urbanos que integran este espacio natural. Estos residuos se distribuyen de forma discontinua en los márgenes de las carreteras, en parcelas puntuales o incluso en zonas vegetadas y cercanas a cauces fluviales. La ubicación sostenible de estos puntos negros o de las infraestructuras para el tratamiento de dichos residuos, es difícil dada la existencia de importantes grados de protección que tiene el Espacio Natural: Espacio Natural Protegido, Reserva Regional de Caza, Refugio de Fauna y Conjunto Histórico Artístico.

Debemos tener en cuenta igualmente que la mayoría de las poblaciones que integran dicho espacio natural se pueden considerar aisladas, si analizamos su población y extensión municipal; con lo que en cada municipio existen una o varias superficies de terreno destinadas para el vertido de los residuos, de forma incontrolada. (Fig.1.).

Los residuos más abundantes son los conocidos con el nombre genérico de escombros y agrupan toda una serie de desechos, como son la basura doméstica o residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de construcción y demolición (RCDs) y por último residuos voluminosos (RV.). En menor cantidad pero no importancia, encontramos algunos residuos peligrosos aislados (RP). A partir de la tipología de residuos podemos clasificar los vertederos ilegales de la zona de estudio en dos clases: vertederos de inertes y vertederos de residuos no peligrosos. Estos vertidos son puntuales, dispersos y en la mayoría de los casos constituyen la escombrera municipal.

La distribución en el ENP de «Las Batuecas – Sierra de Francia» de puntos de vertido incontrolados ilegales, han producido un deterioro paisajístico, destruyendo la vegetación en algunos casos, provocando incendios y generando núcleos potenciales de contaminación de suelos y aguas superficiales y subterráneas, incidiendo en un deterioro de la calidad ambiental, de los habitantes que viven en un entorno natural privilegiado.

Por todo lo comentado anteriormente, es evidente la incompatibilidad de dichos

vertederos, o bien por el planeamiento o por la inviabilidad de los emplazamientos que no cumplen las condiciones geológicas e hidrogeológicas exigibles. Además la mayoría no se encuentran vallados, no presentan control de accesos, control sobre la cantidad y calidad de los residuos, ni tampoco un plan de explotación y restauración.

Para evitar estas afecciones, se propone una solución viable, basada en la Cartografía Geoambiental elaborada, mediante la implantación de un centro de tratamiento de residuos que gestione y trate la totalidad de los residuos de los municipios que se ubican dentro del ENP, y en la zona de influencia.

### Metodología.

La metodología empleada utilizando SIG proporciona un modelo cartográfico que permite relacionar las distintas variables que afectan a la toma de decisiones en la ubicación de un vertedero (Bosque Sendra *et al.*, 1999; Gómez Delgado M, 2004). El modelo cartográfico está perfectamente integrado en la interface de usuario generado a partir de las posibilidades que ofrecen este tipo de software, cálculo de distancias, reclasificaciones y superposiciones que pueden generarse mediante algoritmos o script implementados en el lenguaje de programación del software de ArcGis.

Esta metodología permite integrar en una base de datos gráfica y alfanumérica, las variables geoambientales y las características limitantes que determinan la localización óptima de la instalación. Se desarrolla en una secuencia lógica de captura y edición de cartografía, validación de los datos y valoración parcial de las localizaciones en función de la distancia.

Se comienza con el inventario de los vertederos incontrolados y controlados (sin estudios previos) del E.N.P., en relación con la zonificación ambiental del espacio natural ya que se tiene que excluir la zona de reserva, para evitar los sectores de fauna y flora protegidas. (Fig. 1).

