

# **Delimitación Espacial de la Probabilidad de Uso Residencial del Suelo en el Entorno de Zaragoza con Análisis Multivariable**

*David Nogués Bravo.  
Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio.  
Universidad de Zaragoza.*

## **Introducción**

Las dinámicas urbanas en España en los últimos 40 años, el crecimiento periurbano en concreto, acentuadas en la actualidad por el nuevo marco regulador (Ley 6/1998 de 13 de Abril sobre Régimen del Suelo y Valoraciones) han producido y están produciendo en nuestras urbes profundas transformaciones morfológicas y funcionales, destacando entre ellas la tendencia hacia un crecimiento de tipo difuso.

La ley mencionada tiene por objeto "facilitar el aumento de la oferta de suelo"<sup>1</sup> y ha previsto la posibilidad de que pueda ser objeto de transformación y urbanización todo el suelo que no tenga la condición de suelo urbano, con excepción del suelo en el que concurren razones que justifiquen una política urbanística de protección medioambiental, dotando de esta manera al Suelo Urbanizable de un carácter extensivo.

Como consecuencia de lo anterior, no resulta aventurado afirmar que esta política legislativa potencia directamente un tipo de crecimiento disperso, así como la implantación de lo que podrían denominarse urbanizaciones residenciales de tipo aislado, tanto desde el punto de vista físico como funcional, si bien es cierto que, a posteriori, cada una de las ciudades a través de sus respectivos planes generales pueden regular este proceso.

Es por ello necesario plantearse los patrones de crecimiento espacial de dichas morfologías urbanas así como conocer y delimitar la probabilidad de aparición de las mismas, para poder establecer si el reparto de la presión urbanizadora será homogéneo o no.

Para tal objetivo se propone en esta comunicación la utilización de un modelo tendencial insertado en las técnicas de análisis multicriterio dentro del entorno de los Sistemas de Información Geográfica y del tratamiento digital de imágenes.

## **1. Dinámicas urbanas recientes.**

---

El fenómeno de la dispersión urbana, relacionado con el proceso de suburbanización, es tal como lo concebimos hoy, resultado de las profundas transformaciones acaecidas en la civilización occidental en el último medio siglo. La mutación del capitalismo tradicional en un capitalismo avanzado, basado en los métodos de producción flexible y las estructuras descentralizadas, unido a la revolución tecnológica de los sistemas de telecomunicaciones y transportes, ha conllevado la aparición de un nuevo tipo de sociedad, la sociedad informacional. Evidentemente, esto ha tenido repercusiones en las estructuras urbanas, aunque la intensidad de las mismas ha sido variable según las zonas.

El fenómeno de la dispersión urbana, para el que se han acuñado diversos conceptos, contraurbanización, periurbanización (Dematteis, G., 1998) apoyado decisivamente por la nueva legislación urbanística, conlleva algunos peligros que han sido analizados en relación con las ciudades centroeuropeas y americanas desde hace años e incluso se han propuesto y experimentado soluciones que sea cual, sea el alcance en el entorno capitalino, no pueden desconocerse como elementos de referencia. Por otra parte no pueden desconocerse los efectos nocivos medio ambientales y de pérdida de cualificación urbanística de la ciudad al menos en los términos tradicionales de lo que se entiende la ciudad como un lugar de convivencia de elementos urbanos heterogéneos.

Desde el punto de vista medioambiental han sido constantemente señalados los efectos contrarios que conlleva la ciudad dispersa como consecuencia del exceso consumo de suelo y el fomento del uso de vehículo, como consecuencia de las grandes distancias entre las diferentes funciones del ciudadano. Tres de los aspectos fundamentales para la sostenibilidad relacionados con los problemas causados por la ciudad difusa son: el consumo del suelo, el consumo de materiales y de energía provocado tanto por la planificación de los usos del suelo como por los medios de transporte y la dinámica de consumo que tiende a hacerlo todo obsoleto en un tiempo récord así como la tendencia a explotar y desestructurar los sistemas del entorno más allá de su capacidad de carga (Rueda, S., 1998). Pero los efectos de la dispersión en el territorio no solamente afectan a aspectos estrictamente medioambientales. En efecto, se ha señalado insistentemente que la especialización del suelo y las distancias que lleva aparejado este modelo disuelve la ciudad, tal como se ha entendido tradicionalmente, es decir como un sistema de relaciones de elementos heterogéneos. El efecto más llamativo de este sistema es la segregación espacial con relación a su nivel adquisitivo y socio profesional. La planificación funcionalista y el mercado han ido creando espacios exclusivos según niveles de renta, creando de nuevo un puzzle territorial, desconectando el tejido social y diluyendo el sentido que tiene la ciudad como una civitas (Rueda, S., 1998). Se generan espacios de monocultivo, como en los nuevos ensanches de Madrid (López de Lucio, R. y Agustín Hernández-Aja, 1995). Esta situación, sin embargo, no tiene tanto su origen en una planificación funcionalista ni en un determinado tipo de legislación urbanística sino más bien en profundos cambios estructurales de tipo económico-social. En la actualidad estamos viviendo el ascenso de la ciudad dual (Castells, M., 1995), que no viene a ser sino la expresión urbana del proceso creciente de diferenciación de la fuerza de trabajo en dos sectores igualmente dinámicos dentro de la economía: la economía formal basada en la información y la economía informal, basada en fuerza de trabajo descualificada.

No obstante, resulta importante puntualizar que las causas del aumento del uso de vehículo, o de la creación de espacios monofuncionales no solamente se deben a la intensificación de la ciudad dispersa de baja densidad. Existen cambios de usos en el ciudadano fundamentalmente relacionados con el consumo que llevan aparejados todos estos fenómenos. En concreto, la proliferación de los centros comerciales en grandes superficies fomenta estos usos y la definición de espacios monofuncionales.

Las propuestas para solucionar los efectos de la organización del espacio en estructuras monofuncionales y a fin de evitar el uso del vehículo se han realizado fundamentalmente para las

ciudades anglosajonas. Señala Peter Hall (1996) que como consecuencia de la preocupación por el crecimiento del desarrollo sostenible se han sucedido las propuestas para solucionar los efectos nocivos que conllevan determinados aspectos del crecimiento de las ciudades.

El entorno de Zaragoza y las ciudades aragonesas, dentro del contexto global descrito, constituyen un claro ejemplo de ciudad compacta, si bien con una tendencia a la dispersión. Pero incluso al margen de su mayor o menor carácter disperso, la adquisición de ciertos hábitos - fundamentalmente en el ámbito de los usos comerciales- y una cierta tendencia estructural a la zonificación hacen pensar que determinados hábitos no son sólo causa de la tipología de la vivienda.

Desde un punto de vista de la planificación, el fenómeno abunda en una tendencia a la sectorización de la planificación que ha sufrido el territorio en los últimos años. Como señala Ramón López de Lucio (1995) para el caso de Madrid, la antigua labor organizadora de las infraestructuras municipales de urbanización (trazado de calles y avenidas), racionalizadas a través de un plano general de extensión íntimamente relacionado con las reglamentaciones edilicias, se ve ahora suplantada por distintas formas de planificación sectorial de infraestructuras (carreteras, redes de energía, de telecomunicaciones, grandes suministros de agua, etc.). A ello habría que añadir la planificación del equipamiento comercial y del transporte.

La causa de la pérdida de protagonismo de la ordenación del suelo frente a la planificación sectorial deriva de la dificultad para superar la perspectiva municipal, apoyada en la propia autonomía local que ha permitido abundar en una perspectiva limitada de lo que constituye la ordenación del suelo. Esta tendencia puede resultar finalmente confirmada por la nueva liberalización del suelo que parece atribuir mayores posibilidades a la iniciativa privada de acceder a nuevos suelos para ser urbanizados.

