

# **DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO RASTER PARA LA PLANIFICACION TERRITORIAL**

**Maurici RUIZ-PEREZ  
Antoni RODRIGUEZ-PEREA  
Onofre RULLAN-SALAMANCA  
Pere SALVA-TOMAS**

**Departament de Ciències de la Terra  
Universitat de les Illes Balears  
Ctra. Valldemossa, km. 7.5  
E-07071 Palma (Mallorca)**

## **INTRODUCCION**

Los Sistemas de Información Geográficos (SIG) constituyen una potente metodología para la gestión, procesamiento y expresión de información georeferenciada. En los últimos años su aplicación se impone de forma creciente en estudios de planificación territorial.

La configuración ambiental que caracteriza un territorio comprende un importante volumen informativo. Los procesos planificadores deben argumentarse en la integración de la información y proponer alternativas idóneas a las propias capacidades del espacio geográfico que pretenden ordenar. En este sentido la tecnología informática supone un recurso metodológico de gran efectividad.

La hibridación de los Sistemas Gestores de Bancos de Datos (SGBD) con los tradicionales Sistemas de cartografía automática es responsable de la aparición de los SIG. En un SIG se identifican tres componentes fundamentales: El Banco de Datos (BD), el componente

operativo funcional (Operadores que actúan sobre el BD) y las estructuras de la información (elemento puente entre el BD y los operadores). En función del tipo de estructuración de la información espacial, los SIG pueden ser de tipo raster o vectorial. El tipo vectorial considera el espacio geográfico continuo, asumiendo los postulados de la geometría euclídea. El tipo raster divide el espacio en elementos discretos, teselas indivisibles (normalmente celdillas poligonales).

Durante los últimos años el Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universitat de les Illes Balears ha trabajado en la elaboración del programa informático "SEPOT" ("Software Específico para la realización de proyectos de Ordenación Territorial") el cual permite el desarrollo de SIGs raster sobre cualquier zona objeto de estudio.

En esta comunicación sintetizaremos la estructura del programa y sus principales características, una estructura y características que se encuentra todavía en desarrollo gracias a la ayuda PTR89-0037 (Modelo para la Gestión Geográfica del Territorio) de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología.

Finalmente ilustraremos el texto con una serie de aplicaciones prácticas desarrolladas en el campo de la planificación territorial.

## METODOLOGIA

La construcción del programa se desarrolló en tres fases:

### **1. Análisis del problema y diseño del programa.**

SEPOT fue concebido como respuesta a la

necesidad de una metodología eficaz para la integración de datos medioambientales georeferenciados. Se trata de aportar una alternativa metodológica para reducir la complejidad contextual que plantea el tratamiento de la información territorial.

En esta fase se prescribieron un conjunto de requisitos previos que el programa debería contemplar :

A. Permitir la configuración de BD georeferenciados de estructura teselar sobre cualquier territorio objeto de estudio.

B. Articular un conjunto de algoritmos para la explotación (recuperación, análisis y expresión cartográfica) del Banco de Datos.

C. Constituir un sistema metodológico integral para la planificación física del territorio y para la evaluación del impacto ambiental de figuras del planeamiento municipal.

Un factor prioritario que se enfatizó desde el inicio del proyecto se refiere a la compatibilidad de la información y los mecanismos de transferencia de datos. El diseño original del programa contempla modelos de transferencia de archivos con otros sistemas o programas afines al entorno SIG, CAD-CAM, programas de cálculo estadístico, SGBD, etc.

## 2. DISEÑO DEL ALGORITMO

Cada uno de los objetivos descritos se descompuso en una serie jerárquica de apartados (top-down design) de forma que el proyecto original se disgregó en un conjunto estructurado de módulos.

## **Modulo de Configuración del Banco de Datos**

Previa a cualquier función es necesario definir la estructura de la información y de que forma se integran los ficheros, campos y registros en el BD.

La estructura de la información en el programa SEPOT posee un formato raster. Consecuentemente, el territorio objeto de análisis se articula en un conjunto de unidades territoriales poligonales homogéneas. De esta forma cada unidad espacial posee una referenciación geográfica determinada por el valor de sus coordenadas en el espacio. (Se utiliza la proyección UTM).

