

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y CARTOGRAFIA
UNIVERSIDAD POLITECNICA - MADRID.

CARTOGRAFIA TEMÁTICA
MODELIZACION, CLASIFICACIONES Y
APLICACIONES AMBIENTALES

Santiago Ormeño Villajos.
Catedrático de E.U.
Junio 2004.

SOV
ortofotos y modelos

PROLOGO.

0.- INTRODUCCION.

TEMA1.- MODELO DE DATOS.

- 1.1.- Fenómenos geograficos. Escalas de medida.
- 1.2.- Adquisición de datos. Poblaciones y muestras.
- 1.3.- Metodos de muestreo.
- 1.4.- Datos para los SIG.
- 1.5.- Modelos raster y vector.
- 1.6.- Informacion alfanumérica. tablas.
- 1.7.- Formatos de ficheros graficos.
- 1.8.- Formato ORC.
- 1.9.- Formato DBV.
- 1.10.-Formato SMP.
- 1.11.- Otros ficheros de SOV.
- 1.12.- Sistemas formadores de imágenes.
- 1.13.- Importacion de documentos raster.
- 1.14.- Adquisición de documentos vector.
- 1.15.- Digitalización sobre imagen.
- 1.16.- Exportación de ficheros.
- 1.17.- Referencias.

TEMA 2.- ADQUISICION DE DATOS.

- 2.1.- Introduccion.
- 2.2.- Organizacion de las Naciones Unidas.
- 2.3.- Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion (F.A.O).
- 2.4.- Eurostat (UNION EUROPEA).
- 2.5.- Instituto Nacional de Estadistica.
- 2.6.- Ministerio de Agricultura.
- 2.7.- I.C.O.N.A.
- 2.8.- Instituto Nacional de Meteorologia.
- 2.9.- Instituto Geografico Nacional.
- 2.10.- Instituto Geominero de España.
- 2.11.- Otras fuentes españolas de informacion.
- 2.12.- Direcciones de Internet con datos a escala global.

TEMA 3.- OPERACIONES BASICAS DE ANÁLISIS RASTER.

- 3.1.- Analisis y modelizacion cartográfica. Conceptos.
- 3.2.- Análisis preliminar y estadísticos de variables.
- 3.3.- Clasificacion de capas simples.
- 3.4.- Operaciones de reasignación de valores.
- 3.5.- Operaciones con vecinos espaciales.
- 3.6.- Estadísticos de conteo de uniones.
- 3.7.- Utilización del modelo multicapa.
- 3.8.- Operaciones aritméticas.
- 3.9.- Enmascarado de orc.
- 3.10.-Overlays entre capas.
- 3.11.- Transformaciones entre tipos de objetos espaciales.

S. Ormeño. Teledetección.

- 3.12.- Comparación de documentos.correlacion.
- 3.13.- Estadísticos de una tabla de atributos.
- 3.14.- Analisis de componentes principales en tabla de atributos.
- 3.15.- Modelos de logica booleana.
- 3.16.- Combinaciones lineales de capas.
- 3.17.- Indices ponderados.
- 3.18.- Modelizacion cartografica con tablas de atributos.
- 3.19.- Transformacion de poligonos vector en raster.
- 3.20.- Referencias.

TEMA 4.- REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA Y VISUALIZACION.

- 4.1.- Consideraciones sobre comunicación cartográfica.
- 4.2.- Abstracción y generalización cartográfica.
- 4.3.- Las variables visuales y su percepción.
- 4.4.- Consideraciones sobre diseño cartográfico.
- 4.5.- Datos cuantitativos puntuales.
- 4.6.- Gráficos y diagramas.
- 4.7.- Datos cuantitativos lineales.
- 4.8.- Datos cuantitativos con distribución superficial.
- 4.9.- Ejemplos de caracterización y representación del medio geográfico.
- 4.10.- Referencias.

TEMA 5.- MAPAS BASE.

- 5.1.- Definiciones.
- 5.2.- Compilación y generalización.
- 5.3.- Elección de la proyección.
- 5.4.- Referencias.

TEMA 6.- BIOSFERA Y ECOLOGÍA. CONCEPTOS BASICOS.

- 6.1.- La morada de los seres vivos.
- 6.2.- Ecología. Ciencia de sistemas.
- 6.3.- Estructura y Dinámica del ecosistema.
- 6.4.- Componentes de la biosfera. El ecosistema global.
- 6.5.- Modelos ambientales.
- 6.6.- Satélites de observación de La Tierra y control ambiental.
- 6.7.- Referencias.

TEMA 7.- MODELOS Y CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS.

- 7.1.- Estaciones climatológicas.
- 7.2.- Variables.
- 7.3.- Concepto de evapotranspiración .
- 7.4.- Índices climáticos.
- 7.5.- Clasificación de Thornthwaite.
- 7.6.- Criterio UNESCO FAO.
- 7.7.- Estructuras de datos y ficheros.
- 7.8.- Procedimientos a aplicar con SOV.
- 7.9.- Referencias.

TEMA 8.- MODELOS DIGITALES SUPERFICIALES.

- 8.1.- Conceptos fundamentales.

S. Ormeño. Teledetección.

- 8.2.- Metodos de interpolación.
- 8.3.- Representacion digital de modelos.
- 8.4.- Precision de modelos digitales superficiales.
- 8.5.- Metodos de adquisición de los puntos.
- 8.6.- Obtención de puntos a partir de curvas sobre papel.
- 8.7.- Filtrado y preparación.
- 8.8.- Utilización de archivos SMP.
- 8.9.- Minima distancia.
- 8.10.- Ponderación inversa a la distancia.
- 8.11.- Metodo cuadrático de Shepard.
- 8.12.- Triangulacion de Delone.
- 8.13.- Metodos característicos de mallas rectangulares.
- 8.14.- Obtención del semivariograma.
- 8.15.- Obtención del crosvariograma.
- 8.16.- Interpolación por krigeado ordinario.
- 8.17.- Interpolación por cokrigeado.
- 8.18.- Visualizacion de modelos raster.
- 8.19.- Formación de perspectivas.
- 8.20.- Curvado a partir de triangulacion.
- 8.21.- Curvado apartir de modelo raster.
- 8.22.- Modelos vector. los ficheros X.
- 8.23.- Visualizacion de ficheros X. SOV3D.
- 8.24.- Pendiente, aspecto y curvatura.
- 8.25.- Obtención de redes de drenaje.
- 8.26.- Cuencas visuales, sombreado e irradiancia.
- 8.27.- Referencias.

TEMA 9.- VEGETACIÓN. CLASIFICACIONES. INDICES Y MODELOS.

- 9.1.- El reino vegetal.
- 9.2.- Tipos biológicos.
- 9.3.- Formaciones mundiales.
- 9.4.- Clasificación según el método fitosociológico.
- 9.5.- Correspondencia entre clima y vegetación.
- 9.6.- Clasificación según el mapa de cultivos y aprovechamientos.
- 9.7.- Clasificación según el mapa forestal de España.
- 9.8.- Cartografiado cualitativo de comunidades vegetales. .
- 9.9.- Índices y modelos.
- 9.10.- Referencias.

TEMA 10.- GEOLOGIA. CLASIFICACIONES. INDICES Y MODELOS.

- 10.1.- Litología.
- 10.2.- Geocronología.
- 10.3.- Estructuras geológicas.
- 10.5.- Cartografía.
- 10.6.- Utilización de imágenes AVHRR de NOAA.
- 10.7.- Inercia térmica. Concepto. Estimación.
- 10.8.- Referencias.

TEMA 11.- EL SUELO. CLASIFICACIONES.

- 11.1.- Conceptos. Horizontes.

S. Ormeño. Teledetección.

- 11.2.- Clasificación francesa. Principales tipos.
- 11.3.- Horizontes de diagnóstico.
- 11.4.- Clasificación americana.
- 11.5.- Principales suelos en España.
- 11.6.- Clasificación F.A.O.
- 11.7.- Cartografía.
- 11.8.- Referencias.

TEMA 12.- DESERTIFICACION POR EROSION HIDRICA DEL SUELO. MODELOS.

- 12.1.- Desertificación y desertización.
- 12.2.- Tipos y causas de desertificación.
- 12.3.- Grados de desertificación.
- 12.4.- Erosión del suelo. Conceptos.
- 12.5.- El modelo USLE.
- 12.6.- El modelo Corine de riesgo de erosión del suelo.
- 12.7.- Referencias.

TEMA 13.- PROCESOS CONTAMINANTES.

- 13.1.- Conceptos. Tipos.
- 13.2.- Acción tóxica. Medida de la toxicidad.
- 13.3.- Contaminación por pesticidas.
- 13.4.- Contaminantes atmosféricos.
- 13.5.- Redes y sistemas de control para contaminación atmosférica.
- 13.6.- Vertidos de petróleo. Control por radar.
- 13.7.- Referencias.

TEMA 14.- INCENDIOS FORESTALES.

- 14.1.- Origen y efectos de los incendios.
- 14.2.- Factores que determinan la reacción al fuego de un material.
- 14.3.- Combustibles. Características y tipos.
- 14.4.- Influencia de otros factores.
- 14.5.- Índices relacionados con el peligro.
- 14.6.- Modelización cartográfica para estimación del riesgo.
- 14.7.- Satélites para estudio de incendios.
- 14.8.- Referencias.

ANEXO I: PROCEDS. PROCEDIMIENTOS DE SOV.

I.0.- INSTALACION DE SOV A PARTIR DE LA PAGINA WEB.

I.1.- TIPOS DE ARCHIVOS.

I.2.- OPERACIONES BASICAS.

I.2.0.- Edición de archivos.

I.2.1.- Visualizacion monobanda.

I.2.2.- Combinación color..

I.2.3.- Digitalizar sobre imagen.

I.2.4.- Visualizar un fichero vector.

I.2.5.- Formación de una imagen multibanda a partir de otra u otras existentes.

I.2.6.- Transformación de una imagen con paleta a paleta de gris.

I.2.7.- Transformación de una imagen con una paleta a otra paleta.

I.2.8.- Concatenar imágenes.

I.2.9.- Crear o editar una paleta.

