

Presentación	17
TEMA 1. LOS SIG VECTORIALES: ORIGEN, PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y PRINCIPALES OPERACIONES DE CÁLCULO	19
1. La organización de la información geográfica en formato vectorial.....	19
2. El origen de la información en los SIG vectoriales	22
2.1. Los procedimientos de captación y conversión a formato digital vectorial de la información espacial	22
2.1.1. Los métodos de observación directa	22
• El sistema GPS	22
2.1.2. El empleo de fuentes secundarias	25
• La digitalización vectorial semiautomática	25
• Principales errores de la digitalización. Corrección de errores, generalización y suavizado de líneas	28
• La vectorización automática de datos raster	30
2.2. La entrada de la información temática	31
3. La presentación de la información en los SIG vectoriales.....	32
3.1. Los mapas temáticos vectoriales.....	34
4. Principales tipos de análisis a realizar en un SIG vectorial	37
4.1. La selección/recuperación de la información geográfica.....	37
4.1.1. La selección o búsqueda temática.....	37
4.1.2. La selección o búsqueda espacial	39
4.1.3. La selección o búsqueda mixta (temática y espacial) ...	39

4.1.4. La recuperación de la información seleccionada	40
4.1.5. La reclasificación de la información temática	41
4.2. Superposición de mapas	41
4.2.1. Superposición de puntos en polígonos	42
4.2.2. Superposición de líneas en polígonos	43
4.2.3. Superposición de polígonos	47
4.3. Análisis espacial de proximidad	51
4.4. El análisis de redes	53
4.4.1. Definición de red	54
4.4.2. La conversión de las redes a formato digital	55
4.4.3. Funcionalidades del análisis de redes	56
• Trazado de rutas óptimas	57
• Análisis de áreas de influencia	59
• Mapas de isocronas	60
4.5. Medición espacial de objetos geográficos	61
4.6. La agregación de objetos geográficos	61
TEMA 2. LA ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN ARCGIS. EL FUNCIONAMIENTO DE ARCCATALOG	63
1. Introducción	63
2. La organización de los datos mediante ArcCatalog	64
2.1. Acceso al programa e interface principal del mismo	64
2.2. Conexión a bases de datos externas	67
2.3. Visualización de los contenidos del catálogo	68
2.4. Visualización rápida de la información espacial y temática	70
2.5. Incorporación de información adicional sobre las carpetas y conexiones	74
2.6. Información de los metadatos. Forma de editarlos	75
TEMA 3. VISUALIZACIÓN Y GESTIÓN DE LAS BASES DE DATOS ESPACIALES ...	79
1. Objetivos básicos del tema	79
2. Algunos conceptos fundamentales	79
3. Principales procedimientos de manejo de un mapa	80
3.1. Abrir o cerrar un mapa ya existente	80

3.2. La organización de la información espacial en un mapa. La definición y manejo de sus componentes.....	81
3.2.1. El manejo de los componentes de la tabla de contenidos ..	83
• Definición de las características de un marco de datos ..	85
• Definición de las características de un layer	86
3.2.2. El manejo de la ventana del mapa	89
• Principales operaciones que permiten modificar la apariencia de los elementos espaciales	89
• Utilización de los dos formatos de visibilidad del mapa.	90
• Empleo de una plantilla de mapa.....	91
• Utilización de las herramientas <i>overview windows</i> y <i>magnifier windows</i>	92
4. Ejemplo de visualización y gestión de una base de datos espacial....	93

TEMA 4. LA ENTRADA Y EDICIÓN DE DATOS EN FORMATO VECTORIAL. LA OPERACIÓN DE DIGITALIZAR.....	95
1. Introducción	95
2. Algunos conceptos fundamentales	95
2.1. La definición de las coordenadas geográficas	95
2.2. La forma real de la Tierra. La Geodesia en la base de la posición de los puntos de la superficie terrestre sobre una figura geométrica definida.....	96
2.3. La proyección de los puntos de la superficie terrestre sobre una superficie plana	97
2.3.1. Principales sistemas de proyección.....	98
2.2. La digitalización o captación de las coordenadas geográficas de los objetos espaciales	103
3. La entrada de información desde un fichero de coordenadas Dbase .	105
4. La creación de datos vectoriales por digitalización.....	107
4.1. Edición de un fichero de puntos de nueva creación	107
4.2. Edición de un fichero de líneas de nueva creación	111
4.3. Edición de un fichero de polígonos de nueva creación	112
4.4. Edición de un fichero ya creado	113
4.5. Nuevas herramientas para facilitar el proceso de edición.....	114
4.6. Otras tareas de la aplicación.....	118