Se trata de un método de referenciación aplicable preferentemente a áreas no consolidadas urbanísticamente, sin embargo, mediante ajustes en el dimensionado de la malla es posible optimizar resultados sobre cualquier tipo de territorio.

El BD se estructura según un modelo relacional. La traducción digital del espacio geográfico se realiza mediante la asimilación de los sectores territoriales a ficheros independientes georeferenciados. Los campos de estos ficheros representan los atributos y descriptores ambientales que han sido inventariados, además de las coordenadas geográficas. A este nivel los registros, como unidades constituyentes de cada ficheros representan las unidades espaciales discretas de la malla.

## **Modulo de Gestión de la Información**

Las tareas de introducción, consulta y modificación del BD se estimó que debían contemplarse conjuntamente para aprovechar estructuras algorítmicas coincidentes y evitar redundancias innecesarias.



La entrada de información al modelo se fundamenta en la digitalización inicial del área objeto de estudio. La tipología de la información que podrá integrarse en el Banco de Datos está restringida únicamente por su propia susceptibilidad a la codificación numérica.

El proceso de entrada de datos requiere tres grandes grupos de tareas: preparación de documentos, digitalización y corrección de errores.

De esta forma, una vez se dispone de cartografía a escala de las variables ambientales que se desea introducir al BD: se superpone a los mapas una malla de cuadrículas (fruto de la subdivisión de la referencia UTM según la escala establecida).

A continuación se procede a la codificación manual de cada una de las celdillas de la malla. Se las incorporará un valor numérico que representará su contenido, para cada uno de los mapas. En aquellas cuadrículas en que coexistan varias clases temáticas, deberá establecerse un criterio de asignación numérica.

El programa cuenta además con un conjunto de rutinas para la consulta y modificación de la información numérica del Banco de Datos.

De modo conversacional se seleccionan las características de la información que desea extraerse.

Mediante especificación o condición geométrica o simbólica se configura un filtro que aplicado al BD extraerá la información pertinente.

## **Modulo de Procesamiento**

En este modulo se incorporaron una amplia serie de aplicaciones para el procesamiento de la información contenida en el BD. Se trata del paquete más voluminoso del sistema por incorporar gran variedad en funciones para el cálculo matemático, análisis estadístico y modelos específicos para la superposición de información.

La potencialidad operativa de los GIS se centra predominantemente en su capacidad para procesar y analizar la información del BD georeferenciado.

El componente operativo del SEPOT se fundamenta en un conjunto de algoritmos de cálculo desarrollados sobre un sistema de procesamiento relacional adaptado a la naturaleza espacial de la información. El modelo acomoda funciones standar de procesamiento propias de un SGBD al ámbito del análisis espacial.

El módulo de procesamiento se subdivide en cuatro sub-módulos :

1. Filtrado de la información. Selección datos que cumplan unas determinadas prescripciones.
2. Cálculos simples (matemáticos, lógicos, estadísticos,etc)
3. Funciones concretas (pendiente, visibilidad, accesibilidad, interpolación, etc)
4. Análisis integral.(Modelos de superposición, maximización relativa, modelos de entrecruzamiento, etc).

## **Modulo de Expresión**

La expresión cartográfica de la información y la preparación de informes y tablas ocupa este apartado.

En este sentido, la edición cartográfica del contenido del BD es uno de los puntos que presentó mayor complejidad.

SEPOT cuenta con un módulo de cartografía automática directamente conectado al BD. De esta forma cualquier variable georeferenciada contenida en el BD podrá ser materialmente expresada en un documento gráfico o bien en una imagen en pantalla.

## **Modulo de Transferencias**

Este módulo se constituye de algoritmos orientados a la conversión de formatos de información, para permitir la compatibilidad del sistema con otros formatos y asegurar de este modo su flexibilidad y operatividad.