En un primer momento se realiza una cartografía geoambiental, utilizando técnicas SIG (ArcGis v.9), que se obtiene a partir de los siguientes mapas de variables:

a) Variable litología: Basada en la distribución de la litología de los diferentes sectores del ENP (Martínez-Graña *et al.*, 2004). Se consideran las diferentes características a tener en cuenta para la ubicación de un vertedero controlado: sustrato rocoso, estructura (fracturas y diaclasas), for-

maciones superficiales (textura, compactación), etc. (Fig. 2.a).

b) Variable Hidrológica e Hidrogeológica: se analizan sus características a partir de las diferentes unidades litológicas e hidrogeológicas teniendo en cuenta el tipo de permeabilidad, en base a la porosidad (intergranular y fisural), solubilidad y fracturación (Martínez-Graña *et al.*, 2004; Sanz *et al.*, 2005), (Fig. 2a.) Se ha tenido en cuenta los valores límite de la normativa aplicable a emplazamientos de residuos:

a) Vertederos para residuos no peligrosos: K menor o igual a  $1 \times 10^{-9}$  m/s.

b) Vertederos para residuos inertes: K menor o igual a  $1 \times 10^{-7}$  m/s.

c) Variable Geomorfológica: nos permite conocer las características morfológicas que afectan al sustrato, las formaciones superficiales y los grados de pendiente a tener en cuenta para el emplazamiento (Martínez-Graña *et al.*, 2003). Esta cartografía nos ayudará a identificar los procesos activos (riesgos) que permiten establecer las áreas de peligrosidad para el emplazamiento del vertedero controlado o centro de tratamiento de residuos. (Fig 2b.).

d) Variable Climática: Las precipitaciones favorecen la formación de lixiviados, susceptibles de contaminar aguas y suelos. La Cartografía utilizada es la de agresividad pluvial (Graña *et al.*, 2004) realizada en base al Índice de Fournier modificado (Fm). (Graña *et al.*, en revisión). Esta cartografía nos ayuda a evaluar el efecto de la lluvia sobre el vertedero y su incidencia en la restauración (revegetación de taludes). (Fig. 3).

e) Variable Geotécnica: una correcta planificación en la fase de explotación y restauración de un vertedero pasa por analizar los materiales de préstamo existentes en la zona a utilizar en dichas tareas. Por ello es necesario conocer la ripabilidad de los materiales para la posibilidad de su recubrimiento o bien para poder generar un vaso para conseguir una vida útil más prolongada (Gómez *et al.*, 1993). Esta variable se ha obtenido en base a las características litológicas.

Una vez conocida la distribución de variables, con las características reseñadas, superponemos las cartografías mediante SIG y reclasificamos estableciendo cartografías de aptitud, según las características necesarias para la ubicación.

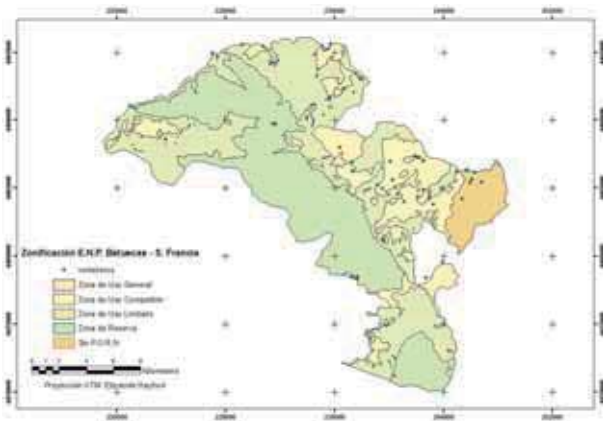


FIGURA 1

Fig. 1.- Distribución de los puntos de vertido incontrolado con respecto a la zonificación ambiental del parque «Las Batuecas - S. Francia»

Fig. 1.- Distribution of uncontrolled landfill in the zones of Natural Protected Environment «Las Batuecas - S. Francia».

Fig. 2- a) Unidades litológicas e hidrogeológicas. b) Dominios geomorfológicos.

Fig. 2- a) Lithological Units and Hidrogeological Units. b) Geomorphological Domains.

Fig. 3.- Cartografía de Agresividad Pluvial.

Fig. 3.- Cartography Pluvial Aggressive.

Fig. 4.- Mapa Orientación al vertido de RSU.