I.2.10.- Digitalizar puntos, líneas o polígonos procedentes de un documento cartográfico sobre papel.

I.2.11.- Cortar y remuestrear imágenes.

I.2.12.- Exportar una imagen orc e integrarla en AutoCad.

I.2.13.- Exportar imágenes y modelos a ArcView.

I.2.14.- Poner cotas en un fichero vector.

I.2.15.- Exportar fichero vectoriales a DXF.

I.2.16.- Transformacion conforme 3D de un fichero vector.

I.3.- TELEDETECCION

I.3.1.- Obtención de estadísticos de una imagen.

I.3.2.- Realce de imágenes.

I.3.3.- Clasificación bayesiana.

I.3.4.- Corrección geométrica mediante ajuste mínimo-cuadrático.

I.3.5.- Transformaciones lineales multibanda.

I.3.6.- Clasificación borrosa .

I.4.- MODELOS DIGITALES

I.4.1.- Adecuación de ficheros vector(DBV) para modelos.

I.4.2.- Borrar puntos de un fichero vector.

I.4.3.- Obtención de modelos raster a partir de triangulación.

I.4.4.- Obtención de modelos raster a partir de puntos.

I.4.5.- Obtención de celdas de Voronoi en formato raster.

I.4.6.- Generalización de la obtención de modelos.

I.4.7.- Digitalizar curvas de nivel de un documento cartográfico sobre papel.

I.4.8.- Obtener imagen perspectiva del terreno.

I.4.9.- Obtención de semivariograma o crosvariograma.

I.4.10.- Interpolación mediante krigeado ordinario.

I.4.11.- Interpolación mediante cokrigeado .

I.4.12.- Obtención de curvas de nivel de un fichero vector o de un modelo raster.

I.4.13.- Obtención de curvas de nivel de una imagen o modelo raster.

I.4.14.- Visualización 3D de modelos. SOV3D.

I.4.15.- Pendiente, orientación y sombreado.

I.5.- FOTOGRAMETRIA.

I.5.1.- Formación del fichero de vuelo.

I.5.2.- Obtener fichero con resultados del apoyo.

I.5.3.- Obtención de ortofotografía.

S. Ormeño. Teledetección.

- I.5.4.- Obtención de modelo estereoscopico.
- I.5.5.- Digitalizar sobre modelo estereoscopico.
- I.5.6.- Digitalizar puntos sobre par de fotogramas.
- I.5.7.- Obtencion de puntos de cota por correlacion automatica.
- I.5.8.- Cambio de sistema de referencia en tomas de objetos cercanos.
- I.5.9.- Concatenar imágenes.
- I.6.- ANÁLISIS.
- I.6.1.- Reclasificar imagen o modelo raster.
- I.6.2.- Aritmética de bandas.
- I.6.3.- Overlays.
- I.6.4.- Reasignar imagen o modelo raster.
- I.6.5.- Estadísticos de una tabla de atributos.
- I.6.6.- Analisis de componentes principales en tabla de atributos.
- I.6.7.- Transformacion de poligonos vector en raster.
- I.6.8.- Enmascarado de ORC.
- I.6.9.- Modelos de logica booleana.
- I.6.10.- Combinaciones lineales de capas.
- I.6.11.- Indices ponderados.
- I.6.12.- Operaciones con vecinos espaciales.
- I.7 .- OTRAS OPERACIONES.

ANEXO II: DIAGRAMAS DE FLUJO.

- II.1.- Corrección geométrica por ajuste polinómico.
- II.2.- Clasificación bayesiana de imágenes multibanda.
- II.3.- Obtención de ortofotografías.
- II.4.- Obtención de modelo estereoscópico.
- II.5.- Concatenación de imágenes en gris.
- II.6.- Concatenación de imágenes en color.
- II.7.- Obtención de puntos para mde a partir de curvas sobre papel.
- II.8.- Obtención de mde por triangulación.
- II.9.- Obtención de mde por kriging ordinario.
- II.10.- Clasificación de entidades superficiales por características multivariantes.
- II.11.- Variables de entidades superficiales (coropletas).
- II.12.- Modelos climáticos.

S. Ormeño. Teledetección.

ANEXO III. PRACTICAS DE CARTOGRAFIA TEMÁTICA.

III.0.- Modelo de datos de SOV.

III.1.- Celdas de Voronoi a partir de datos climatológicos.

III.2.- Modelos superficiales de variables climáticas por triangulación.

III.3.- Modelos superficiales de variables climáticas por krigeado.

III.4.- Obtención de documentos de coropletas.

III.5.- Representación cartográfica relativa al medio humano y económico.

III.6.- Revisión de atlas y mapas temáticos.

III.7.- Diseño de modelos cartográficos.

ANEXO IV.- SOV.PREGUNTAS MAS FRECUENTES.

ANEXO V.- SOLUCION DE PROBLEMAS DE SOV.

PROLOGO.

Algunos párrafos de la carta que el jefe Seattle, de las tribus Dwamish y Suquamish dirigió en 1854 al presidente de los EEUU cuando le ofreció comprarle sus tierras:

¿Cómo se puede comprar o vender el firmamento, ni aún el calor de la tierra?. Dicha idea nos es desconocida.

Si no somos dueños de la frescura del aire ni del fulgor de las aguas, ¿cómo podrán ustedes comprarlos?.

...Sabemos que el hombre blanco no comprende nuestro modo de vida. El no sabe distinguir entre un pedazo de tierra y otro, ya que es un extraño que llega de noche y toma de la tierra lo que necesita. La tierra no es su hermana sino su enemiga y una vez conquistada sigue su camino, dejando atrás la tumba de sus padres sin importarle....Trata a su madre, la tierra, y a su hermano, el firmamento, como objetos que se compran, se explotan y se venden como ovejas o cuentas de colores. Su apetito devorará la tierra dejando atrás sólo un desierto.

...No existe un lugar tranquilo en las ciudades del hombre blanco, ni hay sitio donde escuchar cómo se abren las hojas de los árboles en primavera o cómo aletean los insectos. Pero quizá también esto debe ser porque soy un salvaje que no comprende nada. El ruido sólo parece insultar nuestros oídos. Y después de todo, ¿para qué sirve la vida si el hombre no puede escuchar el grito solitario del chotacabras ni las discusiones nocturnas de las ranas al borde de un estanque?..

...Pero ustedes caminarán hacia su destrucción rodeados de gloria, inspirados por la fuerza del Dios que los trajo a esta tierra y que, por algún designio especial, les dio dominio sobre ella y sobre el piel roja. Ese destino es un misterio para nosotros, pues no entendemos porqué se exterminan los búfalos, se doman los caballos salvajes, se saturan los rincones secretos de los bosques con el aliento de tantos hombres y se atiborra el paisaje de las exuberantes colinas con cables parlantes. ¿Dónde está el matorral? Destruído. ¿Dónde está el águila? Desapareció. Termina la vida y empieza la supervivencia.

Principios 3, 5,18 y 6 de la Declaración de Estocolmo de las Naciones Unidas, junio de 1972:

Debe de mantenerse y, siempre que sea posible, restaurarse o mejorarse la capacidad de la Tierra para producir recursos vitales renovables.

Los recursos no renovables de la Tierra deben emplearse de forma que se evite el peligro de su futuro agotamiento y se asegure que toda la Humanidad comparte los beneficios de tal empleo.

Como parte de su contribución al desarrollo económico y social se debe de utilizar la ciencia y la tecnología para descubrir, evitar y combatir los riesgos que amenazan al medio, para solucionar los problemas ambientales y para el bien común de la Humanidad.

Deben ponerse fin a la descarga de sustancias tóxicas o de otras materias, a la liberación del calor en cantidades o concentraciones tales que el medio no pueda neutralizarlas, para que no se causen daños graves o irreparables a los ecosistemas.

0.- INTRODUCCION.

La presente publicación pretende un objetivo variado, por una parte tiene por finalidad cubrir el temario de la asignatura de Cartografía Temática en los estudios de ingeniero en Geodesia y Cartografía, por otra proporcionar documentación y ejemplos para la asignatura de doctorado Cartografía y Modelos Ambientales del Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía de la Universidad Politécnica de Madrid. Sin embargo, la publicación también va dirigida a otros lectores, como pueden ser especialistas en diversas ramas de las ciencias de La Tierra y analistas territoriales de diferente origen, con una formación inicial muy diversa.

A lo largo de todo el texto se hace particular hincapié en la estructura de los datos y la modelización cartográfica, cubriendo algunas lagunas frecuentes en el enfoque clásico de los textos de cartografía temática sobre el origen de los datos y el proceso a que deben de someterse antes de su representación, aunque, en muchos casos se entra en el terreno de los Sistemas De Información Geográfica, pero, actualmente, tales sistemas son la herramienta básica para elaboración de cartografía temática, por ello, los límites entre los métodos de ésta y aquellos, son bastante difusos.

Se considera especialmente la cartografía del medio físico aunque sin descuidar la representación de variables relativas al medio humano y económico. Se ha considerado conveniente incluir temas como los de geología, edafología, climatología y vegetación exponiendo los conceptos fundamentales y las clasificaciones más usuales en cada uno de ellos, pretendiendo con ello, que el cartógrafo se encuentre lo más cómodo posible en la representación de variables relacionadas con dichas materias, cuya cartografía, a veces, se deja a los expertos en las mismas, pero que pueden carecer de formación básica en representación cartográfica.

Los conceptos relacionados con modelos digitales de elevación ocupan un lugar fundamental, ya que tales modelos son un componente básico en la comprensión de fenómenos relacionados con el medio físico.

Los temas relativos a modelos ambientales contienen unos conceptos básicos sobre ecología y exponen un conjunto de aplicaciones que hacen uso, frecuentemente de datos procedentes de teledetección y de métodos de SIG.

Se expone, así mismo, un temario de prácticas con indicaciones sobre los datos y procesos para llevarlas a cabo.