### **3. RESOLUCION DEL ALGORITMO EN EL ORDENADOR**

Una vez se dispuso del esquema algorítmico del programa, se decidió que lenguaje de programación era el más adecuado para las funciones que se habían descrito y se adaptaba mejor a nuestras propias posibilidades.

Finalmente se decidió utilizar un Sistema Gestor de Bases de Datos compilado para todas aquellas aplicaciones relacionadas con la gestión y procesamiento de la información y un lenguaje de alto nivel para los módulos que incorporasen expresión gráfica de resultados.

La codificación se realizó incorporando progresivamente los algoritmos modulares al programa raíz.

Tras concluir el programa se procedió a su comprobación minuciosa poniendo a prueba cada una de las aplicaciones incorporadas.

## **HARDWARE**

El programa SEPOT funciona con equipos IBM-PC compatibles. Se ha elegido esta configuración por sus elevadas prestaciones, gran difusión y accesibilidad económica.

## **DEPURACION DEL PRODUCTO**

Simultáneamente a la elaboración del programa se ha ido sometiendo el producto a sucesivos ensayos con el objeto corregir posibles errores y verificar su correcto funcionamiento.

Una de las aplicaciones en que el SEPOT ha demostrado mayor capacidad ha sido en la detección de la capacidad del territorio al desarrollo de distintos usos en función de las características del medio físico.

El fundamento metodológico consiste básicamente en la aplicación de modelos de superposición a la información georeferenciada contenida en el BD.

Se presentan a continuación, a modo de ejemplo, una serie de mapas obtenidos como resultado del desarrollo de este tipo de procesamientos aplicados sobre BD de varios municipios de la isla de Mallorca.



## **APLICACIONES**

El programa SEPOT ha sido aplicado en numerosos estudios en el ámbito de la Planificación Territorial, al respecto el proyecto de mayor envergadura ha sido el Pla Territorial Parcial de la Serra de Tramuntana (EQUIP TRAMUNTANA, 1988) y del que ya dimos noticia en otra ocasión (RUIZ-RULLAN-RODRIGUEZ, 1990).

Otra aplicación del SEPOT han sido las Evaluaciones de Impacto Ambiental del Planeamiento Municipal (PGOU Manacor y Pollença, NNS de Artà y Binissalem) y Gestión Ambiental (Albufera de Mallorca).

Las variables consideradas y las aptitudes evaluadas son las que presentamos a continuación:

### **ARTA**

Variables del medio físico consideradas : Altitud, Pendiente, Litología, Interés Paisajístico, Ocupación del suelo.

Aptitudes evaluadas: Conservación, Agricultura Extensiva, Agricultura intensiva, Urbanización. (Mapa 1)

### **MANACOR**

Variables consideradas: Altitud, Pendiente, Litología, Vulnerabilidad de Acuíferos, Índice de Humedad, Interés Botánico, Interés Faunístico, Interés Paisajístico, Ocupación del suelo

Aptitudes evaluadas: Conservación, Forestal, Agricultura Extensiva, Agricultura intensiva,

Urbanización extensiva, Urbanización intensiva, Industria extractiva. (Mapa 2)

## **POLLENÇA**

Variables consideradas: Altitud, Pendiente, Litología, Capacidad Agrológica del suelo, Interés Botánico, Interés Faunístico, Interés Paisajístico, Ocupación del suelo.

Aptitudes evaluadas: Conservación, Agricultura Extensiva, Agricultura intensiva, Urbanización (Mapa 3).

## **CONCLUSIONES**

En este artículo se ha argumentado el empleo de los SIG como instrumento metodológico para dinamizar la elaboración de estudios de planificación y gestión territorial. Se aporta un modelo informático simple para el desarrollo de este tipo de técnicas sobre cualquier zona objeto de estudio.

SEPOT está constituido por un conjunto integrado de programas informáticos para el desarrollo de Sistemas de Información Geográficos de estructura raster. El programa cuenta con aplicaciones específicas para la planificación territorial, impacto ambiental y gestión de recursos naturales, así como posee implementado un sistema de cartografía automática para la expresión cartográfica de datos.