La necesidad de encontrar una perspectiva planificadora regional, según Nel-lo (1998), resulta evidente desde el momento en que uno de los claros efectos del movimiento disperso es la disolución de los límites administrativos ya que las relaciones funcionales de los núcleos no responden a los límites tradicionales. Como alternativa concreta a la perspectiva estrictamente urbana, la tensión entre ambas perspectivas no puede traducirse en una cuestión de poder entre entes administrativos sin mayor justificación técnica.

La lectura de la ordenación del suelo disperso, liberalizado en clave natural es definida por Javier Monclús (1998): las numerosas experiencias de integración de las áreas suburbanas con los montes, bosques, ríos y lagos en algunas ciudades norteamericanas y europeas, en particular las alemanas durante el periodo de entreguerras, pero sobre todo, el convencimiento de que la interrelación entre ciudad y naturaleza ya no se volverá a dar como en el pasado, estableciendo límites rígidos entre ambas realidades, cada vez más entrelazadas. Posiblemente el replanteamiento desde la perspectiva suprarregional, de poder guiar dentro de los parámetros de libertad, autonomía y flexibilidad pero también desde la integración en el territorio a través de elementos naturales.

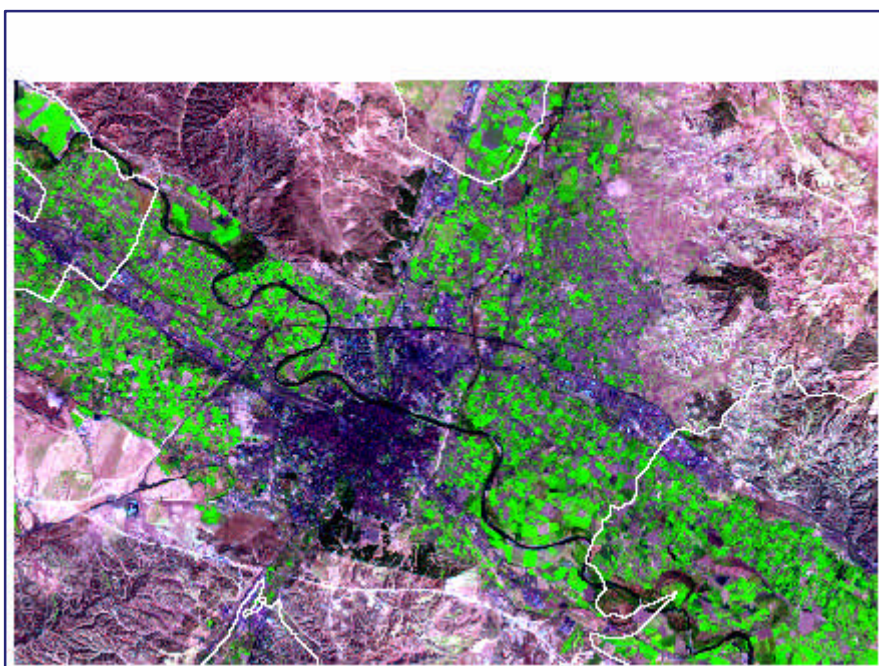
En España, la liberalización del suelo como forma de contrarrestar la falta de suelo en las grandes ciudades aparece en un momento en que las culturas que han girado sobre la ciudad dispersa han señalado los problemas que sobre el medio ambiente y sobre la propia sociedad generan estos crecimientos.

## **2. Área de estudio**

---

La cuestión con anterioridad expuesta se ha analizado en la parte central del municipio de Zaragoza. Aunque en las grandes ciudades españolas esta escala no hubiera resultado adecuada, en este caso y debido a la extensión del mismo (1058 km<sup>2</sup>), se hace apta, ya que concentra la mayor parte de los efectos de difusión suburbana.

Los tres ríos que confluyen en este espacio (Ebro, Gállego y Huerva) estructuran un paisaje de terrazas, glaciais y muelas. Esta singular topografía ha marcado la forma de crecimiento urbano, siendo las terrazas pleistocenas y holocenas y los glaciais los que concentran el uso urbano residencial del suelo, quedando las zonas de vales y muelas para los cultivos de secano, mayoritariamente. Todo ello ha originado un desarrollo en forma de estrella, ligado a los ejes de comunicación vial que discurren paralelos a los cursos fluviales.



**Imagen generada con el módulo ILLUMINATE a partir del  
pancromático y de una composición 543. En blanco aparece**

### 3. Metodología

---

El análisis de la delimitación espacial de la probabilidad de uso residencial del suelo en el entorno de Zaragoza parte de un modelo tendencial, a partir del conocimiento de los patrones de localización existentes, para extrapolar a todo el territorio las probabilidades para cada espacio según cada factor y la aplicación de las funciones matemáticas que explican cada tipo de dinámica. Para ello se han utilizado técnicas de pertenencia a clases borrosas, así como análisis multicriterio. Unido a estas funciones clásicas de los Sistemas de Información Geográfica raster, se han aplicado otras de teledetección para la clasificación de usos del suelo, no supervisada, realizada a partir de una imagen Landsat 7 TM (17 de Marzo de 2000).

#### Criterios

De entre la multiplicidad de criterios de diversa índole que actúan sobre el posible desarrollo de un crecimiento residencial se han elegido aquéllos claramente espacializables. Dos están generados a partir del MDT, alturas y pendientes, otros dos son mapas de distancias, a carreteras y a al núcleo urbano de Zaragoza, y por último un mapa de usos del suelo:

- ✓ Las pendientes son un factor restrictivo de cualquier crecimiento urbano, por los riesgos naturales y por el aumento de los costes de urbanización que genera.
- ✓ La altura tiene en este modelo una función discriminante para diferenciar crecimientos urbanos que produciéndose en pendientes reducidas se localizan en las zonas de vega, áreas de menor altitud, o en las “planas”, zonas altas.
- ✓ Las vías de comunicación han sido tradicionalmente un factor fundamental de direccionamiento del crecimiento de las ciudades. A una mayor distancia a una de ellas existe una probabilidad menor *a priori* de que aparezcan zonas residenciales.
- ✓ Los efectos de difusión que generan las urbes se hacen menos presentes a medida que aumenta la distancia respecto del foco emisor. Para muchas funciones, esta distancia no supone un descenso de la frecuencia de aparición de tipo lineal sino que por la propia dinámica de los mercados del suelo y por ventajas comparativas de unas áreas respecto a otras, se produce una expansión en saltos.
- ✓ Los usos del suelo sobre los que se han asentado las urbanizaciones aisladas vienen a expresar de forma genérica los factores de tipo económico que influyen en los precios de venta de los solares. Por norma general, aquellos usos de un valor menor, como el secano respecto de regadío, favorecen la aparición de urbanizaciones de mayor tamaño, ya que aunque aumenten los costes por tener una situación más periférica, éstos son amortizables por la puesta en venta de un mayor número de inmuebles, si bien es cierto que la mayoría de urbanizaciones en Zaragoza aparecen en la zona de huerta, ya que, aunque su valor de venta sea mayor, se reduce los costes de urbanización por la cercanía de las redes de los sistemas generales.

## Análisis de los patrones espaciales de localización.

Tras la delimitación de los factores que conformarán el modelo, se ha realizado, a partir del módulo EXTRACT de Idrisi 32 (Eastman, J. R., 1999:), un análisis estadístico de las características de localización espacial de las 18 urbanizaciones muestrales. Para cada uno de los factores se han establecido una serie de rangos a partir de los cuales se han distribuido las urbanizaciones, obteniendo así una nube de puntos para cada factor, a las que se han ajustado curvas de diferentes tipos que expresan el tipo de relación que cada una de las cinco variables establece con el fenómeno de estudiado.