Fig. 4.- Cartography for the deposit of solid waste.

Fig. 5.- Producción de Residuos estimada en cada punto de vertido incontrolado.

Fig. 5.- Production of waste in uncontrolled landfill.

Fig. 6.- Distancias al centro de gravedad.

Fig. 6.- Ratio distance from gravity center.

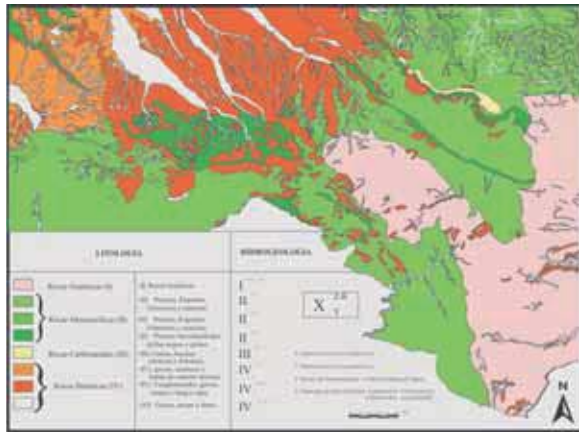


FIGURA 2A

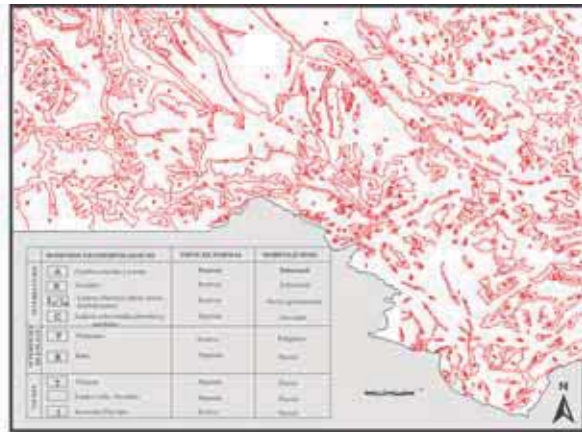


FIGURA 2B

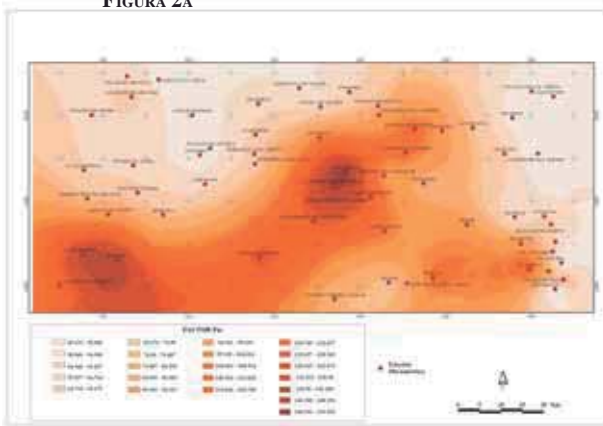


FIGURA 3

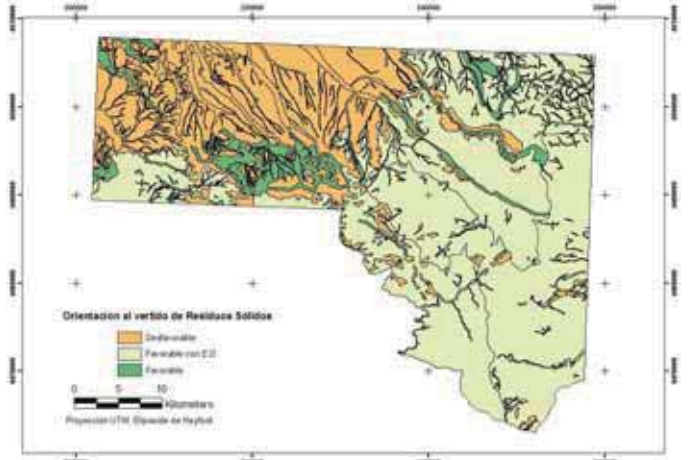


FIGURA 4

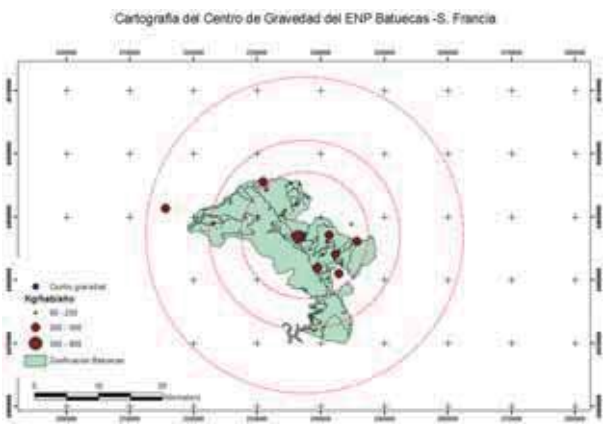


FIGURA 5

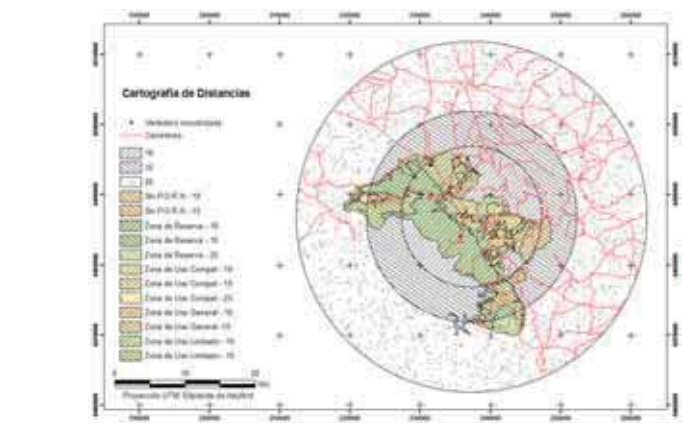


FIGURA 6

Estas características geoambientales adecuadas son: rocas compactas (no fracturadas ni diaclasadas no permeables e insolubles), las no coherentes (no impermeables), ripables, con pendientes muy bajas o nulas (superficies), sin formaciones superficiales ni alteraciones significativas y afectadas por una pluviosidad lo más baja o moderada posible.

### Resultados.

El resultado final de esta metodología es una cartografía de orientación al vertido de residuos sólidos para dicho espacio natural. En esta cartografía se distribuyen los sectores favorables a priori para emplazar un vertedero controlado, los sectores desfavorables y por último los sectores que pueden ser favorables con estudios de detalle (E.D.), como por ejemplo en las zonas graníticas, conocer el espesor del saprolito y su grado de alteración. (Fig. 4).

A partir de estos parámetros geológicos ambientales obtenemos las zonas con mayor acogida territorial para este tipo de actividad antrópica (vertedero) actualmente ubicados en las proximidades de los cascos urbanos. Para cuantificar la producción de residuos por cada núcleo de población, para ello utilizamos el número de habitantes y una estimación de 640 Kg/ Hab/año, cantidad resultante de realizar la media entre los datos aportados por la Estrategia Regional de residuos sólidos urbanos (RSU) de Castilla y León 2000-2010 y el Plan Nacional de residuos de construcción y demolición (RCDs) 2001-2006. (Fig. 5).

### Discusión de resultados.

La ubicación más viable desde el punto de vista técnico y económico se obtiene, teniendo en cuenta las características geológico-ambientales y las recomendaciones de distancias del Plan Nacional de Residuos (25 Km), quedando en un radio de 10 Km la mayoría de las poblaciones susceptibles de gestionar en este centro sus residuos y con una vida útil de 10-15 años, a partir de operaciones Buffer con SIG (Gómez, 2004), generando el centro de gravedad óptimo para este ENP (Fig. 6).