Como aplicación informática de referencia se considera el programa SOV, tal aplicación procesa información en formato raster, este tipo de formato es muy adecuado para modelización de fenómenos que tienen continuidad espacial, además la aplicación permite el proceso de imágenes digitales en métodos de teledetección, fotogrametría y modelos superficiales. Aunque, actualmente, se tiende a no diferenciar entre sistemas raster y vector, hay operaciones que es más fácil llevarlas a cabo con datos vector y otras con datos raster. Para operaciones y modelos cartográficos con datos vector, puede utilizarse alguno de los diferentes SIG que existen en el mercado.

TEMA1.- MODELO DE DATOS.

1.1.- FENÓMENOS GEOGRAFICOS. ESCALAS DE MEDIDA.

¿Qué?, ¿Dónde?, ¿Porqué?, son preguntas típicas de los analistas del territorio. La respuesta al ¿qué? es de naturaleza descriptiva, esto se produjo a partir de cierto momento histórico en que se conoció el ámbito geográfico. Respecto del ¿dónde?, tradicionalmente la respuesta era dar un posicionamiento absoluto, actualmente, se considera la posición como un concepto relativo (... distancia respecto de, ...distancia según un medio de transporte, ..).

El esfuerzo del hombre por conocer y comprender las combinaciones de fenómenos y la forma como se interrelacionan superficialmente dentro de su mundo, constituyen los aspectos mas característicos de la geografía. En análisis territorial también se estudia la integración de fenómenos heterogéneos en un área determinada. ¿Por qué las distribuciones espaciales se encuentran estructuradas de la forma en que lo están?. Cuando los analistas se hacen la anterior pregunta, consideran una gran variedad de fenómenos, cualquier fenómeno que tiene o que puede considerarse como una distribución espacial, puede ser objeto de estudio. Existen, sin embargo, ciertos límites al ámbito de estudio de dichos fenómenos, tales son, por un lado los espacios inferiores al arquitectónico y, por otro, los superiores al terrestre.

Ciertos temas fundamentales han atraído la atención del análisis geográfico en las últimas décadas, tales son:

- Asociación superficial o espacial. Estudio de posición de una variable con respecto a otra u otras con las que tenga una relación funcional o causal. P. Ej. relación posicional entre grado de erosión del suelo y grado de cobertura vegetal.
- Formas y procesos. El investigador examina los procesos que presentan distribuciones, bien sean de tipo aleatorio o con agrupamientos o aquéllos que se distribuyen regularmente. P. Ej. grados de contaminación ambiental.
- Interacción espacial. Se busca la explicación de flujos personas, bienes o materiales de un lugar a otro. Se analizan fuerzas de atracción y de fricción sobre la distancia. P. Ej. transporte de materiales por redes de drenaje.
- Alteración de la distancia. En este caso se suele estudiar la disminución de frecuencia de los fenómenos con respecto de un punto central. P. Ej. influencia de la ciudad sobre su entorno.

Los analistas pueden estudiar cualquier fenómeno que tenga una variabilidad posicional, bien sea en el ámbito humano o en el físico.

Los fenómenos geográficos poseen propiedades que pueden ser objeto de medida, el conjunto de las medidas constituyen los datos, a partir de los cuales se van a estudiar los fenómenos correspondientes. Los cartógrafos, frecuentemente representan datos, cuando creen que estan cartografiando fenómenos.

Una de las propiedades de los fenómenos geográficos es su dimensionalidad, así, clásicamente existen fenómenos puntuales, lineales, superficiales, volumétricos, espacio-temporales o multidimensionales. Una característica interesante de los fenómenos es que su dimensionalidad puede cambiar con la escala de análisis. Ejemplos de fenómenos volumétricos son el relieve, temperatura, pluviometría, densidad de población, etc.

Los cartógrafos temáticos no tienen una única forma para simbolizar cada uno de los fenómenos, en cada caso se deberá elegir la mas adecuada.

Además de la dimensionalidad considerada anteriormente, los fenómenos geográficos pueden tener una naturaleza continua o discreta, según que el fenómeno esté definido en todos los puntos del espacio real bidimensional o no lo esté. Ejemplos de distribuciones

continuas son la temperatura, la pluviometría o la altitud. Distribuciones discretas son tasa de desempleo por término municipal, tipos de litología o tipos de cubierta vegetal.

Medir significa asignar valores numéricos a cosas con respecto a una propiedad particular de acuerdo con alguna norma determinativa y no degenerada. Se dice que una norma es determinativa si los mismos valores se asignan a las mismas cosas, cuando las condiciones son las mismas. Una norma se dice no degenerada cuando a diferentes cosas se le asignan diferentes valores bajo las mismas condiciones o bien cuando a las mismas cosas se les asignan diferentes valores bajo diferentes condiciones. Las normas que satisfacen estas condiciones se denominan escalas de medida. Dichas condiciones son las restricciones mínimas, sin embargo como pueden realizarse más restricciones, las escalas de medida pueden clasificarse respecto de restricciones crecientes. La imposición de ciertas restricciones implica que los valores numéricos asignados como medida de una propiedad, ellos mismos, tienen ciertas propiedades que pueden utilizarse para comparar objetos. (Lewis, P. 1977).

Las escala de medida en cartografía temática puede ser nominal, ordinal, de intervalos o de razón.

En la escala nominal, las entidades se distribuyen en clases con diferentes cualidades. En este caso sólo pueden establecerse relaciones de ingualdad o desigualdad. El concepto clave en este tipo de escala es la identificación. Ejemplo de variables que se caracterizan por una escala nominal son el tipo de suelo (alfisol, entisol, inceptisol, etc.) o el tipo de cubierta vegetal (durisilva, laurisilva, aestisilva, etc.) o la orientación de ladera (N, S, E, O). Pueden establecerse relaciones de equivalencia, como medida de tendencia central puede usarse la moda y como medida de dispersión el coeficiente de variación.

En la escala ordinal, los objetos o sucesos se distribuyen de menor a mayor o viceversa, y entre el tipo de informacion pueden establecerse comparaciones del tipo "mayor que" o "menor que". Un ejemplo de variable medible con este tipo de escala puede ser la textura de suelos (fina, media, gruesa) o el grado de contaminación (baja, media, alta). Existen dos tipos básicos de medida ordinal: completa o lábil, en el primer caso cada elemento tiene su propia posición, mientras que en el segundo pueden compartir posiciones (rangos pareados). A un conjunto ordinal, pueden asociarse valores numéricos para facilitar el análisis, sin embargo, en una escala de este tipo no se sabe cuanta diferencia separa un suceso de otro dentro de la gradación. Pueden establecerse relaciones del tipo "mayor que" o "igual a", como medida de tendencia central puede usarse la mediana y como medida de dispersión los percentiles.

En la escala de intervalos podemos distribuir los elementos en rangos de variación y podemos cuantificar la distancia entre intervalos y entre extremos de cada intervalo. Pueden realizarse análisis estadísticos al igual que con un conjunto de valores numéricos. En este tipo de escala, no existe un origen natural, puede usarse cualquier punto como origen, no existen valores absolutos asociados, las cantidades expresadas son relativas. Por ejemplo no podemos decir que 40 grados centígrados sea el doble de caluroso que 20, sino simplemente que hay una diferencia de temperatura de 20 grados. Además de la temperatura, otro ejemplo de este tipo de variable es la altitud. Pueden establecerse relaciones del tipo "igual a", "mayor que" y diferencia de intervalo, como medida de posición puede usarse la media y de dispersión la desviación típica.

En el caso de escala de razón, al igual que en el caso anterior, los sucesos se ordenan de forma que las distancias entre ellos son conocidas. La diferencia es que las magnitudes son absolutas, existe un punto origen bien conocido. Por ejemplo 100 Km. es el doble de 50 Km. En este caso pueden realizarse análisis estadísticos mas completos. Pueden establecerse relaciones del tipo "igual a", "mayor que", diferencia de intervalo, y diferencia de ratio, como medida de posición puede usarse la media geométrica y de dispersión el

coeficiente de variación. Ejemplo de variables de este tipo son la pluviometría y el grado de erosión (Toneladas/Ha).

1.2.- ADQUISICIÓN DE DATOS. POBLACIONES Y MUESTRAS.

Respecto de cierto fenómeno geográfico, en un momento inicial del estudio, nos tenemos que preguntar ¿cuánta información tenemos que adquirir?. Una respuesta inicial puede ser, tanta como sea posible, incluso la adquisición de datos de la totalidad de los individuos o entidades que constituyen la población a estudiar. Esta última forma de proceder se lleva a cabo en ciertos casos concretos como cuando se realizan los censos de población de un país o el inventario de ciertos cultivos (olivar, vid). Sin embargo, esta forma de operar, sobre la totalidad de la población, es muy costosa en recursos y se realiza, solamente, en casos concretos y cada cierto tiempo, P. Ej. los censos de población pueden realizarse cada 5 o 10 años y se adquiere un conjunto muy limitado de variables. Otro inconveniente en la adquisición de datos de la totalidad de la población es que el tamaño de la misma puede ser infinito, y por tanto imposible de llevar a cabo esa forma de proceder, tal sucede en el caso de fenómenos físicos como tipos de suelos, altitud, temperatura, etc. donde podemos tomar medidas en puntos tan próximos entre sí como queramos, es decir, el intervalo de muestreo puede ser todo lo pequeño que se quiera.

A veces, sucede, así mismo, que el propio acto de recoger información puede degradar la calidad del material obtenido, cuanto mayor y más complejo sea el conjunto de variables medidas, mayor es la probabilidad de que la calidad de los datos se deteriore durante el proceso, en edafología cuanto más complejo y largo sea el estudio, más posibilidades hay de alteración del perfil edáfico, pensemos en tales estudios en zonas desérticas, con vientos fuertes y frecuentes. O, en este último caso, la obtención de la forma de las dunas para ver su progresión, si el investigador camina sobre las mismas con los instrumentos topográficos, la forma se altera. En tal caso, la fotografía aérea puede ser de gran ayuda para resolver el problema.

Una alternativa al método anterior, es recoger información en un subconjunto de observaciones del conjunto de la población. Tal subconjunto se conoce con el nombre de muestra.