## Creación de las imágenes de probabilidad.

Para la obtención de las imágenes de probabilidad de uso residencial para cada uno de los factores se ha utilizado la teoría de pertenencia a clases borrosas. El uso de esta técnica es habitual en la estandarización de los factores de modelos de evaluación multicriterio. Las ventajas que aporta son (Jiang, H. y Eastman, J.R., 2000):

1. Lógica en el proceso de estandarización. Comparándolo con un escalado lineal, la estandarización usando FUZZY representa una relación específica entre el criterio y el cuerpo de decisiones.
2. La lógica de las clases borrosas cubre el espacio entre la valoración booleana y la combinación lineal ponderada.

Los datos obtenidos para la variable dependiente de cada una de las ecuaciones han sido utilizados en el módulo FUZZY, a partir del cual se han generado imágenes de probabilidad para cada factor. Se ha elegido definir la ecuación e introducir los valores a partir de la opción *use files to add values*. Este módulo calcula la probabilidad de que cada píxel pertenezca a una clase borrosa, *fuzzy set*, mediante la evaluación de una serie de funciones de pertenencia a clases borrosas.

## Imagen de probabilidad final

Para la obtención de la imagen de probabilidad final se ha optado por la utilización de análisis multicriterio. Esta es, posiblemente, la técnica de toma de decisiones más utilizada en los Sistemas de Información Geográfica (SIG). El módulo MCE de Idrisi es una herramienta para la toma de decisiones; la decisión se basa en una serie de criterios que se combinan. Cada uno de ellos define la idoneidad de aparición de un determinado fenómeno. En el caso del presente análisis se ha optado no por establecer un baremo de idoneidad, sino partir de las tendencias existentes.

Así, y como se ha comentado en el punto anterior, se han estudiado los patrones espaciales de localización de urbanizaciones aisladas para cada uno de los factores elegidos en el modelo, evitando de esta manera la posible subjetividad de determinar un grado a priori de capacidad de acogida.

De entre los métodos de combinación posible se ha optado por la Combinación Lineal Ponderada. Este proceso multiplica cada factor por su peso y suma posteriormente los resultados, los cuales son posteriormente multiplicados por las áreas de exclusión, imágenes booleanas.

Los criterios pueden ser de dos tipos: factores y restricciones. Los primeros indican la ya mencionada capacidad de acogida; los segundos, imágenes booleanas, son de naturaleza excluyente.

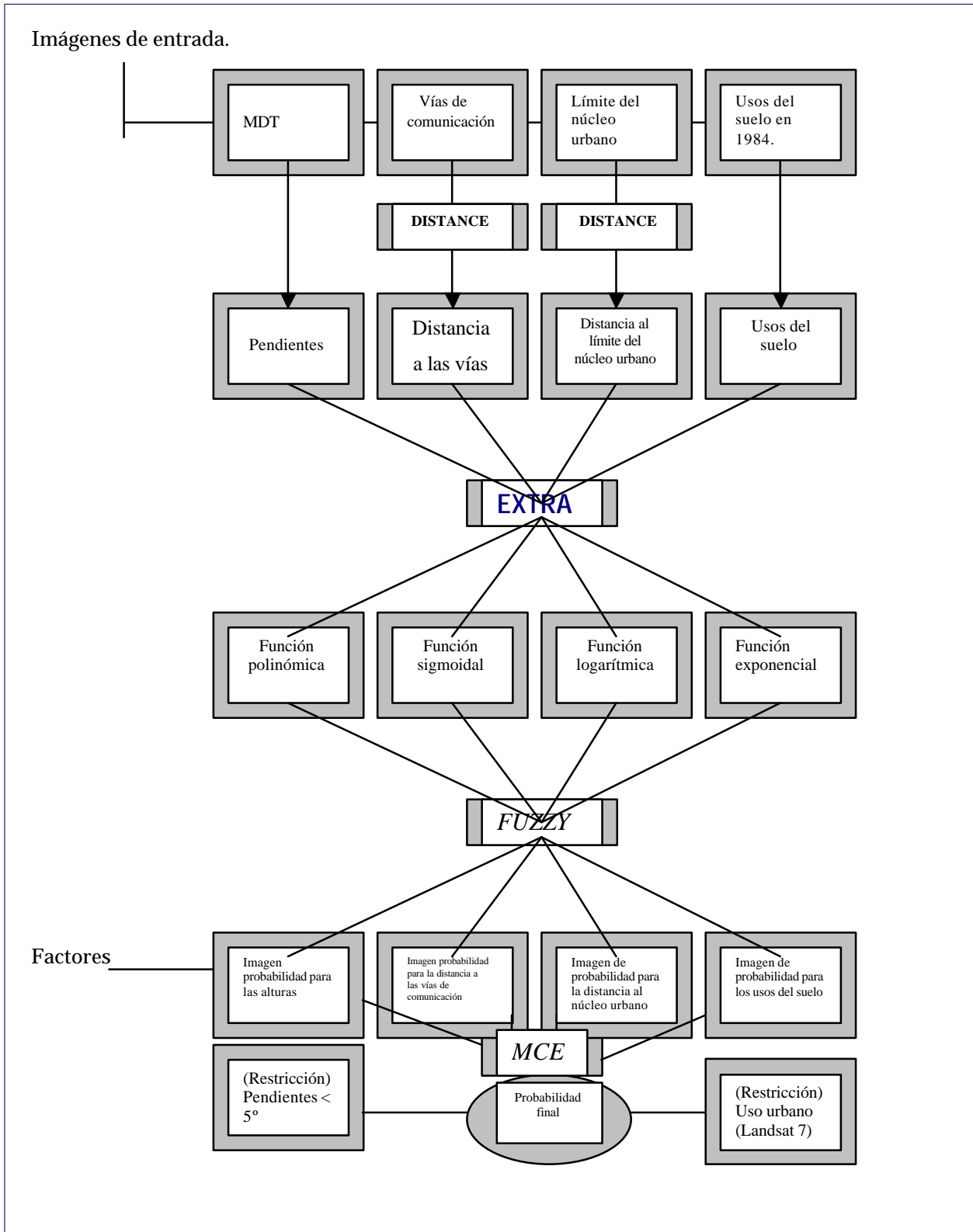
Los factores establecidos son:

- 1.- Distancia al núcleo urbano de Zaragoza.
- 2.- Distancia a las vías de comunicación.
- 3.- Alturas.
- 4.- Usos del suelo.

Para las restricciones se han elegido:

- 1.- Pendientes inferiores a 5°.
- 2.- Áreas ya urbanizadas.

## Esquema metodológico





## 4. Fase de desarrollo

---

### A) Entrada de la información.

La entrada de los datos es el primero de los estadios en la fase de desarrollo de un modelo previamente conceptualizado y estructurado. Idrisi 32 permite la importación de ficheros de diversa procedencia, tanto vectoriales como raster.

1. Digitalización. Tanto de la red viaria como del contorno de Zaragoza; se importaron a Idrisi 32 a través del formato .shp de ArcView, para ser rasterizados.
2. Importación de cuatro hojas 1:25000 de curvas de nivel y cotas, realizadas por el Instituto Geográfico Nacional, con las cuales y a través de un método de interpolación TIN (Triangulated Irregular Network) y su posterior transformación a formato raster mediante TINSURF se generó un MDT (Modelo Digital del Terreno).
3. Importación del archivo Arc/Info de usos del suelo que la Confederación Hidrográfica del Ebro suministra en su página WEB ([www.chebro.es](http://www.chebro.es)).
4. Tratamiento digital de una imagen Landsat 7 TM, la cual, previa corrección geométrica y atmosférica, ha servido para realizar un análisis de usos del suelo mediante clasificación no supervisada (módulo ISOCLUSTER de Idrisi 32). El objeto del mismo es el de delimitar las áreas con usos urbanos.