Este emplazamiento seleccionado según lo dicho anteriormente esta situado al norte de La Alberca (aproximadamente a 1 kilómetro) es una zona favorable con estudios de detalle (E.D.), dentro del mapa de orientación al vertido; obtenido mediante los cruces de los diferentes parámetros geoambientales utilizados. Por lo tanto para que fuese viable ambientalmente se tendrían que hacer estudios específicos del área situada alrededor del centro de gravedad, con el fin evitar problemas de alteraciones o fracturación del granito y seleccionar zonas con la mínima pendiente posible, etc. En este caso, analizando la posición del centro de gravedad, se observa que la zona no es apta para su ubicación 8 son desfavorables algunas de las variables geoambientales), al estar situado al lado de un cauce fluvial, en pendiente, en dirección de los vientos dominantes del NW, etc por lo que se propone un área nueva (que cumple la mayoría de los requisitos) cercana al centro de gravedad, al SE de la Alberca, a una distancia similar al sur del actual vertedero municipal, donde serían necesarias nuevos estudios específicos para evitar zonas alteradas y/o fracturadas.

En el caso de que este nuevo estudio geológico-ambiental diese un resultado desfavorable, la alternativa sería desplazarlo hacia el norte para situarlo en zonas de sustrato pizarroso: zonas favorables, (Fig. 4), fuera del área de la zona protegida de reserva. Otra alternativa, dado que es una zona favorable con E.D.; podría basarse en el acondicionamiento del área seleccionada en segundo lugar, mediante barreras geológicas artificiales que aislen los residuos del entorno natural.

### Conclusiones.

Elaboración del mapa de orientación al vertido de residuos sólidos en base a la superposición mediante SIG de los parámetros litológicos hidrogeológicos y geomorfológicos, teniendo en cuenta la distribución de las precipitaciones.

Localización de la ubicación del vertedero a partir de las características cartográficas señaladas y las figuras de protección del Espacio Natural y la dis-

tancia y volumen de residuos de cada núcleo de población. Esta localización se situaría a 1 Km al norte de la población de La Alberca.

### Agradecimientos:

Este trabajo se ha cofinanciado con el proyecto SA 119/04 (Junta de Castilla y León) y una subvención de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Castilla y León; para la realización de un Informe técnico solicitado por el Ayto de La Alberca.

### Referencias.

- Gómez Delgado, M. (2004). En: *Sistemas de Información Geográfica (SIG) y localización de instalaciones y equipamientos*. (J. Bosque Sendra y A. Moreno Jiménez Coord.). Editorial RA-MA, Madrid, 306-333.
- Gómez Díaz, J.M. y Camoyán Pérez A. (1993). En: *Tratamiento de Aguas Residuales, Basuras y Escombros en el ámbito rural*. Serie técnica nº 6. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Editorial Agrícola Española. TRAGSATEC, 295-315.
- Graña, A.M., Goy, J.L., Forteza, J, Zazo, C, Barrera, I y González, F.M (2003). En: *Control de la erosión y degradación del suelo* (R. Bienes y M.J. Marqués, Eds.). Forum, 593-596.
- Martínez-Graña, A., Goy, J.L., Mateos, J., Zazo, C., Sanz, J., Cruz, R. y Forteza, J.L. (en revisión). *Edafología*.
- Martínez-Graña, A., Goy, J.L., Zazo, C., González, F., Bustamante, I. y Monterrubio, S. (2004). *Geogaceta*, 36, 67-70.
- Sanz, J.M<sup>a</sup>., De Bustamante, I., Goy, J.L. y Mateos, J. (2005) En: *Agua, Minería y Medio Ambiente. Libro Homenaje al prof. D. Rafael Fernández Rubio*. IGME, 869 p.
- Ulloa Santamaría, J.J. (1993). En: *Tratamiento de Aguas Residuales, Basuras y Escombros en el ámbito rural*. Serie técnica nº 6. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Editorial Agrícola Española, TRAGSATEC, 316-367.
- Williams, P. (1998). *Waste Treatment and Disposal*. Wiley. 417 p.