TEMA 5. EL MANEJO DE INFORMACIÓN TEMÁTICA, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN Y MODIFICACIÓN DE LAS TABLAS DE ATRIBUTOS.....	119
1. Objetivos básicos del tema	119
2. Algunos conceptos fundamentales	119
3. Principales procedimientos del manejo de una tabla de atributos...	119
3.1. Abrir la tabla de atributos de una capa geográfica o layer	119
3.2. Incorporar o cargar otra base de datos temática	120
3.3. Personalizar una tabla de atributos o de datos	121
3.3.1. Modificaciones sobre la visualización de las variables o campos de una tabla.....	121
3.3.2. Modificaciones sobre la visualización de los registros de una tabla.....	122
3.3.3. Modificación de la apariencia externa de una tabla de datos	123
3.4. Desplazamiento por los elementos de una tabla	124
3.5. Añadir o borrar un campo o variable de nueva creación. Edición de la información	125
3.6. Juntar una tabla de atributos a otra ya existente	127
3.7. Hacer un resumen de los datos, si los registros poseen un campo cuyo valor se repite.....	128
4. Ejemplos de gestión de la tabla de atributos de una capa geográfica	129
4.1. Añadir al layer de las comunidades autónomas españolas, determinadas variables sobre la población ocupada	129
4.2. Gestión de la información sociodemográfica de la tabla de atributos de las provincias españolas. Incorporación manual y automática de nueva información	132
4.2.1. Visualizar y ordenar la tabla de atributos de una capa o layer	132
4.2.2. Editar nuevos campos en una tabla de atributos.....	134
• Añadir una nueva variable de forma manual	134
• Añadir una nueva variable de forma derivada (a partir de otras existentes).....	134
• Unir, en el layer de las comunidades autónomas, la tabla de atributos a otra tabla externa.....	135
• Agrupar los datos de una tabla de atributos en otra nueva, de acuerdo a algún criterio de identificación ...	137

TEMA 6. LA ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS Y GRÁFICOS. LA PREPARACIÓN DE COMPOSICIONES FINALES E IMPRESIÓN	139
1. Objetivos básicos del tema	139
2. Algunos conceptos fundamentales	139
3. Procedimientos necesarios para la confección de una mapa temático.....	139
3.1. Principales fases en la representación cartográfica de mapas temáticos.....	139
3.2. Preparación de los mapas temáticos	140
3.2.1. Principales tipos de mapas definidos	141
• Mapas de representación individualizada de símbolos ...	141
• Mapas de representación de variables categóricas	142
• Mapas de representación de variables cuantitativas	143
• <i>Representación de mapas de color graduado o de coropletas.....</i>	<i>143</i>
• <i>Mapas de gradación de símbolos.....</i>	<i>146</i>
• <i>Mapas de puntos</i>	<i>147</i>
• <i>Cartodiagramas</i>	<i>149</i>
• <i>Mapas de representación multivariable.....</i>	<i>151</i>
3.2.2. La utilización de plantillas de mapas (« <i>map template</i> »)...	153
4. Añadir textos, gráficos o etiquetas a un mapa determinado.....	153
4.1. Añadir texto o gráficos.....	153
4.2. Añadir etiquetas	156
5. Preparación de composiciones finales. Impresión y exportación de los resultados obtenidos	159
5.1. Inserción de elementos en una composición	160
5.1.1. Inserción del título	160
5.1.2. Inserción de la leyenda.....	161
5.1.3. Inserción de la escala y norte geográficos.....	164
5.2. Añadir nuevos mapas en la composición.....	165
5.3. Impresión de una composición de mapa.....	166
5.4. Exportar una composición de mapa a otros formatos.....	167
6. Ejemplos de elaboración de mapas temáticos	167
6.1. Construir un mapa de coropletas, correspondiente a los distritos centrales del municipio de Madrid y municipios limítrofes, que represente el porcentaje de población que posee, únicamente, estudios primarios	167