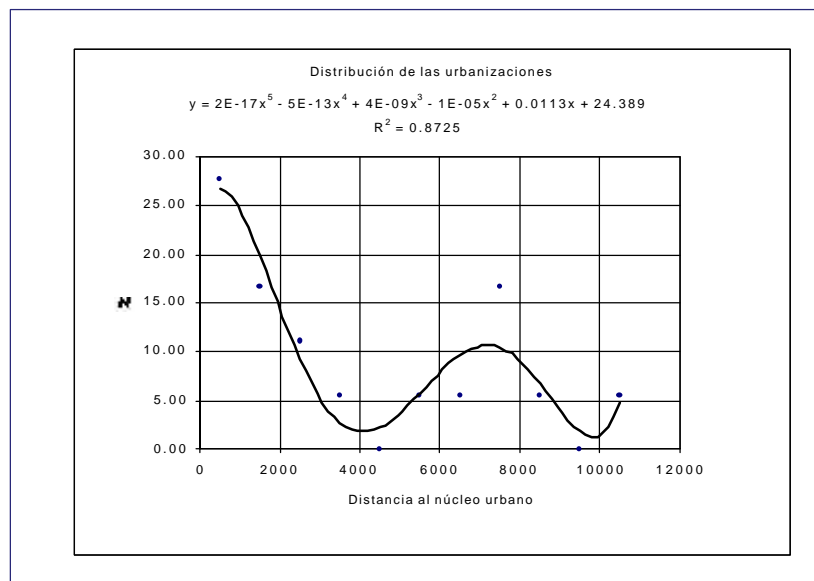
### B) Tratamiento estadístico de la información.

A partir del módulo EXTRACT de Idrisi 32 se ha extraído la información de localización espacial de cada urbanización para cada variable. Se han establecido diferentes intervalos con el objeto de conocer el patrón de distribución espacial de las urbanizaciones residenciales aisladas.

Para la distancia a Zaragoza de las urbanizaciones se han obtenido la siguiente distribución por intervalos:

Distancia a Zaragoza	Nº de urbanizaciones	%
0-1000	5	27.78
1000-2000	3	16.67
2000-3000	2	11.11
3000-4000	1	5.56
4000-5000	0	0.00
5000-6000	1	5.56
6000-7000	1	5.56
7000-8000	3	16.67
8000-9000	1	5.56
9000-10000	0	0.00
Más de 10000	1	5.56
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

Esta distribución responde a una curva polinomial que presenta la siguiente forma:

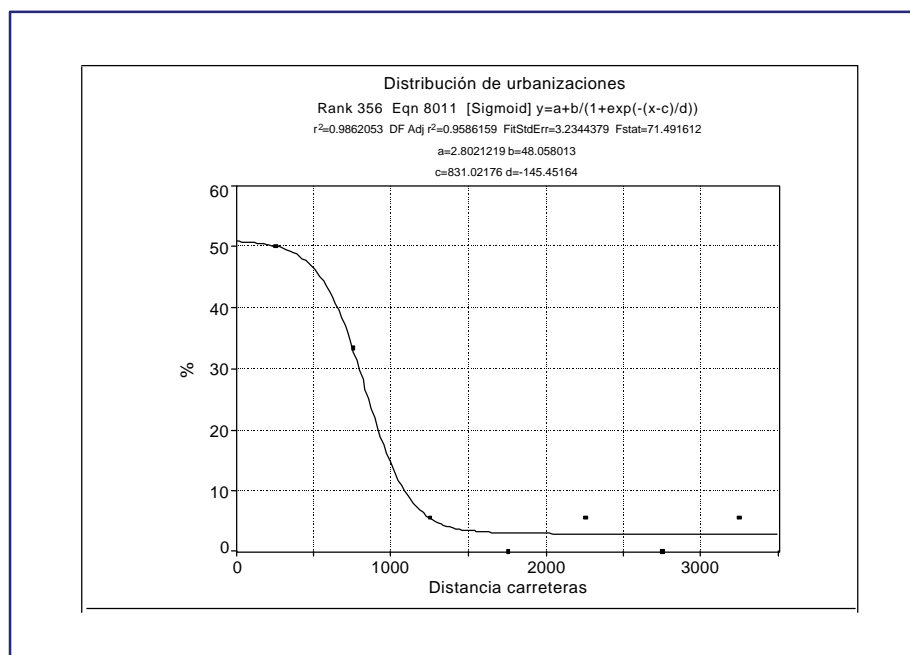


Como se observa, la distribución de las urbanizaciones respecto a la distancia a la ciudad, al límite externo de la urbe compacta, sigue una pauta de ondas, cuyos máximos van siendo menores según aumenta la distancia.

La distribución de casos respecto de los intervalos establecidos para la variable distancia a vías de comunicación aporta los siguientes resultados:

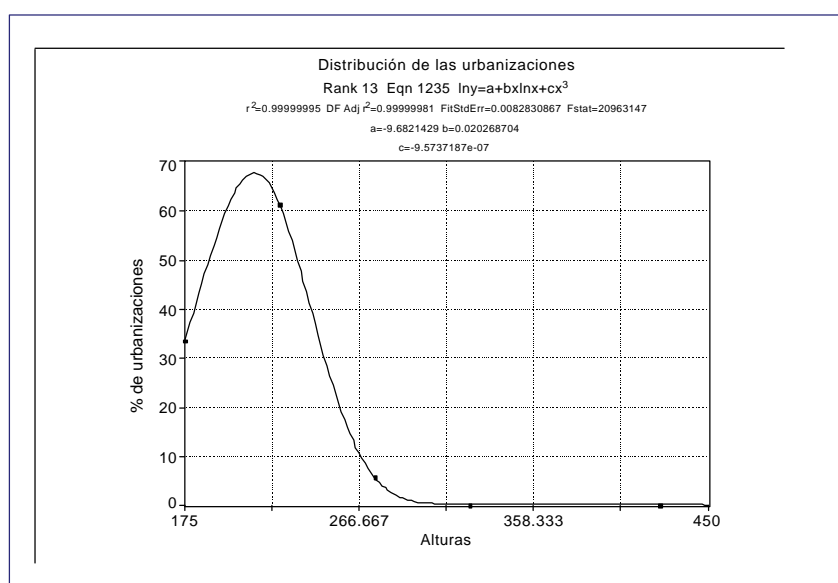
Distancia a carreteras	Nº de urbanizaciones	%
0-500	9	50.00
500-1000	6	33.33
1000-1500	1	5.56
1500-2000	0	0.00
2000-2500	1	5.56
2500-3000	0	0.00
Más de 3000	1	5.56
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100</b>

A esta distribución se ajusta una curva sigmoideal, en la que los valores se mantienen constantes en los extremos:



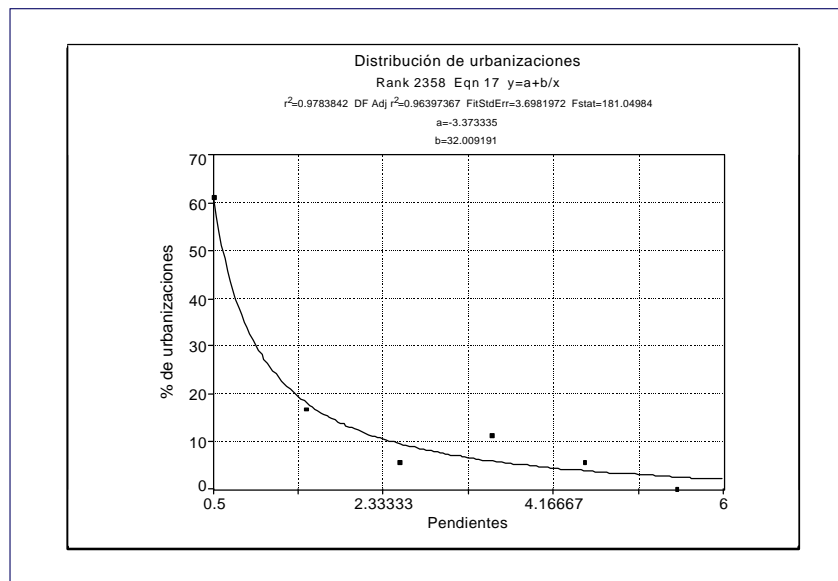
La distribución de las urbanizaciones respecto de las alturas sigue la forma de una curva logarítmica. Ascende hasta la altura de 200 metros para descender de forma rápida hasta los 300 metros, altura a partir de la cual la presencia de urbanizaciones se convierte en irrelevante. La primera parte de la curva muestra una ascenso, según aumenta la altitud, que no viene a expresar sino la menor presencia de urbanizaciones en la parte oeste del municipio, próxima al río, respecto de los ejes norte, este y sur, cuyas alturas medias son algo superiores.

Alturas	Nº de urbanizaciones	%
150-200	6	33.33
200-250	11	61.11
250-300	1	5.56
300-350	0	0.00
Más de 350	0	0.00
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>100</b>



Para la variable pendientes, los valores aparecen concentrados en el intervalo de 0 a 1 grados de inclinación, lo que manifiesta claramente la tendencia de los desarrollos urbanos a concentrarse en las zonas más llanas. La función ajustada presenta su primer punto de control en el punto medio del primer intervalo, 0.5, asignándosele a los valores inferiores el mismo valor de y.

Pendientes	Nº de urbanizaciones	%
0-1	11	61.11
1-2	3	16.67
2-3	1	5.56
3-4	2	11.11
4-5	1	5.56
Más de 5	0	0.00

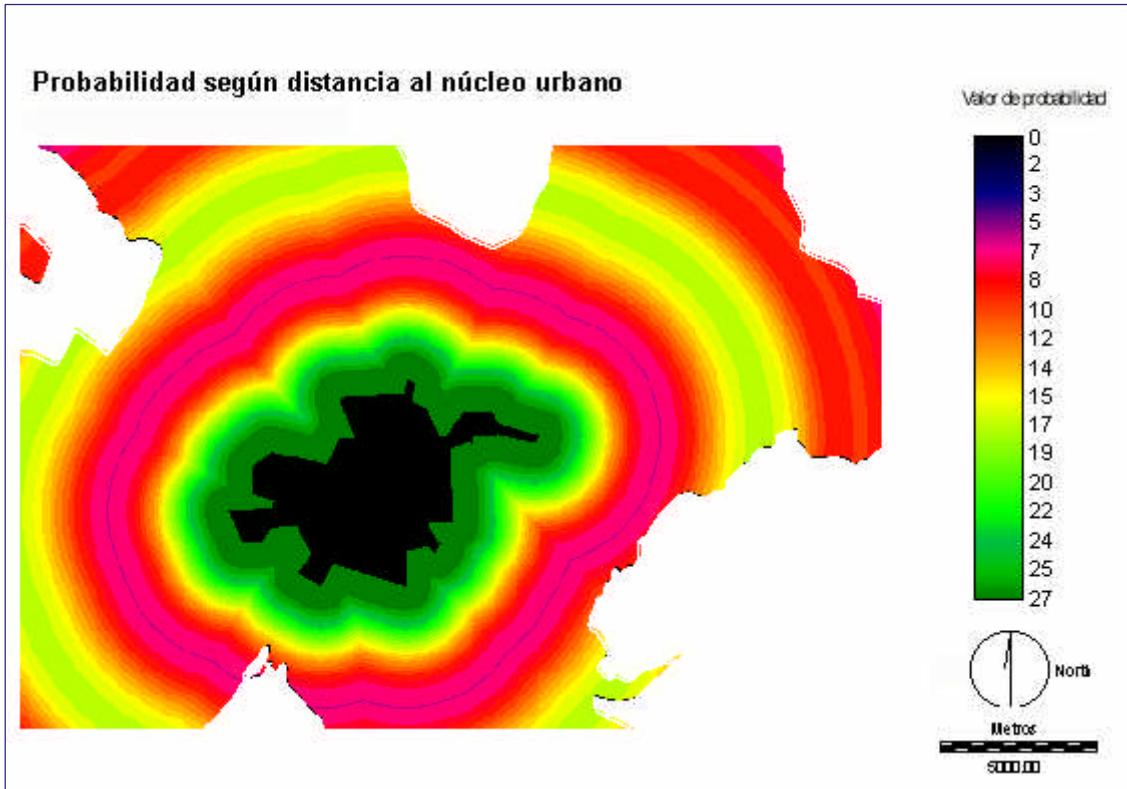


La distribución de las urbanizaciones según los usos del suelo sobre los que se han asentado muestra una concentración total en la zona de huerta. Es por ello que para este factor no hemos aplicado la teoría de las clases borrosas con el módulo FUZZY, sino que, directamente, le hemos dado un valor de 95 al uso regadío, y 5 al resto de usos. Es evidente, que el peso de este factor será el prioritario en el posterior análisis multicriterio, ya que muestra una tendencia de localización espacial muy marcada.

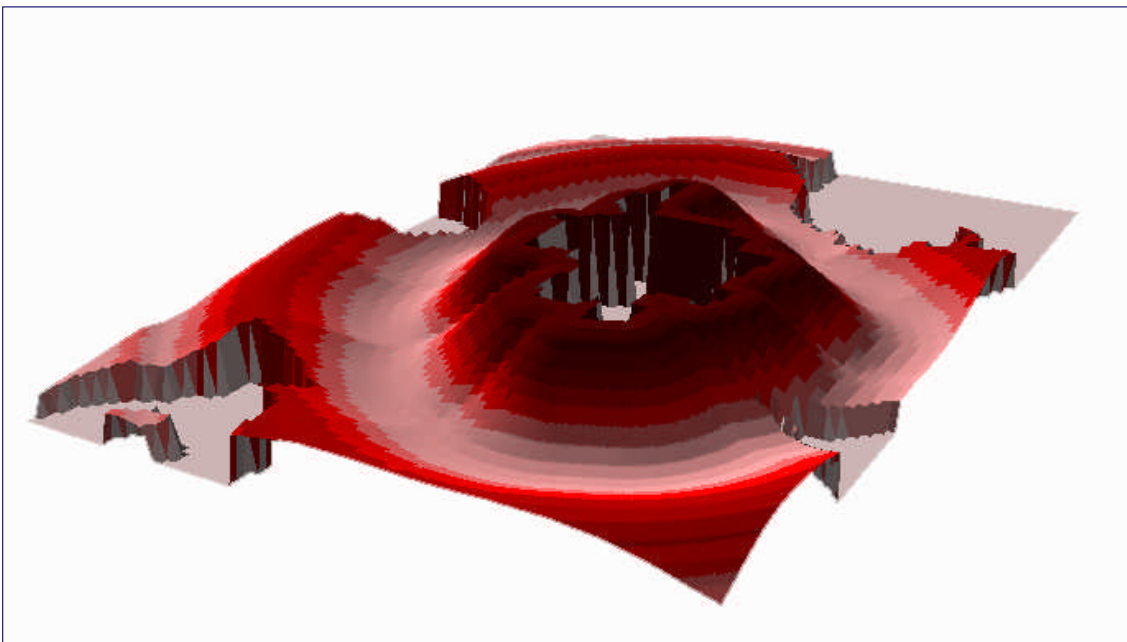
### C) Obtención de las imágenes de probabilidad.