Una muestra es, por tanto, un subconjunto del total de entidades que constituyen la población y, se supone, que es representativa de la misma. El concepto de representatividad es muy importante y no se obtiene en igual medida con todos los métodos de muestreo. Una muestra debería reproducir, lo más fielmente posible, los resultados estadísticos que serían obtenidos del total de la población si fuesen calculados en toda ella. El problema es que no sabemos qué observaciones reproducen, de forma precisa, las características de tal población parental.

La correspondencia entre muestras y la población de la que proceden, es un conjunto fundamental de técnicas analíticas, conocido como inferencia estadística.

Cuando se calcula un estadístico, a partir de la muestra, su equivalente en el conjunto de la población recibe el nombre de parámetro. Así, en las muestras hablamos de estadísticos y en la población de parámetros.

Otros problemas en la elección de muestras es qué método de muestreo utilizar y decidir cuantos elementos deben de incluirse en la muestra.

La respuesta inmediata a la primera cuestión es elegir aquél método que proporciona unos resultados más representativos, Veremos en el siguiente apartado diferentes métodos de muestreo.

Respecto de la siguiente cuestión, introduce el concepto de tasa de muestreo que se refiere al porcentaje de la población total que se incluye en la muestra. A veces, tal tasa no puede medirse bien sea porque el tamaño es infinitamente grande o porque nunca se ha medido.

La elección de la tasa de muestreo puede realizarse con una u otra de las siguientes consideraciones, elegir el máximo número de observaciones que el tiempo y presupuesto permitan o bien utilizar el mínimo necesario para producir resultados significativos.

Cuando se planifica alguna forma de inferencia estadística, debe establecerse un método de muestreo que satisfaga los requerimientos y, consecuentemente, decidir una tasa, acorde con el método y la técnica, siempre teniendo presente las consideraciones anteriores respecto de representatividad.

1.3.- METODOS DE MUESTREO.

Vamos a ver, a continuación algunos de los métodos más utilizados en estudios del medio físico. Distinguiremos dos grupos, técnicas probabilistas y no probabilistas.

Las técnicas no probabilistas suelen aplicarse cuando no se dispone información respecto de la población parental o cuando el conocimiento es mínimo. En tal caso existen dos posibilidades, una de ellas es hacer un muestreo por conveniencia, basado en la accesibilidad o disponibilidad o, alternativamente, realizar un muestreo a juicio del especialista que decidirá qué observaciones incluirá. Existe una tercera posibilidad, que es combinar ambas, en un muestreo llamado de cuotas, en el cual se decide el número de muestras a incluir en la muestra e identificar grupos discretos dentro de la población, tales grupos pueden contener igual o diferente número de observaciones en la muestra.

En las técnicas probabilistas, el investigador no controla qué observaciones incluir o no en la muestra, cada miembro de la población tiene igual probabilidad de pertenecer a la muestra. Con ello se elimina el posible sesgo introducido por el investigador y precisamente este es el gran valor de este tipo de métodos.

El método más usual de las técnicas probabilistas es el llamado aleatorio simple. Este tipo de muestreo es muy adecuado cuando se conoce el tamaño de la población puesto que el método depende de la posibilidad de establecer una tasa de muestreo procedente de un marco en el cual cada miembro de la población se identifica, asignándole un número de referencia. Las muestras se seleccionan al azar mediante una función de software que genera números aleatorios. En la selección de muestras espaciales, para cada observación elegida se generan un par de valores aleatorios en correspondencia con ambas coordenadas. Este método aleatorio simple tiene dos variantes, según sea con sustitución o sin sustitución, en el primer caso una observación elegida puede volver a ser seleccionada, en el segundo caso eso no sucede. Lo más usual es utilizar la variante sin sustitución, dado que la población suele ser muy grande en relación con el tamaño de la muestra y la posible mayor probabilidad de ser elegido, conforme progresa el muestreo, puede ser considerada insignificante.

El muestreo aleatorio estratificado es uno de los más comunes y exige el agrupamiento de los miembros de la población en clases o estratos. En cada uno de los estratos se realiza un muestreo aleatorio simple. Los estratos deben de ser mutuamente exclusivos y exhaustivos. Existen dos variantes, cuotas proporcionales o no proporcionales, según el número de observaciones en cada estrato sea proporcional o no, al tamaño del mismo. La elección de una u otra variante depende de la variabilidad en el interior de cada clase, si es similar en todas ellas puede elegirse una tasa de muestreo similar en todas ellas, si tal circunstancia no se produce puede elegirse una tasa de muestreo mayor en aquellas clases que presenten mayor variabilidad. Con frecuencia no se dispone de información sobre la variabilidad y se elige una tasa igual para todos los estratos.

Otro método muy utilizado es el sistemático y, en él se seleccionan observaciones conforme a un patrón regular, P. Ej. una observación cada 10, o una cada 5 Km o conforme a una cuadrícula de 10x10 metros. Este tipo de recogida de información es

fácil de aplicar y produce una cobertura uniforme sobre todo el conjunto de la población o superficie a muestrear.

1.4.- DATOS PARA LOS SIG.

En los últimos años, los Sistemas de Información Geográfica se han consolidado como una herramienta imprescindible para analistas y gestores del territorio. Como tales sistemas, están constituidos por un conjunto de recursos informáticos, que permiten manipular y analizar la información.

En este contexto, la palabra información se refiere a un conjunto de DATOS organizados de manera que puedan utilizarse y manipularse para producir conocimiento útil. DATO es un hecho verificable respecto al mundo real.

MODELO DE DATOS es la definición y organización de datos respecto al mundo real de manera que muestren información útil.

El mundo real debe describirse mediante un MODELO DE DATOS, eligiendo una estructura de datos para representarlo. Una vez elegida la estructura, se define un FORMATO DE FICHEROS para almacenar digitalmente la estructura.

La información, por tanto, se concreta en DATOS y éstos, organizados de una cierta forma, se almacenan en archivos. Cuando un ordenador carga un archivo en memoria, para operar con los datos, tiene que almacenar cada dato en un espacio de memoria, los diferentes tamaños de tales espacios de memoria dan lugar a los diferentes tipos de VARIABLES, por ejemplo, son tipos comunes el BYTE (almacena valores entre 0 y 255), el INTEGER (valores enteros positivos y negativos), el REAL (valores decimales), pero hay muchos mas tipos, no solo simples, sino también compuestos (arrays, estructuras o records y clases).

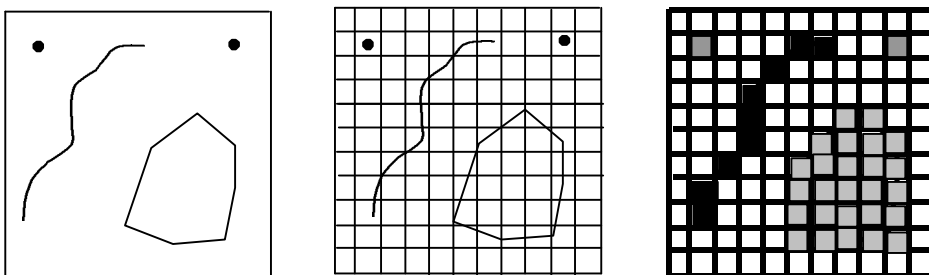
1.5.- MODELOS RASTER Y VECTOR.

En la realidad geográfica se muestran propiedades o variables que pueden tener una naturaleza espacial discreta o continua. Sería discreta la distribución superficial de tipos de roca y continua la distribución de temperaturas.

Las dos propiedades citadas tienen carácter espacial. Por otra parte, las entidades de la realidad geográfica muestran atributos o propiedades diferentes de las de su posición, tales son las que tienen carácter temático.

En el modelo raster, se supone el espacio dividido en un conjunto de celdas distribuidas en un cierto número de filas y columnas. A cada celda le corresponde un valor digital donde se almacena el valor de la variable en el punto correspondiente.

El raster es adecuado para variables geográficas que presentan continuidad espacial, permite la utilización de capas superponibles entre si, cada una de ellas almacenando un valor digital.



Formato vector, superposición de malla y formato raster.

Para representar los atributos espaciales de entidades que se presentan discontinuamente en el espacio, es más adecuado el modelo vector. En tal modelo se consideran tres tipos de entidades básicas: puntos, líneas y áreas.

En el modelo raster, la posición de cada celda en el espacio viene determinada por la fila y la columna a la cual pertenece, en el modelo vector se almacenan las coordenadas correspondientes a cada uno de los puntos o vértices de la entidad.

En vector, además de las coordenadas del punto o de los puntos que forman la entidad, se almacena un valor numérico entero, que permite identificar unívocamente la entidad en cuestión.

Así pues en ambos formatos se almacenan coordenadas, de forma explícita en el vector y de forma implícita en el raster. Además, en el raster se almacena un valor digital que puede ser un identificador o el valor de la variable.

En raster, se almacena el número de filas y de columnas (nfil, ncol), además, para saber la posición o coordenada de una celda sobre el terreno, no basta con saber fila y columna sino que es necesario conocer las coordenadas extremas.

Tal circunstancia se produce cuando el documento raster está georreferenciado, conociéndose, por tanto, xmax, xmin, ymax e ymin.

Otro parámetro fundamental en raster es la resolución o tamaño de la celda en campo que se obtiene como $(xmax-xmin)/ncol$ y similarmente en y.

Los citados parámetros, nfil, ncol, xmin, xmax, ymin, e ymax, además de otros que pudieran ser de interés (tipo de sensor, fecha, número de bandas o capas) se conocen como datos de cabecera.

Los propios valores digitales del raster pueden almacenarse en el mismo fichero o en otro u otros (según sea el número de capas) separado, en este último caso debe almacenarse en la cabecera el nombre de los ficheros con los valores digitales.