6.2. Construir un mapa de puntos, correspondiente a los municipios cercanos a la ciudad de Barcelona, que represente el volumen de población residente en cada uno de ellos, en el año 1995.....	169
6.3. Construir un mapa de símbolos proporcionales, correspondiente a los núcleos urbanos cercanos a la ciudad de Barcelona, que represente el volumen de población residente en cada uno de ellos, en el año 1996.....	170
TEMA 7. VISUALIZACIÓN TRIDIMENSIONAL	173
1. Objetivos básicos del tema	173
2. Algunos conceptos fundamentales	173
2.1. Los modelos de reconstrucción de las superficies en 3D	174
2.2. La elaboración de las superficies a partir de los datos muestrales.....	175
3. Accionar el procedimiento <i>ArcGIS 3D Analyst</i>.....	176
4. Creación de superficies tridimensionales	176
4.1. Creación de una superficie TIN a partir de datos en formato vectorial	176
4.2. Creación de superficies raster por interpolación.....	178
4.3. Conversión de una superficie TIN desde un raster	179
4.4. Conversión de una superficie raster desde un TIN	181
5. Representación de superficies en 3D. El sistema de navegación <i>ArcScene</i>	182
5.1. Representación de una imagen raster o TIN, de acuerdo a diversos procedimientos de definir la trama de color.....	183
5.2. Representación y manejo de las imágenes en 3D	186
5.2.1. Representación de la imagen en 3D.....	186
5.2.2. Sobreimposición de las curvas de nivel	187
5.2.3. Sobreimposición de una capa en 2D.....	188
5.2.4. Obtención de un perfil del terreno.....	188
5.2.5. Obtención de la línea de visión de un observador	189
5.3. Navegar con el sistema <i>ArcScene</i>	189
5.4. Presentación conjunta de diversas vistas al mismo tiempo.....	190
5.5. Composición de escenas.....	191
5.6. Exportar las imágenes en 3D	194
6. Ejemplo de visualización y gestión de una base de datos espacial en 3D	194

6.1. Transformar la capa geográfica del relieve (de formato vectorial a raster)	194
6.2. Navegar sobre la imagen raster del relieve y preparar su visualización en 3D	195
6.3. Superponer otras capas sobre el relieve	196
6.4. Obtener el perfil del terreno y la línea de visión	198

TEMA 8. OPERACIONES DE ANÁLISIS ESPACIAL. BÚSQUEDAS TEMÁTICAS Y ESPACIALES. INTERSECCIÓN Y UNIÓN DE CAPAS 199

1. Objetivos básicos del tema	199
2. Principales procedimientos de análisis espacial	199
2.1. Identificación de los elementos geográficos con el ratón	199
2.2. Seleccionar elementos geográficos de un <i>layer</i>	200
2.2.1. Selección de elementos geográficos y sus atributos de forma directa	200
2.2.2. Encontrar los elementos geográficos que cumplan determinadas condiciones de sus atributos	201
• Localización por su nombre	201
• Localización por condición algebraica	201
2.2.3. Encontrar los elementos espaciales que cumplan determinadas condiciones de carácter geográfico por proximidad	202
• Localización de los elementos geográficos dentro de una caja rectangular determinada	202
• Localización de los elementos geográficos dentro de un polígono previamente trazado	204
• Localización de los elementos geográficos de una capa a una distancia dada de un punto concreto	204
• Localización de los elementos geográficos de una capa a una distancia dada de los de otra	206
• Seleccionar los elementos geográficos de una capa adyacentes a otros de la misma	207
• Localización de los elementos geográficos de una capa situados dentro de los polígonos de otra	209
• Localización de los polígonos de una capa que contienen completamente a los elementos de otra	211
• Localizar los elementos geográficos de un <i>layer</i> que interseccionan con los de otro	212
2.2.4. Enlazar la tabla de atributos en función de la localización de objetos geográficos	214