Con las funciones anteriores se han obtenido los valores para la variable dependiente para cada unidad de la variable independiente. Los archivos son abiertos directamente en el módulo FUZZY, a partir de los cuales se generan las imágenes de probabilidad.

La imagen resultante para el factor distancia al núcleo urbano es mostrada tridimensionalmente mediante una conversión de la imagen de Idrisi a ArcView, a través de una subrutina de importación (idr2grid), ya que aporta una comprensión más rápida de las pautas del reparto de la probabilidad en este factor.

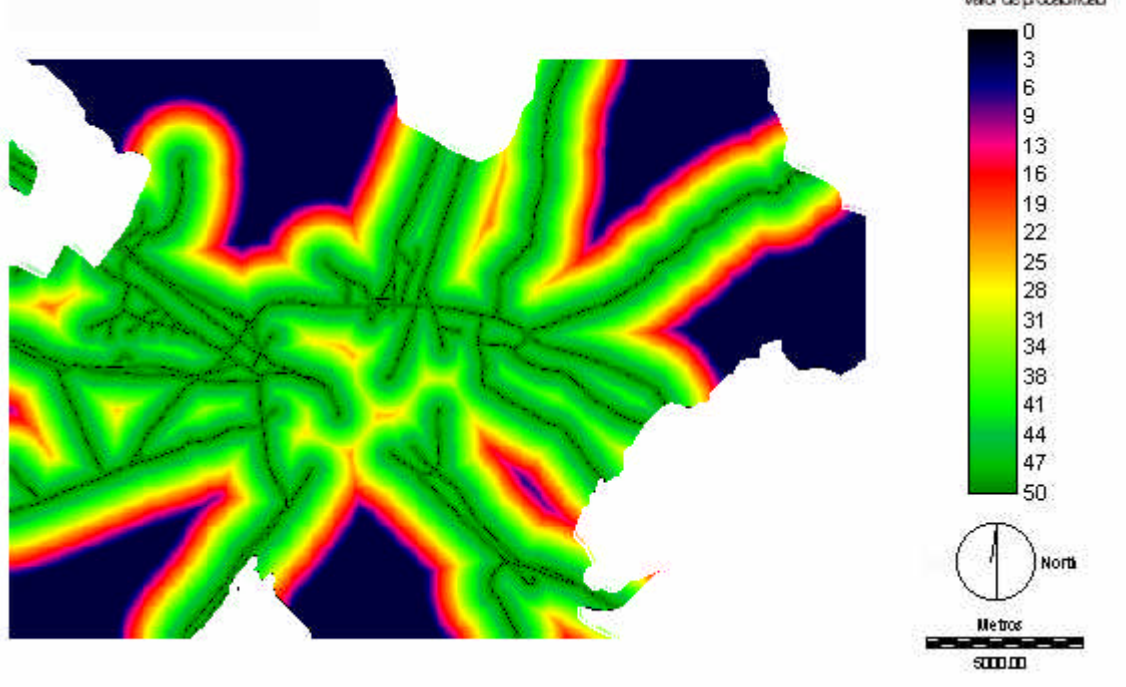


**Factor: distancia al núcleo urbano**



**Visualización en 3D de la probabilidad según distancia al núcleo urbano.**

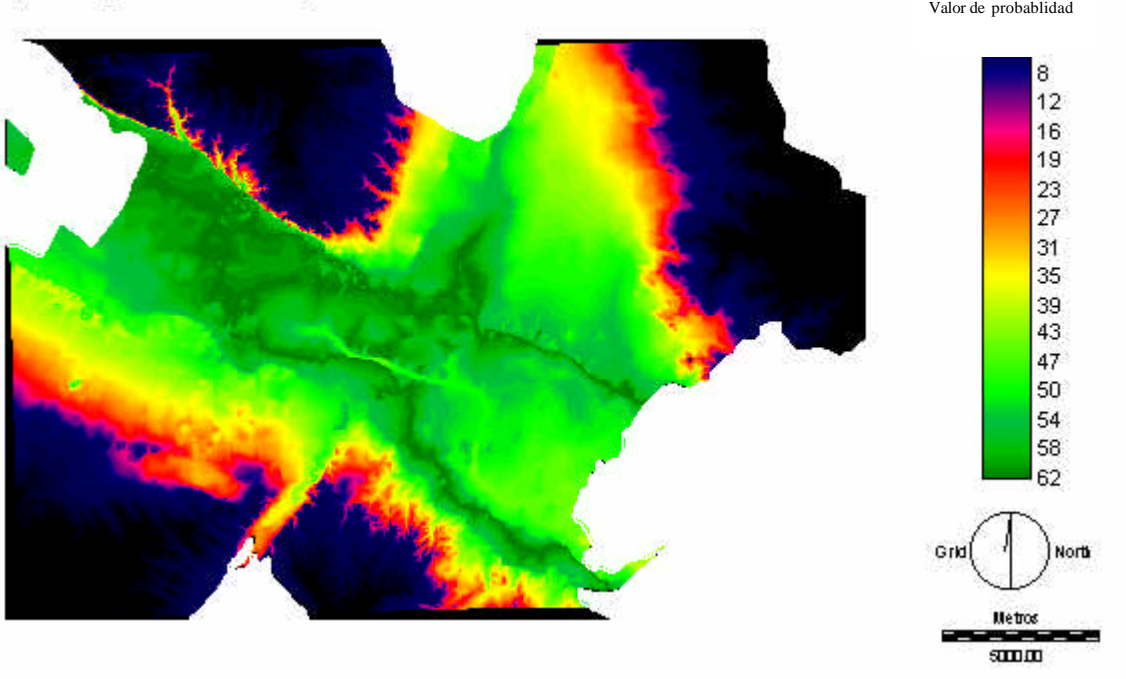
### Probabilidad según distancia a vías de comunicación