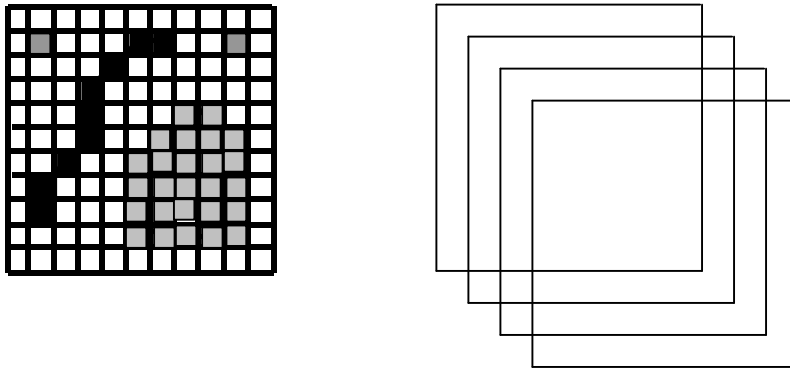
En principio, asimilamos una imagen raster a una fotografía escaneada. Desde la óptica del usuario está constituida por una matriz de unidades elementales (picture elements) o píxeles, a cada uno de los cuales les corresponde un nivel de gris o un color conforme a una determinada paleta. Una paleta es una correspondencia entre valor numérico y color. Desde la óptica del ordenador (sistema) una imagen es una matriz de valores digitales. Tales valores digitales pueden ser de tipo byte (0-255), o de tipo integer (enteros positivos y negativos) o de tipo real (valores decimales).

Una imagen raster, por tanto, se caracteriza por la existencia de un cierto número de filas y columnas (el número de píxeles es el producto del número de filas por el número de columnas). Para calcular el espacio que ocupará en disco hay que multiplicar el número de píxeles por 1(byte), 2(integer) o 4(real).

El sistema SOV sólo admite paletas de 256 colores. Por defecto, la paleta de SOV es la de niveles de gris. SOV puede gestionar y tratar documentos raster de los tres tipos.

Como ya se dijo, vamos a utilizar la estructura citada para almacenar modelos digitales de cualquier variable que tenga una distribución territorial, usualmente continua, por ejemplo la temperatura, la altimetría, el grado de contaminación, etc.

Por otra parte, los documentos raster pueden ser monobanda (o monocapa) y multibanda (o multicapa), veamos lo que esto significa. Supongamos que en cierto territorio (delimitado por una X máxima, X mínima, Y máxima e Y mínima), almacenamos en una "capa" el valor de la pluviometría, en otra el de la temperatura, en otra la altimetría, etc., tales capas se denominan bandas y el conjunto se denomina multibanda. Una imagen o documento de una sola banda se denomina monobanda, por ejemplo una fotografía. SOV utiliza documentos raster tanto mono como multibanda.



Raster mono y multi capa.

Son características de un documento raster, además del número de filas y columnas, el tipo del valor digital (byte, integer o real), las coordenadas extremas (X_{max} , X_{min} , Y_{max} , Y_{min}), el número de bandas y el nombre de los ficheros donde se almacena el valor de cada banda (si es que tal valor se almacena en ficheros separados).

Como se dijo anteriormente, hay un atributo implícito de un documento raster que es la resolución en X y la resolución en Y.

Los gráficos vectoriales se asocian con dibujos de línea. Los diferentes componentes de un vector se denominan entidades y éstas pueden ser de tres tipos, puntos, líneas y polígonos (o áreas). A cada una de las diferentes entidades de un vector le corresponde un identificador entero que le caracteriza unívocamente. Es decir, por ejemplo un punto con el identificador 27 puede corresponderse con una farola, una línea con identificador 7 puede ser un bordillo y un área con el identificador 32 puede ser el límite de determinado término municipal.

Además de por el identificador, las entidades gráficas están definidas por una o muchas tripletas de coordenadas (X , Y , Z) correspondientes a los vértices de la entidad gráfica en cuestión. Los puntos sólo tendrán una tripleta, en las líneas habrá mas de una y en los polígonos, la primera y la última tripleta coincide (es decir la poligonal está cerrada).

El identificador y las coordenadas son los atributos básicos de las entidades. Pueden existir otros atributos que pueden relativos a la simbología (tipo de línea, color y anchura) u a otras propiedades, estos atributos pueden almacenarse todos en el mismo fichero que las coordenadas o en un fichero o tabla de atributos a través del identificador.

Como ya se dijo, es también una propiedad del vector las relaciones espaciales que existen entre las diferentes entidades, esta propiedad se conoce como topología. Dependiendo de los sistemas puede considerarse o no la topología (SOV no la considera), y en el caso de considerarse, las relaciones topológicas se suelen almacenar en un fichero distinto a aquél que contiene las coordenadas.

La información gráfica incluida en un SIG tiene que estar georreferenciada, esto es cada par de coordenadas de un vector o cada celda de un raster tiene que corresponderse con un lugar concreto y real sobre la superficie terrestre. La regla que hace corresponder unas coordenadas numéricas con un lugar se conoce con el nombre de Sistema de Referencia, tales sistemas incorporan una determinada proyección cartográfica, además de otros datos como el tipo de elipsoide, el datum, etc. En nuestro país, para grandes y medianas escalas se suele utilizar UTM, para escalas pequeñas pueden utilizarse

sistemas de referencia basados en la proyección Lambert . Actualmente, debido a la utilización de los GPS se utilizan, cada vez más sistemas globales como el WGS.

SOV es un sistema que obtiene o transforma información de tipo gráfico para introducirla en los SIG.

Por ejemplo, si queremos introducir una foto aérea en un SIG, en primer lugar hay que escanearla (digitalizarla), en segundo lugar hay que corregir las distorsiones geométricas debidas a la perspectiva y al “desplazamiento” del relieve y en tercer lugar hay que georreferenciarla, esto es decir cuales son las coordenadas x e y máximas y mínimas para poder “superponer” la foto con el terreno.

Otro ejemplo, supongamos que tenemos un plano o mapa sobre papel y queremos introducir las entidades gráficas en un SIG, para ello, en primer lugar escanearemos el plano, en segundo lugar corregiremos distorsiones geométricas y georreferenciaremos el documento y en tercer lugar digitalizaremos cada entidad “picando” con el ratón para introducir las diferentes coordenadas.

Supongamos que tenemos una serie de puntos sobre el terreno y quiero obtener el Modelo Digital de Elevaciones, esto es un documento raster o vector, que a todos y cada uno de los puntos, dentro de cierto rango, les haga corresponder una cota. Tendré que hacer una operación de triangulación y otra de interpolación para obtener tal modelo. Estos modelos son de uso frecuente en los SIG.

Un ejemplo más, supongamos que tenemos una imagen de satélite, y a partir de ella queremos obtener un Land Cover o un documento raster en el cual, el valor numérico de cada celda o píxel nos indique el tipo de cubierta terrestre (matorral, pastizal, cultivo, etc.), pues bien, En primer lugar tendré que realizar un proceso conocido como Clasificación de la imagen y, en segundo lugar georreferenciarla.

Así pues, vemos que para introducir información gráfica en los SIG, hay que realizar un preprocesamiento de la información. El sistema SOV realiza tal preproceso y prepara los datos gráficos para ser utilizados por los SIG, esta perspectiva es la que nos hace decir que SOV se encuentra entre el sensor (escáner) y el SIG.

1.6.- INFORMACION ALFANUMÉRICA. TABLAS.

Las entidades geográficas, además de las propiedades o atributos espaciales, poseen otras características que pueden concretarse en datos. Estas características pueden medirse con diferentes reglas o escala según sea su naturaleza.

Hay propiedades que pueden medirse de forma cualitativa, con una escala de medida nominal, por ejemplo CLASE MAIZ o CLASE PASTIZAL en un mapa de vegetación, a tales categorías puede asignarse un valor numérico o identificador p.e. 1 o 2.

En la escala cualitativa, el número tiene únicamente un valor simbólico.

Otras propiedades tienen una escala de medida cuantitativa, esto es se la asocia un valor numérico con significado cuantificable. Es el caso de la TEMPERATURA, la POBLACION, etc.

Dependiendo de la propiedad cuantitativa particular, el valor numérico tendrá un significado únicamente de orden, o de igualdad de intervalo o de existencia de cero absoluto (caso de índices o ratios).

En tales casos, las escalas se denominan de tipo ordinal (en este lugar hay mas pero no se concreta cuanto), de intervalo (p.ej. pluviometría, población, etc.) o de razón (p. ej. densidad de población).

Los datos en escalas cuantitativas se representan por valores numéricos, las de escala nominal suelen representarse por cadenas de caracteres indicando de forma descriptiva la categoría o clase de la entidad en cuestión.

Sin embargo, en este último caso podría asignarse a la categoría o clase un valor numérico (entero) con significado simbólico.

En un SIG los atributos no espaciales se almacenan en forma de tablas, en las cuales cada fila se refiere a una entidad geográfica concreta y las diferentes columnas almacenan los valores de las diferentes variables o atributos.

Usualmente, en un fichero separado se almacenan los atributos espaciales, bien sea en forma vector o raster. Como primera columna, la tabla suele tener un valor entero el identificador que relaciona la tabla con las coordenadas.

La primera columna, se constituye, así en una CLAVE principal para buscar entidades dentro de la tabla, la clave o identificador puede referirse en el caso de un vector a un punto, línea o polígono.

En el caso del raster tal clave o identificador se referirá a aquel o aquellas celdas cuyo valor digital coincida con dicho identificador.

Así pues, las tablas de atributos pueden vincularse a través de la CLAVE principal tanto con datos raster como vector.

Alguna o alguna de las columnas, con una escala de medida cualitativa (y un valor numérico como símbolo), pueden ser, a su vez claves de entrada a otra tabla que se refiera a nuevas propiedades del atributo cualitativo al que se refiere.

La tabla o tablas que contienen los atributos pueden almacenarse en alguno de los diferentes formatos de BASES DE DATOS que existen o bien puede definirse un formato específico de almacenamiento.

Hay que diferenciar, entre los SIG referidos a grandes bases de datos de carácter mas o menos permanente (p.e. catastro) de aquellos SIG que están orientados a proyectos concretos.

En el primer caso se necesitaran estructuras robustas, seguras y eficientes, aunque mas rígidas en su manejo, como pudiera ser la de tipo ORACLE.

En el segundo caso pueden utilizarse pequeñas bases de datos mas versátiles y baratas como el tipo Acces de Windows, pero también pueden utilizarse estructuras especificas o ficheros de texto.

Además de las coordenadas, las entidades tienen otros atributos espaciales.

Uno de ellos es la TOPOLOGIA. En el modelo topológico, las líneas y límites de polígonos se dividen en arcos conectados entre si por nodos y que contienen una serie de vértices intermedios.