• Unión espacial de acuerdo a la proximidad geográfica ..	214
• Unión espacial de acuerdo a la inclusión en una capa geográfica	216
• Unión espacial de acuerdo a la intersección entre capas	217
2.2.5. Construcción de capas de proximidad o <i>buffers</i> a una cierta distancia de los elementos de un <i>layer</i>	218
2.2.6. Operaciones a realizar con los elementos geográficos seleccionados	220
• Cálculo estadístico con los registros o unidades espaciales seleccionados.....	220
• Construir un nuevo <i>layer</i> de los elementos seleccionados	221
2.2.7. Geoprocesamiento de la información	221
• Agregar o disolver los elementos de un <i>layer</i> que posean los mismos atributos de un campo común .	221
• Unir los elementos de varios <i>layers</i> , sin intersección entre ellos, para obtener un único <i>layer</i>	223
• Extraer los elementos de un <i>layer</i> que interseccionan con una capa de polígonos determinada	225
• Intersección de los elementos de dos <i>layers</i>	227
• Unión de los elementos de dos <i>layers</i>	229
3. Ejemplos de aplicación de las operaciones de selección y gestión de las bases de datos espaciales.....	231
3.1. Análisis geodemográfico de los núcleos urbanos próximos a la ciudad de Valencia.....	231
3.1.1. Preparación de las capas geográficas y aplicación de la escala de trabajo	231
3.1.2. Selección de núcleos de población.....	232
3.1.3. Gestión de la información, a partir de la tabla de atributos.....	233
3.1.4. Representación cartográfica de los núcleos urbanos situados a 10, 20 y 30 kilómetros de Valencia	234
3.2. Análisis geodemográfico de los núcleos urbanos próximos a la autopista Bilbao-Behovia	235
3.2.1. Preparación de los temas y aplicación de la escala de trabajo.....	235
3.2.2. Selección de la autopista Bilbao-Behovia	236
3.2.3. Realización del mapa de círculos proporcionales	237

TEMA 9. ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO	239
1. Objetivos básicos del tema	239
2. Algunos conceptos fundamentales	239
2.1. El concepto de autocorrelación espacial.....	239
2.2. El variograma, herramienta de medida de la autocorrelación espacial.....	240
2.2.1. El concepto de variograma.....	240
2.2.2. Construcción del variograma.....	241
2.2.3. El ajuste del variograma empírico a una función teórica ...	242
2.2.4. Diferencias del variograma según la anisotropía del territorio.....	245
2.3. Modelización de la variación espacial.....	247
2.3.1. Los principales procedimientos de interpolación existentes	247
• La interpolación polinomial o de superficie de tendencia.....	249
• El método de interpolación de las medias móviles con ponderación de la distancia.....	250
• El modelo del <i>krigeado</i>	251
3. Principales procedimientos del análisis geoestadístico.....	252
3.1. Análisis exploratorio de los datos	253
3.1.1. Análisis de la distribución de frecuencias del valor temático de los datos muestrales.....	254
3.1.2. Comparación de la distribución de frecuencias de una variable, respecto a la distribución normal.....	255
3.1.3. Comparación de las distribuciones de frecuencias de dos variables diferentes.....	256
3.1.4. Construcción de los polígonos de Voronoi de los puntos muestrales.....	257
3.1.5. Representación tridimensional de los puntos muestrales e identificación de la posible existencia de tendencia en los datos de partida.....	258
3.2. Análisis estructural de la información.....	259
3.3. Predicción de superficies continuas	261
3.3.1. Definición del procedimiento de interpolación	261
3.3.2. Principales fases de análisis de los procedimientos de interpolación más utilizados.....	262

• Método de interpolación de las medias móviles con ponderación inversa de la distancia	262
• Método de la interpolación polinomial global	265
• Método de la interpolación por <i>krigeado</i>	267
3.4. Otras funciones del programa <i>Geostatistical Analyst</i>	271
3.4.1. Validar el resultado de la aplicación de un método geostatístico	272
3.4.2. Predecir valores en localizaciones específicas, bien a partir de puntos aislados bien a partir de un <i>layer</i> de puntos.....	274
3.4.3. Comparar los resultados alcanzados por medio de procedimientos de interpolación diferentes	276
3.4.4. Obtener el mapa de probabilidades de que un atributo determinado no supere un umbral previamente fijado	276
4. Ejemplos de análisis geostatísticos	278
4.1. Obtener el modelo digital del terreno de la zona central de la Península Ibérica, a partir de una tabla <i>Dbase</i> , con las coordenadas y altitudes de un conjunto de puntos muestrales	278
4.1.1. Obtención del <i>layer</i> de los puntos muestrales, a partir de un fichero <i>Dbase</i>	279
4.1.2. Análisis exploratorio de los datos.....	280
4.1.3. Análisis estructural de los datos.....	282
4.1.4. Obtención de la superficie continua, mediante un modelo de interpolación espacial.....	282
• Aplicación del modelo de las medias móviles con ponderación inversa de la distancia (Inverse Distance Weighting)	282
• Aplicación del modelo del <i>Krigeado</i>	283
• Comparación de los resultados alcanzados, por medio de los dos procedimientos	285
4.1.5. Representación de la solución obtenida en 3D	286
Bibliografía	287

Tema 2

La organización de la información geográfica en ArcGis.