El funcionamiento del programa ha sido ensayado en numerosas ocasiones demostrando su capacidad y eficacia.

## BIBLIOGRAFIA

ALEGRE, Pau; Una aplicació del Programa M.A.P. a Catalunya. (1983). Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona. Direcció General de Política Territorial de la Generalitat de Catalunya.

AZCUTIA RAJOY, J. A. ; GOMEZ OREA, D.; SANCHEZ DEL RIO, R. (1983). "Modelo automático de asignación de usos del suelo en áreas rurales (MAUSAR)". Estudios Territoriales 10,15-52.

BERRY, Joseph,; "A Mathematical Structure for Analyzing Maps ". Environmental Management Vol 11. 1987. No. 3, pp. 317-325.

CEBRIAN, J.A.; MARK, D. M.:(1986); "Sistemas de información geográfica. Funciones y estructuras de datos ". Estudios Geográficos XLVII, 184,277-299.

CEBRIAN, J.A.; MARK, D. M.; (1987). "Gestión y perspectivas de desarrollo de Sistemas de Información Geográficos ". Estudios Geográficos. Tomo XI VIII n.188, julio-septiembre.359-378.

GOMEZ OREA, Domingo; RUIZ DEL PORTAL MATEOS, Alberto; BANET y LOPEZ DE REGO, Luis. "Condicionantes del Medio Físico a la Localización Espacial de las Actividades de Planeamiento en la Provincia de Vizcaya". 1978. Ciudad y Territorio. No. 4/78.

EQUIP TRAMUNTANA (1988): Pla Territorial Parcial de la Serra de Tramuntana. Fase d'Informació i Diagnòstic.- Conselleria d'Obres Públiques i Ordenació del Territori-Universitat de les Illes Balears (COPOT-

UIB).- 6 volúmenes de texto + 1 volumen de mapas + Apéndice + carpeta de mapas.

KUSS, Fred R.; "A First Alternative for Estimating the Physical Carrying Capacities of Natural Areas for Recreation". 1896. Environmental Management. Vol. 10, No. 2, pp. 255-262.

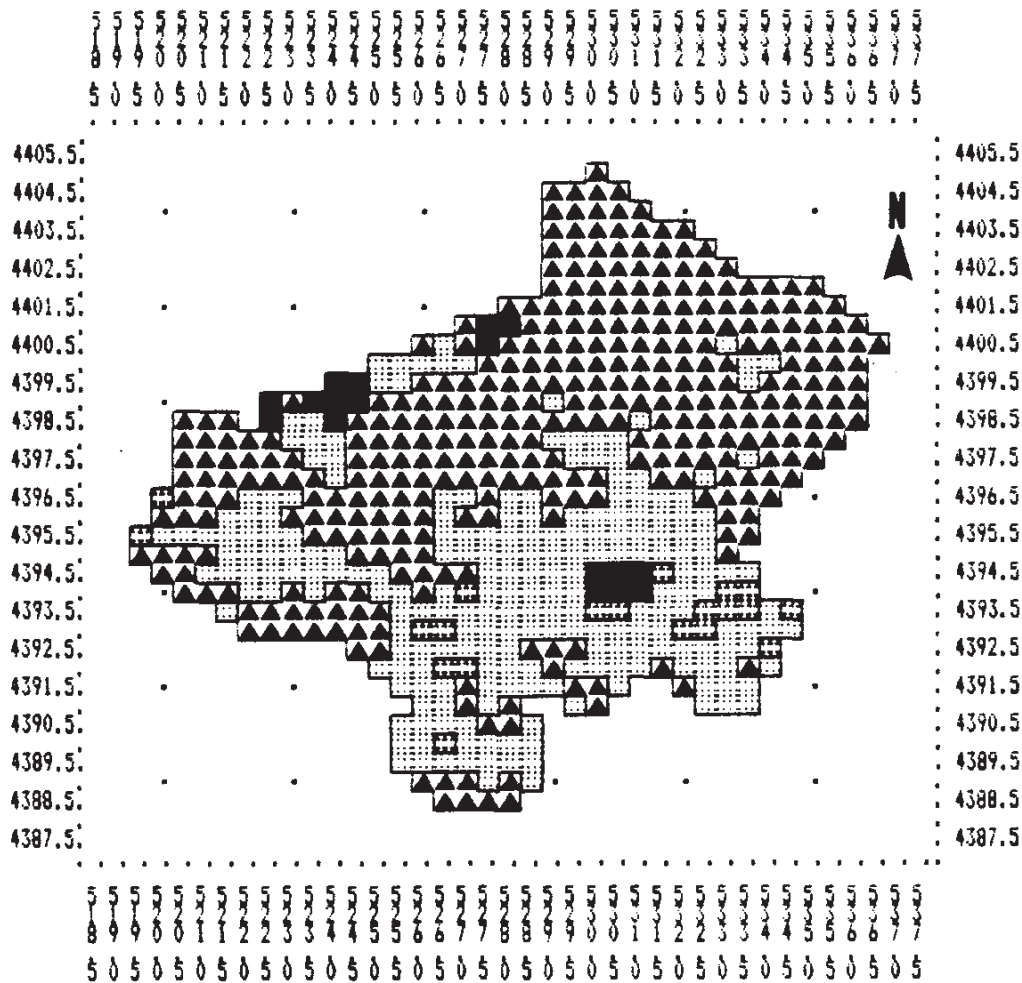
MARBLE , D.F.; CALKINS, H. and PEUQUET, D. (1984). " Basic readings in Geographical Information Systems". Williamsville, NY. SPAD Systems Ltd.