En la topología se indica por ejemplo el orden de los vértices, entidad a la derecha y a la izquierda de un arco, nodo inicial y final, etc.

Es decir, las relaciones espaciales entre arcos, nodos y polígonos quedan explícitamente definidas.

Una ventaja sustancial del modelo topológico en el caso de polígonos es que las coordenadas del límite entre polígonos contiguos solo se almacenan una vez.

Alternativamente, en un modelo conocido como espagueti, que no almacena topología, las coordenadas de los límites deben de almacenarse una vez para cada polígono.

Tal circunstancia puede producir efectos no deseados como el solape entre polígonos cuando se produce la digitalización de los mismos.

La formación del modelo topológico solo se considera en el caso del vector.

En raster existe una gran diversidad de procesos para analizar y explotar relaciones espaciales (realces, filtrados, estadísticos).

Otro de tales atributos es la GEOMETRIA, indicando valores como la longitud, superficie y perímetro.

Este tipo de atributos suelen también almacenarse en tablas es alguna de las diferentes estructuras y formatos citados en el apartado anterior. De hecho muchos sistemas de CAD y SIG presentan la opción de formar topología a partir de los vector.

Así pues, la información alfanumérica se refiere a datos asociados a las entidades gráficas, sean éstas pixels (caso del raster), puntos, líneas o polígonos.

Esta información suele estructurarse en forma de tabla, donde cada fila corresponde a un identificador y las diferentes columnas son valores de diferentes variables.

Pongamos un ejemplo, sea un fichero vector que contiene el identificador y las coordenadas de 200 estaciones climatológicas. Pues bien, podremos crear una tabla de atributos que tendrá que tener 200 filas para que en cada una de ellas pueda almacenar los atributos de cada estación. La primera columna almacena el identificador, la segunda el valor de la temperatura media, la tercera el valor de la pluviometría total, la cuarta el valor de la insolación, etc.

La tabla puede estar en un fichero de texto (como es el caso de SOV) o ser un fichero binario con algún formato estándar de base de datos.

1.7.- FORMATOS DE FICHEROS GRAFICOS.

Los datos son valores concretos de los diferentes atributos de las entidades, cuando se cargan en la memoria del ordenador tales datos se almacenan en espacios cuya amplitud depende del tipo (byte, integer, real, etc.) de la variable en que se almacena el dato.

Para que la información se conserve de forma permanente, los datos se guardan en ficheros de disco. La forma de almacenarse los diferentes tipos de ficheros se conoce con el nombre de formato y suele asociarse con una extensión (DWG, ORC, DXF, etc.) característica de los ficheros.

Hay dos tipos básicos de ficheros, binarios y de texto (ascii).

Los ficheros binarios almacenan uno de tras de otro los diferentes datos como una sucesión de ceros y unos, cuyo significado depende del programa o aplicación que gestione el fichero en cuestión, salvo que su estructura esté publicada, sólo puede verse su contenido con la aplicación a la que correspondan. Los ficheros de texto o ascii almacenan los datos como caracteres almacenados secuencialmente y su contenido puede verse con muchas aplicaciones estándar, como WordPad de Windows o el antiguo Edit de MSDos. Los ficheros de texto suelen ocupar mucho mas espacio de disco que los binarios y tardan mas en cargarse, en grabarse y en acceder a ellos.

Ejemplos de ficheros vector binarios son el DWG de AutoCad o el DGN de Microstation. Un fichero vector de texto muy utilizado es el DXF de AutoCad. En SOV se utiliza un vector ascii denominado DBV.

Los ficheros raster suelen ser binarios, entre los monobanda se encuentran el BMP de Windows, el TIF o GeoTIF, el GIF, JPEG, etc. Muchos de estos formatos suelen utilizar algoritmos de compresión de los datos, para que el fichero ocupe poco espacio, estos algoritmos pueden ser con pérdidas de información o sin pérdidas. Por ejemplo JPEG suele utilizar compresión con pérdidas, hay que tener cuidado de no utilizar este tipo de ficheros cuando se hacen estudios de teledetección o cuando el valor de píxel tiene un significado concreto independientemente del color. Estos formatos sólo almacenan el valor del píxel interpretándolo como color del mismo y este atributo se suele almacenar en un byte (tipo paleta) o en 3 bytes (true color) aunque hay otras posibilidades. En cualquier caso no sirven para almacenar valores de tipo integer o de tipo real. SOV sólo exporta el tipo byte a los citados formatos.

Para encontrar formatos que soporten multibanda y tipos byte, integer o real, nos tenemos que ir a software especializado, como Erdas, ERMapper, etc.

Al formato raster multibanda de SOV le denominamos ORC.

También existen formatos raster multibanda genéricos que soportan los tipos byte, integer y real, tales son el BIP, BSQ y BIL. El sistema SOV exporta e importa a y desde tales formatos.

1.8.- FORMATO ORC.

Un raster, se almacena en SOV en, al menos dos ficheros. Uno de los ficheros es de texto y tiene por extensión ORC, existen, además, tantos ficheros binarios, con extensión RAW, como bandas tenga el raster.

El fichero ORC contiene información tal como la que se muestra a continuación:

```
Version   : 1.0
Datos_Imagen :
Descripcion : El Robledo (TM)
Fecha_Img  : 20 VII 1991
Sensor     : SNDEF
Tipo_Datos : BYTE
Columnas   : 350
Filas      : 300
Nbandas    : 6
Banda1     : ROBLE1
Banda2     : ROBLE2
Banda3     : ROBLE3
Banda4     : ROBLE4
Banda5     : ROBLE5
Banda7     : ROBLE6
Sis_Ref.   : RNDEF
Tipo_Coord. : PLANAS
Unidad     : PIXEL
Min.X      : 0.000
Max.X      : 350.000
Min.Y      : 0.000
Max.Y      : 300.000
```

Vemos, en el ejemplo que se trata de una imagen de 6 bandas, los datos de las cuales están en los ficheros ROBLE1.RAW, ROBLE2.RAW, ...etc. El sensor es SNED. Sólo pueden utilizarse como sensores, además del citado, los siguientes, TM, TM6, AVHRR. Como tipo válido de sensor que puede utilizarse con carácter general el SNDEF, si se utiliza cualquier otro identificador, el programa dará error.

Como puede verse en el ejemplo, el tipo de los valores digitales es BYTE, podría ser, también INTEGER o VECTOR, cualquier otro identificador de tipo dará error.

Vemos que el número de columnas es 350 y de filas 300. Como unidad puede utilizarse las palabras reservadas PÍXEL o METRO, cualquier otra dará error.

El sistema de referencia debe de ser uno de los permitidos, se recomienda utilizar siempre la palabra reservada RNDEF, otro identificador podría dar error. En tipo de coordenadas usar siempre PLANAS.

Además del fichero ORC, existirán tantos RAW como bandas tenga el raster. Tales RAW contienen el valor digital de los diferentes pixels. Si la imagen es de tipo byte, el número de bytes de espacio de disco que ocupará, será el número de filas multiplicado por el número de columnas. Un integer ocupa el doble y un real ocupa cuatro veces el espacio que un byte. Para calcular el espacio total ocupado por un raster, habrá que

multiplicar el espacio ocupado por cada raw, por el número de bandas que tenga el documento.

Por defecto, los documentos raster se visualizan en niveles de gris, cuanto mas alto es el valor digital, mas claro será el nivel de gris, el cero será negro y el 255 será blanco. Los raster que no sean de tipo byte no pueden visualizarse. Para convertir un raster a tipo byte suele hacerse una operación de realce aplicando las siguientes opciones de menú (Archivo – AbrirOrc) (Imagen – Realce – Expansión).

Si un raster tipo byte se corresponde con una imagen color, entonces, además de los citados ficheros, existirá un fichero binario de tipo paleta, el cual tiene por extensión PAL y contiene el color con que hay que visualizar cada valor digital. El nombre del fichero de tipo paleta, debe de ser el mismo del ORC.

Un concepto importante, asociado a un raster, es el de resolución geométrica. Se entiende por tal concepto el tamaño de un píxel en la realidad (unidad de resolución de campo), si el raster está georreferenciado, los valores Xmin, Xmax, Ymin e Ymax , contienen las coordenadas extremas del raster. En este caso, podemos calcular la resolución en x como $(Xmax-Xmin)$ dividido por el número de columnas, la resolución en y sería $(Ymax-Ymin)$ dividido por el número de filas.

En SOV hay una opción (Archivos – AbrirOrc), tal opción abre o carga un ORC poniéndolo en disposición de hacer algo con él que no sea su visualización (lo que se hará con una opción diferente).

Por ejemplo, tendremos que abrir una imagen (ORC) cuando queramos realzarla, corregirla geoméricamente, clasificarla, etc. Muchas opciones de menú sólo están habilitadas cuando hay una imagen cargada. Sin embargo, si hay una imagen cargada, no podremos visualizarla con (Imagen – Ver – DigiVec), tendremos previamente que descargarla con (Archivo – CerrarOrc). Al cerrar una imagen liberamos el espacio correspondiente de memoria. Si no se está haciendo nada con una imagen, conviene cerrarla. Por otra parte, si la imagen está visualizada, no podremos abrirla, tal como se explica en el apartado siguiente.

Los ORC de tipo byte pueden visualizarse de manera directa , esto se hace mediante (Imagen – Ver – DigiVec), aparece un cuadro de diálogo, en el botón ORC se selecciona la imagen, en el spin ban se selecciona la banda y, por último, con el botón TODO se visualiza.

La visualización por defecto de todas las imágenes es en niveles de gris, salvo que tengan una paleta asociada, esto es, que exista un fichero .PAL del mismo nombre de la imagen y en la misma carpeta que ella.

Estando visualizada una imagen se puede elegir visualizarla con alguna de las que hay en el directorio c:\palette, para ello (Imagen – Ver – EdicPaleta) se pica sobre el botón del control y se despliega una lista de paletas, puede seleccionarse una adecuada a la imagen que estamos visualizando, por ejemplo si estamos viendo un modelo de tipo byte utilizaremos la paleta de Imhof o la de Peucker, si estamos visualizando una imagen clasificada podemos utilizar la cual256.