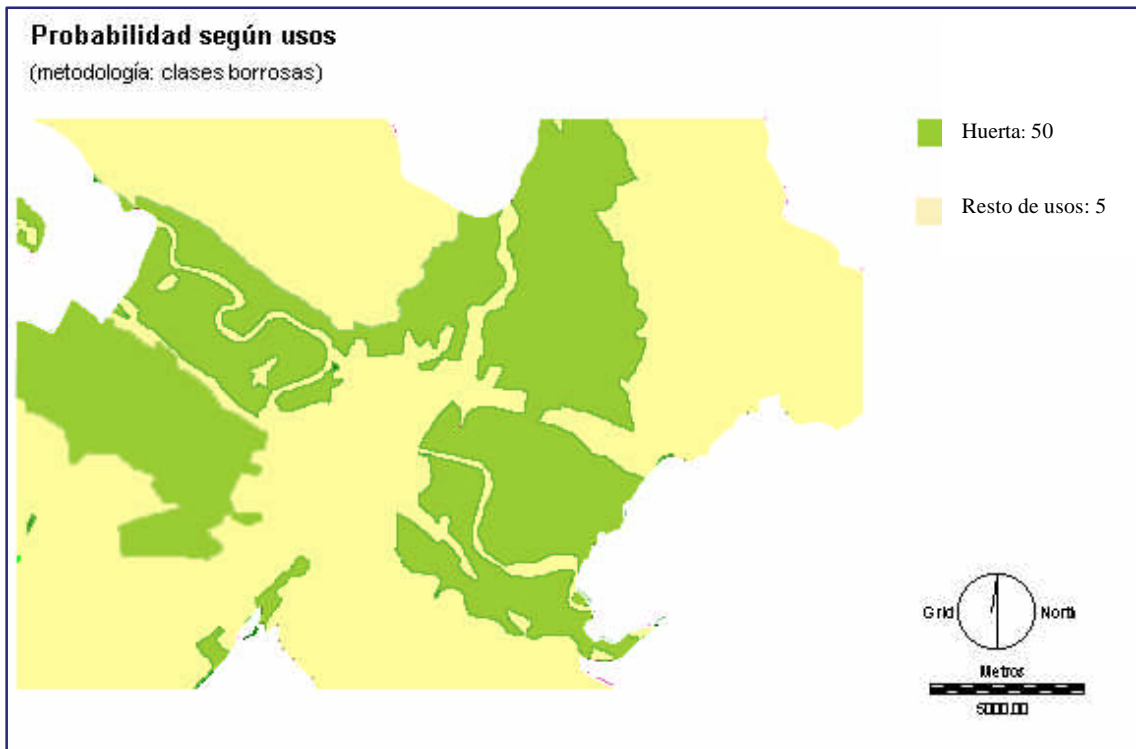


**Factor: distancia a las vías de comunicación**

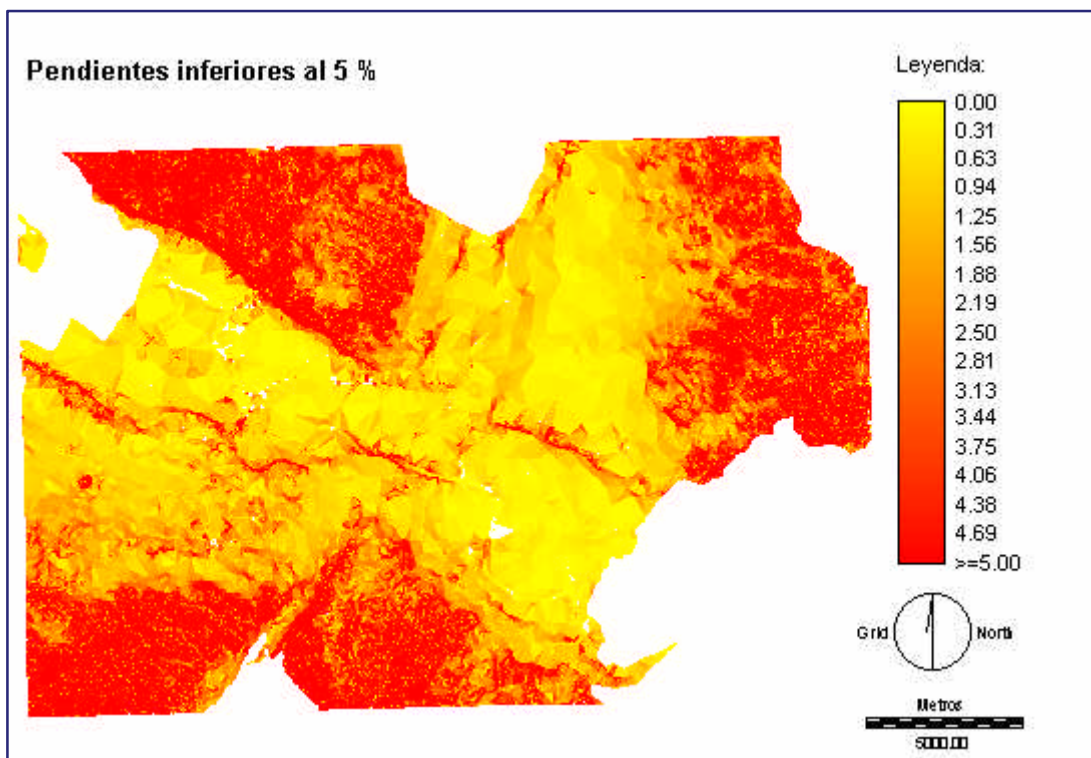
### Probabilidad según altura

(metodología: clases borrosas)





**Factor usos del suelo**



Constricción: pendiente.



Las pendientes serán utilizadas como restricción tras reclasificar la presente imagen a valores de 0 y 1, siendo 0 las pendientes superiores a 5° y 1 las inferiores a este umbral.

La segunda de las restricciones establecidas en el análisis multicriterio es una imagen booleana en la que se presentan con un valor 0 los usos urbanos y con un valor 1 todos los demás. Para la generación de esta imagen se ha utilizado una clasificación no supervisada con el módulo ISOCLUSTER de Idrisi 32. Se han utilizado las bandas de la 1 a la 7 y la 9 de una imagen Landsat 7, además de una composición 543 como imagen para definir el posible número de clusters.

El resultado obtenido obligó a utilizar informaciones auxiliares, el MDE, para discriminar correctamente el uso de tipo urbano, ya que en el cluster que correspondía a este tipo de uso agrupaba también a píxeles, que a partir del conocimiento del área de estudio, pertenecen a zonas de matorral.

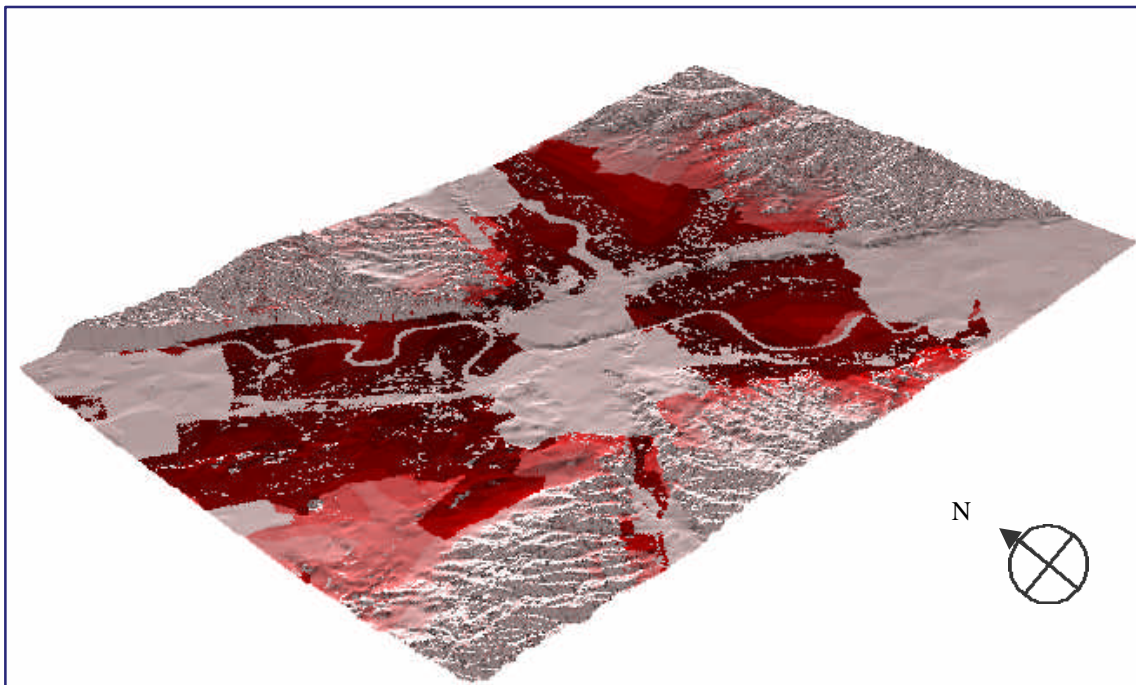
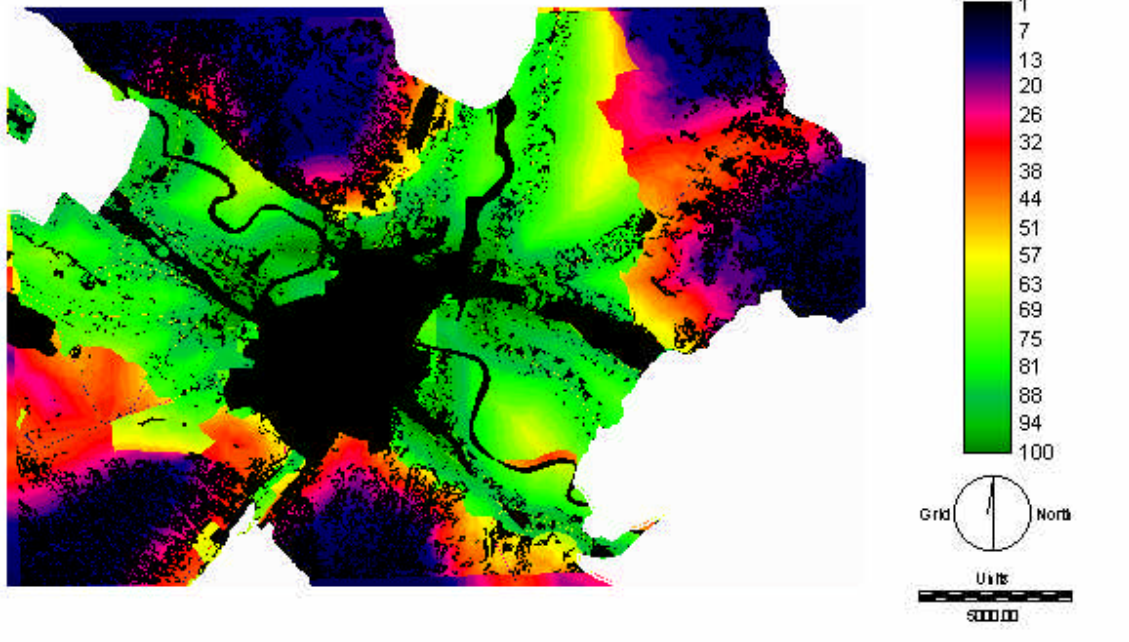
## **D) Imagen de probabilidad final**