El funcionamiento de *ArcCatalog*

1. INTRODUCCIÓN

ArcGis es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica, producido y comercializado por ESRI. Bajo el nombre genérico *ArcGis*, se agrupan diversas aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. Estas aplicaciones se engloban en familias temáticas como *ArcGis Server*, para la publicación y gestión web, o *ArcGis Móvil* para la captura y gestión de información en campo.

ArcGis Desktop, la familia de aplicaciones SIG de escritorio, es una de las más ampliamente utilizadas, incluyendo, en sus últimas ediciones, las herramientas *ArcReader*, *ArcMap*, *ArcCatalog*, *ArcToolbox*, *ArcScene* y *ArcGlobe*, además de diversas extensiones. *ArcGis Desktop* se distribuye comercialmente bajo tres niveles de licencias que son, en orden creciente de funcionalidades (y coste): *ArcView*, *ArcEditor* y *ArcInfo*.

Por el carácter introductorio de este texto, vamos a exponer, exclusivamente, el funcionamiento de alguna de las herramientas más usuales de esta amplia gama de productos. Comenzaremos por *ArcCatalog*. La implementación de un SIG, en una empresa, exige, como primer paso, la organización de las bases de datos. Esta labor la desempeña, a partir de la versión 8, esta aplicación, que asegura que la información disponible está en orden y es fácilmente recuperable para un uso posterior.

Posteriormente, en temas sucesivos, nos centraremos en *ArcMap*, que permite la creación de mapas. Constituye el módulo central de *ArcGis* y resulta fundamental para el desarrollo de todas las tareas que tengan que ver con la representación cartográfica, análisis de mapas y edición. Bien utilizada, esta aplicación permite, no sólo la visualización de la información geográfica en dos dimensiones, sino algunos análisis de base espacial, como determinadas consultas y tratamientos de la información, que hacen posible una gestión más eficaz de la misma. A continuación, tendremos en cuenta algunas de las extensiones que presentan mayor interés con información digitalizada en formato vectorial, como *ArcGis 3D Analyst*, que engloba un conjunto de herramientas que permiten generar y visualizar información tridimensional, así

como llevar a cabo procesos de análisis 3D y *ArcGis Geostatistical Analyst*, extensión que añade la funcionalidad necesaria para la modelización geoestadística avanzada de superficies mediante diversos métodos estadísticos.

2. LA ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS MEDIANTE ARCCATALOG

La manera más simple y efectiva de organizar la disposición de los datos se realiza en tres frentes distintos:

1. Procurar una estructura de la información ágil y eficaz, mediante el *almacenamiento de los datos en directorios*, bien organizados y relacionados entre sí, de manera que se garantice al usuario la recuperación efectiva y rápida de la misma.
2. La definición de *reglas de nomenclatura* de los datos espaciales que expliciten al máximo qué tipo de datos son aquellos.
3. El *uso de metadatos* o características de la información que describan el contenido, la calidad, la condición y otros rasgos de los datos. Resulta «información sobre información» o «datos sobre los datos».

La herramienta responsable de esta organización y gestión previa de los datos es el Catálogo Digital (*ArcCatalog*) que es una nueva herramienta que permite la visualización y organización de los datos espaciales sobre las premisas antes descritas. El modo de trabajo de *ArcCatalog* es, en parte, semejante al de *Windows Explorer*, ya que permite localizar el árbol de directorios, disponiendo, además, de otras funcionalidades complementarias, dirigidas a un conocimiento más detallado del contenido de las bases de datos, lo que facilita, sin duda, el trabajo del usuario.

2.1. Acceso al programa e interface principal del mismo

Al programa *ArcCatalog* puede accederse de distintas maneras, bien a partir de considerarlo como un programa independiente (a través de «Inicio» en la barra de tareas de *Windows* o del icono correspondiente extraído al escritorio), bien a través de *ArcMap*. En este último caso, el botón de acceso es .

La ventana inicial del programa (figura 2.1) muestra la organización de la información disponible. En la parte izquierda, pueden apreciarse los contenidos del catálogo con la típica estructura en árbol. La primera vez que se utiliza *ArcCatalog* aparecen las conexiones por defecto del programa, aquellas que permiten el acceso a los directorios del disco duro, así como los contenidos de cada carpeta.

El acceso a un determinado directorio o fichero puede hacerse de diversas maneras, a cual más sencilla. Una primera forma de realizarlo es indicando, en el apartado