Con una paleta abierta, podemos picar sobre cualquiera de los colores, modificarlo y salvar la nueva paleta con el nombre que se quiera, hemos de tener en cuenta que si se quiere vincular la paleta con una imagen, habrá que darle el mismo nombre que ella y deberá estar en su directorio. Si se quiere tener disponible la paleta para utilizarla con cualquier imagen, deberá de guardarse en el directorio c:\palette.

Al dejar de visualizar una imagen hay que cerrar el cuadro de diálogo mediante (Imagen – Ver – CloseDigi), si no se cierra con esta opción, no se podrá abrir una imagen con (Archivo – AbrirOrc). Debe de tenerse en cuenta que si se pica sobre el aspa que hay en la parte superior derecha del cuadro de diálogo, entonces se oculta, pero no se cierra y si

queremos abrirlo otra vez no podremos hacerlo hasta que hagamos (Imagen – Ver – CloseDigi).

1.9.- FORMATO DBV.

Este es el formato de SOV para almacenar información vectorial. Veamos un ejemplo:

RNDEF

0.000	350.000	
0.000	300.000	
1.000	1.000	
1 1		
68.000	240.000	0.000
1 1		
192.000	184.000	0.000
1 1		
176.000	230.000	0.000
1 1		
223.000	228.000	0.000
3 7		
42.000	227.000	0.000
73.000	219.000	0.000
91.000	194.000	0.000
103.000	158.000	0.000
130.000	132.000	0.000
163.000	117.000	0.000
199.000	109.000	0.000
2 5		
137.000	254.000	0.000
126.000	220.000	0.000
156.000	211.000	0.000
176.000	238.000	0.000
137.000	254.000	0.000
7 6		
89.000	103.000	0.000
92.000	79.000	0.000
122.000	70.000	0.000
137.000	82.000	0.000
130.000	112.000	0.000
89.000	103.000	0.000
0 0		

En la primera fila aparece el identificador RNDEF que nos indica un sistema de referencia genérico no definido. La siguiente fila es X mínima y X máxima del fichero raster del cual procede el fichero, si no procede de un raster con la X mínima y máxima del propio fichero. La siguiente fila es Y mínima e Y máxima.

A continuación vienen dos valores decimales que es la resolución del raster del cual procede el vector. Si no procede de un vector, tales valores serán 1.0 y 1.0.

A continuación vienen una serie de bloques de coordenadas cada bloque se refiere a una entidad y va encabezado por dos valores enteros, el valor de la izquierda indica el identificador de la entidad y el valor entero de la derecha indica el número de coordenadas de la misma.

Si un bloque tiene una sola coordenada, la entidad es un punto, si en un bloque coincide la primera y la última coordenada, entonces la entidad es un polígono. En otro caso, se trata de una línea.

El fichero termina con la marca final 0 0.

Así pues, vemos que el fichero del ejemplo comienza con cuatro puntos de identificador 1. Después viene una línea de identificador 3 con siete puntos, a continuación un polígono de identificador 2 con 5 puntos y, por último, otro polígono de identificador 7 con 6 puntos.

En SOV, un DBV sólo puede visualizarse superpuesto sobre un ORC entre cuyas coordenadas extremas se encuentre el vector.

Si no se dispone de un ORC para visualizar un vector, puede generarse un raster “vacío”, para ello se selecciona la opción de menú (Vector – SetOrcVoid), el número teórico de columnas de tal ORC es de $(X_{max}-X_{min})/ResolX$, y de forma análoga se obtienen las filas, éstos valores se obtienen del propio vector. Para que el número de filas y columnas del ORC producido no sea exageradamente alto (y por tanto se tarde mucho en visualizar), debe de ponerse un valor de la resolución en x y en y razonablemente bajo.

Veamos un ejemplo, sea un DBV cuyo encabezado es:

```
RNDEF
 438000.000 443000.000
 4452000.000 4458000.000
 1.000 1.000
```

Si hacemos SetOrcVoid, obtendremos un raster con 5000 columnas y 5000 filas y eso no es necesario puesto que se trata de una base “vacía”, con el inconveniente de su tardanza en visualizar. Entonces haríamos la siguiente modificación:

```
RNDEF
 438000.000 443000.000
 4452000.000 4458000.000
 10.000 10.000
```

Al hacer SetOrcVoid tendremos, una imagen teórica de 500 filas por 500 columnas que se visualizará más rápidamente.

En SOV, un DBV sólo puede visualizarse superpuesto sobre un ORC entre cuyas coordenadas extremas se encuentre el vector.

Si no se dispone de un ORC para visualizar un vector, puede generarse un raster “vacío”, para ello se selecciona la opción de menú (Vector – SetOrcVoid), el número teórico de columnas de tal ORC es de $(X_{max}-X_{min})/ResolX$, y de forma análoga se obtienen las filas, éstos valores se obtienen del propio vector. Para que el número de filas y columnas del ORC producido no sea exageradamente alto (y por tanto se tarde mucho en visualizar), debe de ponerse un valor de la resolución en x y en y razonablemente bajo, editando el propio DBV.

Para la visualización se visualiza primero el ORC tal como se explicó anteriormente y con él visualizado se selecciona (Vector – VerDbv), se elige el fichero a visualizar y aparece en pantalla. Si hay un vector visualizado no se puede visualizar otro, hay que quitarle de pantalla, para ello (Vector – ClearVec).

1.10.- FORMATO SMP.

Este tipo de fichero se va utilizar por SOV para almacenar tablas de atributos. Tienen una estructura tal como la siguiente:

MODA SNDEF

```
5 1.00
23 6 1
1 100 58 87 93 190 113 1
2 101 58 86 91 156 70 1
3 87 49 71 73 170 90 1
4 94 52 76 80 167 83 1
5 109 69 109 117 192 97 1
6 84 43 65 71 131 70 1
7 94 54 83 87 170 88 1
8 83 44 66 82 166 83 1
9 97 52 76 89 181 94 1
10 88 51 79 84 178 107 1
11 87 49 78 81 175 104 1
12 108 62 94 101 183 88 1
13 112 70 104 109 197 101 1
14 119 75 117 125 192 89 1
15 74 38 45 71 103 42 1
16 68 27 26 123 69 22 1
17 81 45 65 76 172 97 1
18 108 64 94 98 174 82 1
19 101 56 84 88 170 82 1
20 110 66 100 106 197 91 1
21 96 62 94 94 187 106 1
22 89 49 76 82 153 82 1
23 82 43 66 75 151 81 1
```

Las dos primeras líneas sólo tienen sentido en el caso de que el SMP se utilice para la clasificación de imágenes, lo cual se verá en el apartado correspondiente.

En la tercera línea tenemos, en primer lugar el número de filas de la tabla, en segundo lugar el número de variables que es el número de columnas excluida la primera y la última. El tercer valor de la tercera línea es el número de clases o categorías en que se clasifican las diferentes filas, en este caso todas las filas pertenecen a una sola clase.

La primera columna de la tabla es el identificador, que es un número entero (no necesariamente tienen que ser correlativos) que identifica unívocamente a una entidad gráfica (punto, línea o polígono).

Las columnas intermedias indican los valores de cada una de las variables que se consideran. La última columna indica la clase de pertenencia de la fila en cuestión.

Como puede verse, ese SMP no está clasificado, todos los valores pertenecen a la misma clase (la clase 1).

Este tipo de ficheros se clasifican, por ejemplo mediante (Clasificar – Kmedias) y obtener un fichero tal como:

MODA TM6

```
5 1.00
56 6 5
1 100 58 87 93 190 113 1
2 101 58 86 91 156 70 4
3 87 49 71 73 170 90 3
4 94 52 76 80 167 83 3
```

5	109	69	109	117	192	97	5
6	84	43	65	71	131	70	4
7	94	54	83	87	170	88	3
8	83	44	66	82	166	83	3
9	97	52	76	89	181	94	3
10	88	51	79	84	178	107	3
11	87	49	78	81	175	104	3
12	108	62	94	101	183	88	5
13	112	70	104	109	197	101	5
14	119	75	117	125	192	89	5
15	74	38	45	71	103	42	2
16	68	27	26	123	69	22	2
17	81	45	65	76	172	97	3
18	108	64	94	98	174	82	5
19	101	56	84	88	170	82	3
20	110	66	100	106	197	91	5
21	96	62	94	94	187	106	1
22	89	49	76	82	153	82	4
23	82	43	66	75	151	81	4

Como vemos, se han clasificado las entidades del fichero en 5 clases, atendiendo a los valores de las diferentes variables.

1.11.- OTROS FICHEROS DE SOV.

Además de los citados, hay otros tipos de ficheros que utiliza SOV, todos ellos son ASCII, y se utilizan con dos fines fundamentales, suministrar información al sistema o proporcionar información al usuario. Todos ellos se irán viendo en los siguientes capítulos, aunque pueden verse en (AcercaDe – Ayuda – Formatos). Citamos, a continuación algunos de los más importantes.

REC.

Este es un fichero de correspondencia entre coordenadas iniciales y finales, tiene 4 columnas, se utiliza para correcciones geométricas. El sistema de referencia es el de las coordenadas finales. Las dos primeras columnas son las coordenadas (x,y) iniciales, y las otras dos son las finales.

STA.

Contiene datos estadísticos relativos a la imagen.

CLU.

Contiene los datos estadísticos relativos a cada una de las clases procedentes de un proceso de clasificación.

FIT.

Muestra los resultados procedentes de un ajuste polinómico mínimo-cuadrático, realizado para correcciones geométricas.

REF.

Contiene definición de los sistemas de referencia utilizados por el sistema. Este fichero tiene que ser realizado por el usuario con sus propias necesidades.

FUZ.

Resultado de una clasificación borrosa de las áreas de entrenamiento.

FLY.

Fichero con los datos de vuelo y fotogramas para restitución fotogramétrica.

TXT.

S. Ormeño. Teledetección.

Contiene los datos resultado de una orientación externa. El nombre del fichero corresponderá con el del fotograma a que se refieren los datos.

W.