El método aplicado para la obtención de la imagen de probabilidad final está basado en la teoría del análisis multicriterio y, más concretamente, en el módulo MCE de Idrisi 32. De las tres formas de combinación se ha elegido la Combinación Lineal Ponderada porque es la que aporta un riesgo medio entre la combinación booleana (AND) y la Media Ordenada Ponderada (OR). Los criterios de combinación son los ya comentados con anterioridad, factores y restricciones, en el apartado de metodología.

Los valores de la imagen resultante han sido establecidos entre 0 y 100. Evidentemente, estos valores no expresan una probabilidad propiamente dicha, sino que la imagen resultado ha de ser entendida como de naturaleza cualitativa.

El resultado de la aplicación de esta metodología se expresa en las figuras siguientes:

**Probabilidad final de usos del suelo**



Probabilidad final superpuesta a una visión tridimensional del MDE.

## 5. Fase de desarrollo

A partir de las funciones obtenidas de la distribución de urbanizaciones residenciales aisladas para cada factor se obtienen las siguientes conclusiones:

- ✓ La probabilidad respecto de la distancia a las vías de comunicación se ajusta a una curva sigmoïdal en la que la probabilidad se mantiene constante hasta una distancia de 650 metros, a partir de la cual desciende hasta los 2200 metros. Más allá de esta distancia la probabilidad se mantiene baja de forma constante.
- ✓ La probabilidad respecto de la distancia al núcleo urbano de Zaragoza se explica por una función en la que los máximos son decrecientes, alternándose entre ellos mínimos de valor. Se observa una primera orla de mayor probabilidad, seguida por otra de inferior valor, separadas ambas por una zona de valores mínimos.
- ✓ La probabilidad respecto de las alturas muestra la existencia de una mayor preponderancia a la localización en las zonas más bajas, que son las que coinciden con el espacio de los regadíos y con una mayor proximidad a las carreteras.
- ✓ La probabilidad de existencia de una urbanización aislada según el uso del suelo está muy localizada en las áreas de regadío, mientras que no han aparecido en el resto de usos.
- ✓ Las pendientes son un factor restrictivo de los crecimientos urbanos. La tendencia de crecimiento de urbanizaciones aisladas en Zaragoza respecto a este factor muestra la inexistencia de usos residenciales en pendientes superiores a 5°, y un descenso muy pronunciado a partir de 1°.

Tras selección de aquellos píxeles que superan el valor 80 de la imagen de probabilidad final, los de mayor probabilidad de uso residencial, se han obtenido las siguientes características de su distribución espacial para las variables no nominales:

Factor	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Rango	Desv. Estándar
Distancia a vías de comunicación	0	1884	441	1884	337
Distancia al núcleo urbano	14	10956	3263	10942	2165
Alturas	178	259	211	801	15

Los resultados demuestran que las zonas de mayor probabilidad de aparición de crecimientos urbanos residenciales son aquellas que distan menos de 2 kilómetros de una vía de comunicación, a una distancia inferior a 11 kilómetros del núcleo urbano y en alturas no superiores a los 259 metros.

Además, la probabilidad es muy reducida si el uso de suelo no es regadío y nunca por encima de pendientes superiores a 5°. Estas cifras son mucho más restringidas si elegimos únicamente los píxeles con valor igual o superior a 95.

<b>Factor</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Rango</b>	<b>Desv. Estándar</b>
<b>Distancia a vías de comunicación</b>	15	793	202	778	156
<b>Distancia al núcleo urbano</b>	14	7909	7895	1042	1110
<b>Alturas</b>	189	222	33	202	7

Por lo tanto, el estudio de la tendencia existente hasta el momento muestra como las áreas de una mayor futura posible presión son aquellas de buena accesibilidad, situadas en las zonas de huerta y próximas a la ciudad.

Esta situación de presión sobre unas zonas concretas puede pervertir el sentido original de la Ley 6/1998 de 13 de abril, poner más suelo en el mercado para reducir el coste final de la vivienda, ya que no todas las zonas, aunque tengan la calificación urbanística de urbanizables, tienen las mismas probabilidades de llegar a serlo.

## 6. Bibliografía

---

- Castells, M., (1995). La ciudad informacional: Tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional. Madrid, Alianza.
- Dematteis, G., (1998). Suburbanización y periurbanización. Ciudades anglosajonas y ciudades latinas. La ciudad dispersa. Barcelona, Ed. Centre de Cultura Contemporània de Barcelona.
- Eastman, J.R., (1999). Guide to GIS and Image Processing. Clark University. Worcester.
- Hall, P., (1996). Ciudades del mañana: historia del urbanismo en el siglo XX. Barcelona, Ediciones del Serbal.
- Jiang, H. y Eastman, J. R., (2000): Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *Internacional Journal of Geographical Information Systems*, 14, N°. 2: 173-184.
- Ley 6/1998 de 13 de Abril sobre Régimen del Suelo y Valoraciones
- López de Lucio, R. y Hernández-Aja., (1995). Los Nuevos Ensanches de Madrid. La morfología residencial en la periferia reciente 1985-1993. Madrid, Ed. Gerencia Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Madrid.
- Monclús, F. J., (1998). Suburbanización y nuevas periferias. Perspectivas geográfico-urbanísticas. Ciudad dispersa. Barcelona, Ed. Centre de Cultura Contemporània de Barcelona.
- Nel-lo, O., (1998). Los confines de la ciudad sin confines. Estructura urbana y límites administrativos en la ciudad difusa. Ciudad dispersa. Barcelona, Ed. Centre de Cultura Contemporània de Barcelona.
- Rueda, S., (1998). Periurbanización y complejidad en los sistemas urbanos. Ciudad dispersa. Barcelona, Ed. Centre de Cultura Contemporània de Barcelona.