NUNES ALONSO, Joan; "Evolución Conceptual y Técnica de los Sistemas de Información Geográfica. La Agenda Pendiente." (1989). Boletín de la A.G.E. N° 9; pp. 81-86. Madrid.

RUIZ, Mauricio; RULLAN, Onofre y RODRIGUEZ-PEREA, Antonio (1990): "Development of a GIS for Tramuntana Mountain Range. Mallorca (Spain)".- EGIS'90, Supplement to the proceedings.- EGIS foundation.- Amsterdam.- April 1990.- pg 60-70.

RHIND, D. (1987). Recent developments in geographical information systems in the U.K.". International Journal of Geographic Information Systems 1, 3, 229-241.

SMITH Paul G.R. and THEBERGE John G. 1987. "A Review of Criteria for Evaluating Natural Areas" .Environmental Management Vol. 10, No. 6, pp. 715-734.



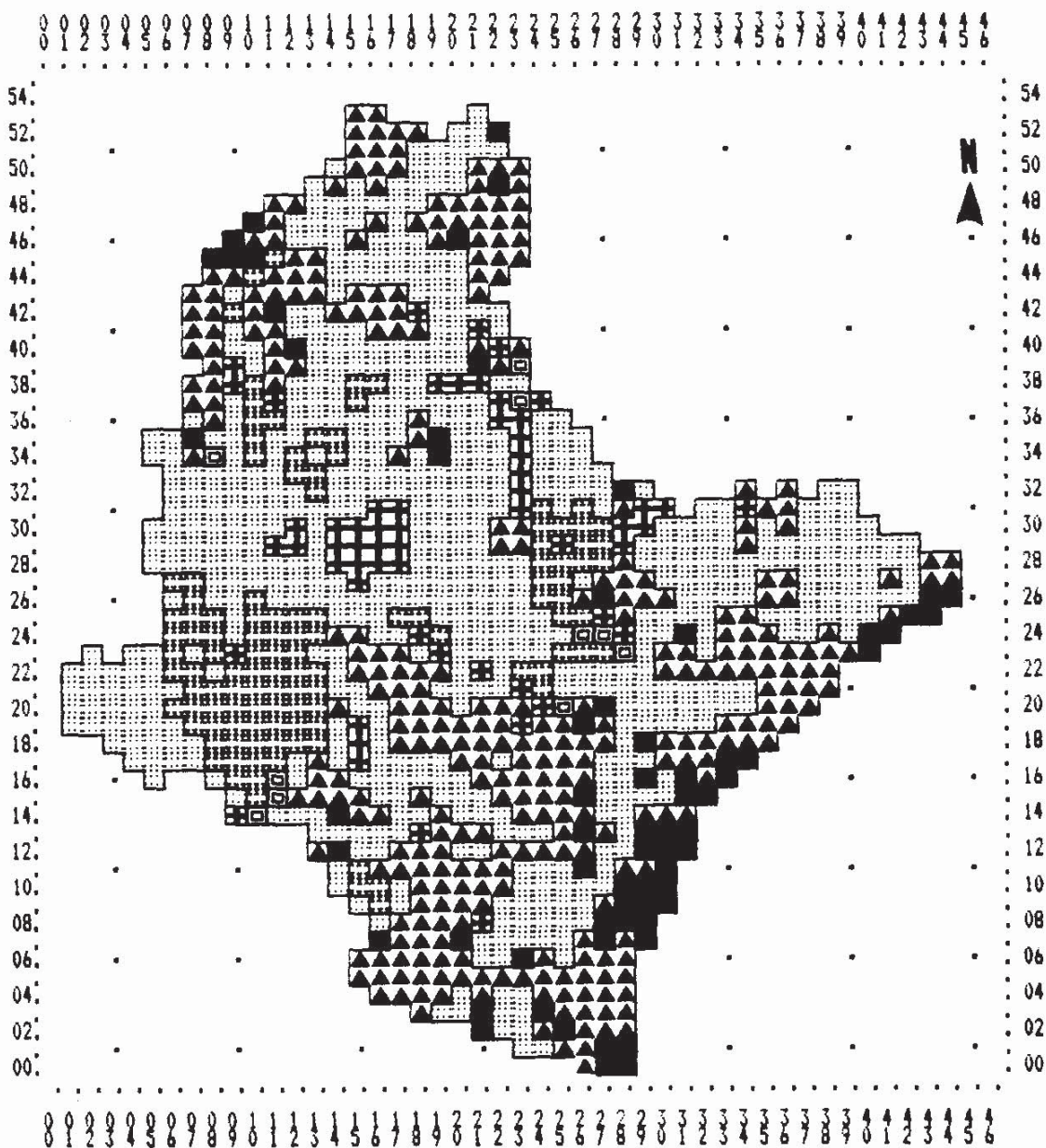
*TERMINO MUNICIPAL DE ARTA (MALLURCA-BALEARES)*  
*MAPA DE APTITUDES PREFERENTES*

LEYENDA	Freq.absol.	Porcentaje	Histograma
▲▲ - CONSERVACION	358	- 57 %	
●●●● - AGRICULTURA EXTENSIVA	223	- 36 %	
■ ■ ■ ■ - AGRICULTURA INTENSIVA	20	- 3 %	
■ ■ ■ ■ - URBANIZACION	17	- 2 %	

\* S.E.P.D.T. Copyright Mauricio Ruiz 1988. \*

(mapa 1)



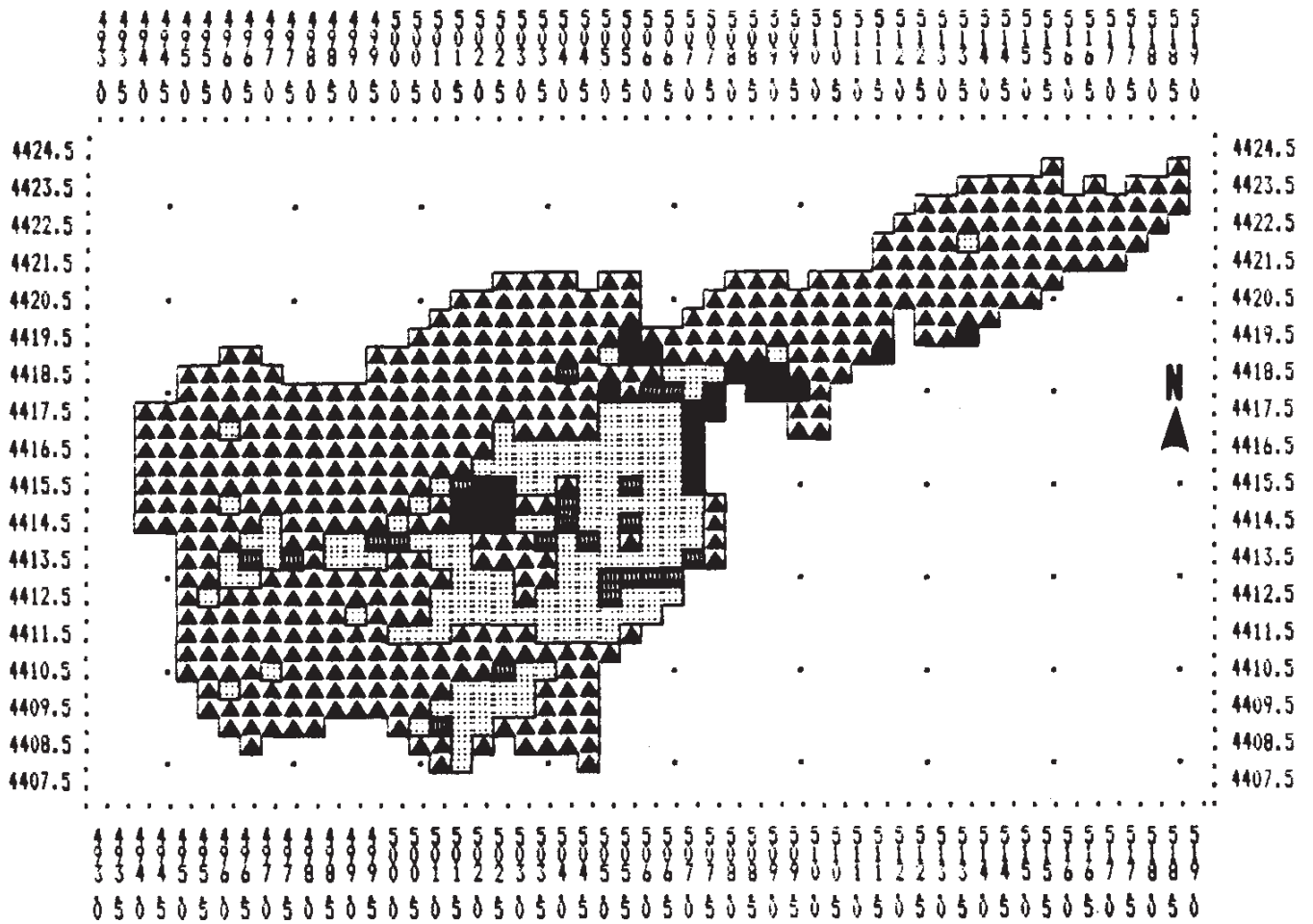


*TERMINO MUNICIPAL DE MANACOR (MALLORCA - BALEARES)*  
*MAPA DE APTITUDES PREFERENTES*

LEYENDA	Freq. absol.	Porcentaje	Histograma
■ - CONSERVACION	68	- 5 %	
▲ - FORESTAL	335	- 29 %	
● - AGRICULTURA EXTENSIVA	562	- 48 %	
▬ - AGRICULTURA INTENSIVA	116	- 10 %	
⊕ - URBANIZACION EXTENSIVA	58	- 5 %	
◻ - URBANIZACION INTENSIVA	10	- 0 %	

† S.E.P.O.T. Copyright Mauricio Ruiz 1988. †

(mapa 2)



*TERMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA-BALEARES)*  
*MAPA DE APTITUDES PREFERENTES*

LEYENDA	Freq. absol.	Porcentaje	Histograma
▲▲ - CONSERVACION	501	- 72 %	
●●●● - AGRICULTURA EXTENSIVA	140	- 20 %	
■■■■ - AGRICULTURA INTENSIVA	22	- 3 %	
■■■ - URBANIZACION	27	- 3 %	

© S.E.P.O.T. Copyright Mauricio Ruiz 1988. ©

(mapa 3)