Se utiliza por la opción BakProp de redes neuronales.

CAT.

Fichero para concatenar un conjunto de imágenes monobanda.

1.12.- SISTEMAS FORMADORES DE IMÁGENES.

La definición de imagen, y en general de documento raster que se trató anteriormente, se refiere a imagen digital (la “entienden” los ordenadores), las imágenes que están sobre papel son de tipo analógico (no digital).

Un sistema formador de imágenes (SFI) puede considerarse como una “caja negra” en la cual penetra radiación electromagnética (luz en sentido restrictivo) procedente del objeto y se obtiene una imagen o representación de dicho objeto.

Un componente fundamental en los SFI es el sensor que es el componente que detecta la radiación electromagnética, los sensores pueden ser dispositivos electrónicos o tener otra naturaleza.

Un SFI de naturaleza biológica es el propio ojo humano, el cual tiene cuatro tipo de sensores, en correspondencia con cuatro tipo de células que son los bastones, y los tres tipos de conos.

Otro ejemplo de tal tipo de sistemas es la cámara fotográfica, en la cual, el sensor puede ser una emulsión de sales de plata o puede tener naturaleza electrónica, como en las cámaras digitales.

En fotogrametría aérea se utilizan como SFI cámaras fotográficas especiales que pueden ser analógicas o digitales. Estas cámaras son de gran formato e introducen mínimas deformaciones. En las analógicas, el tamaño del fotograma suele ser de 23 cm de lado.

Otro SFI es el escáner de sobremesa el cual se utiliza para formar una imagen (digital) a partir de otra imagen (analógica). En este dispositivo, el sensor está constituido por una línea de detectores individuales que se sitúan a lo largo de una barra que se desplaza sobre el documento “barriendo” todo el documento para formar la imagen.

Imaginemos una barra como la descrita anteriormente situada a bordo de un satélite, al desplazarse la barra sobre el terreno podemos ir formando una imagen del territorio. Esta descripción simplista es la forma en que operan muchos SFI a bordo de satélites, la configuración descrita se conoce con el nombre de escáner de línea.

En fotogrametría aérea también se utilizan escáneres de línea, aunque aún su uso es minoritario, siendo frecuente utilizar cámaras analógicas.

En teledetección se utilizan frecuentemente sensores como el Thematic Mapper, a bordo de los satélites de la serie Landsat o como HRV, a bordo de SPOT.

1.13.- IMPORTACION DE DOCUMENTOS RASTER.

Hay orígenes muy diversos de las imágenes o documentos raster para ser utilizados por SOV. Lo usual es disponer de la imagen en alguno de los formatos más utilizados.

SOV importa desde BMP y TIF, en ambos casos, tienen que ser sin comprimir y las BMP sólo las importa si son de tipo paleta es decir, de 256 colores o niveles de gris. En el caso de TIF, importa las de tipo paleta y las “true color” o de 16 millones de colores, éstas últimas las importa como una ORC de tres bandas, en la banda 1 guarda el canal del rojo, en la 2 el canal del verde y en la banda 3 guarda el canal del azul.

Es preferible, antes de importar la imagen convertirla a 256 colores sin comprimir, hay varios programas de uso generalizado que realizan esta transformación, por ejemplo el Corel Photopaint y el Adobe Photoshop, ambos programas ofrecen la conversión a 256 colores de una manera bastante eficiente.

En caso de importar el TIF true color a ORC de tres bandas, en SOV puede convertirse tal ORC a un tipo paleta de una banda mediante (Archivo – AbrirOrc) (Imagen – Ver – VerCombi), pero en general, las aplicaciones citadas anteriormente realizan mejor la conversión y es preferible realizarla con tales aplicaciones y después importar la de tipo paleta.

Cuando se trata de procesar fotos aéreas, puede suceder que las adquiramos ya en formato digital, en cuyo caso realizaremos las operaciones anteriores. Pero puede ser que adquiramos el fotograma en papel, en este caso habrá que escanearla previamente, o bien por nosotros mismos o bien encargamos el escaneado, los programas que utilizan los escáners suelen realizar bastante bien la conversión a tipo paleta.

Puede suceder, que deseemos introducir en el sistema un mapa o plano sobre papel, en ése caso deberemos escanearlo tal como se indicaba anteriormente.

Cuando vamos a escanear un documento, tenemos que seleccionar la resolución con que queremos hacerlo. En los programas que gestionan el escaneado, suele expresarse la resolución en puntos por pulgada (ppp o dpi), para calcular el tamaño en la realidad que tendrá un píxel, pensemos que 600 ppp equivalen a 42 micras (milésimas de milímetro), 1200 ppp equivalen a 21 micras, etc.

Tenemos que tener cuidado de no poner una resolución demasiado alta para no ocupar innecesariamente espacio de disco y tiempo de proceso.

En el caso de escanear fotos aéreas, es normal utilizar resoluciones de 21 micras e incluso de 42 micras, dependiendo de que nos lo permita la escala deseada en función de la escala del fotograma, en el capítulo correspondiente volveremos sobre este tema.

Cuando se escanean planos o mapas, suele ser normal utilizar 300 ppp, 150 ppp e incluso menos.

Un fotograma de 23 cm de lado escaneado a 21 micras produce una imagen digital de 10952 columnas por 10952 filas, es decir, aproximadamente 120 millones de bytes o 120 Megabytes.

Las empresas y organismos que distribuyen imágenes multibanda de satélite, como por ejemplo las Thematic Mapper suelen utilizar un formato que llaman binario genérico, este formato tiene tres posibilidades llamadas BSQ, BIL y BIP. El BSQ almacena los valores de todos los pixels de una banda, a continuación los de otra y así sucesivamente, con todas las bandas en el mismo fichero. El BIL (banda intercalada por línea) graba la fila1 banda1, luego la fila1 banda2,, fila2 banda1, fila2 banda2, etc. El BIP (banda intercalada por píxel) en vez de intercalar filas intercala píxels.

Existe, además la posibilidad de grabar cada banda en su correspondiente fichero binario (cada banda puede considerarse un BSQ de una sola banda).

A veces, dentro de estos ficheros binarios y al principio de ellos, va información de complementaria o de cabecera.

Es normal que en algún fichero de texto, adjunto a los que contienen las imágenes, se nos diga el número de filas y el de columnas.

Para importar con SOV este tipo de ficheros binarios tenemos que conocer el número de bandas, el número de filas y columnas y el tamaño de la cabecera binaria en bytes, en caso de no existir tal cabecera consideramos su tamaño 0. Sólo importa imágenes de tipo byte.

Con los anteriores datos, realizamos la importación en (Archivo – Importar – DeImg).

SOV importa, también imágenes DOC procedentes de Idrisi el cual es un SIG orientado, básicamente, al formato raster .

Salvo en este último caso, cuando SOV importa una imagen, no queda georreferenciada, por tanto la asigna como valores extremos los siguientes, $X_{min} = 0.0$, $X_{max} = \text{numcolumnas}$, $Y_{min} = 0.0$, $Y_{max} = \text{numfilas}$. Considera, por tanto una resolución igual a uno. Si las imágenes están corregidas geométricamente y conocemos sus coordenadas extremas, podemos editar el fichero ORC e introducir tales valores extremos, con eso la imagen quedaría georreferenciada. Si no está corregida, entonces tendremos que georreferenciarla por alguno de los métodos que se explicarán más adelante.

1.14.- ADQUISICIÓN DE DOCUMENTOS VECTOR.

No tiene demasiado sentido introducir ficheros vector en SOV ya que, básicamente, SOV sólo utiliza este tipo de ficheros para obtener modelos. Lo que sí realizaremos es obtener ficheros DBV digitalizando en SOV sobre raster y luego los exportaremos (lo haremos como DXF).

SOV importa ficheros ascii VEC de Idrisi. Es el único formato dependiente de aplicación.

Para la obtención de modelos, SOV importa ficheros ascii de coordenadas de puntos con la siguiente estructura: Identificador X Y Z, separando los valores por espacios en blanco y utilizando punto como separador de decimales, un fichero de tal tipo sería:

```
12 443258.89 4432678.45 625.32
```

```
18 456729.82 4456983.28 589.45
```

```
45 478325.12 4445328.29 712.22
```

Este fichero tendría tres puntos con identificadores 12, 18 y 45.

Para pasar nuestras coordenadas a este formato podemos utilizar la hoja de cálculo Excel que importa ascii, le da el formato que deseemos y luego exporta otra vez a ascii.

Supongamos que tenemos un plano con curvas de nivel que queremos introducir en SOV para obtener en correspondiente Modelo Digital de Elevaciones (MDE), lo primero que haremos será escanear el documento y lo cargaremos en SOV como raster, después georreferenciaremos y finalmente digitalizaremos las curvas de nivel, “picando” sobre ellas para obtener un vector DBV, en el tema de modelos veremos la forma de realizar esto

1.15.- DIGITALIZACIÓN SOBRE IMAGEN.

En el apartado 2.3 del documento Proceds se explica la metodología de digitalización.

En el entorno SOV , prácticamente sólo se prevé digitalizar cuando el DBV producido se va a utilizar por el propio programa, por ejemplo para producir un modelo digital. En ese caso habrá que digitalizar las curvas de nivel , poniendo como identificador la cota de cada una de las curvas, una vez realizada la digitalización tendremos un DBV con X e Y de cada punto correctos, con la Z puesta a cero y teniendo como identificador el valor de la Z, pues bien, para poner las cotas en su sitio, existe la opción (Vector – SetCotaVec – VecIdToCota), en el tema de modelos volveremos sobre esta cuestión.

Por ejemplo, si ha obtenido ya la ortofotografía como ORC y se quieren digitalizar sobre ella carreteras, ríos, etc. Entonces es preferible exportar la ORC a AutoCad, ArcView, u otro sistema y realizar la digitalización en el mismo, ya que, como se ha dicho SOV no es un sistema propiamente vector.

1.16.- EXPORTACIÓN DE FICHEROS.

El procedimiento 2.12 del Proceds explica la exportación e integración en AutoCad.

SOV exporta a BMP, TIF, GIF, BSQ, BIL, BIP e Idrisi, ello se hace en (Archivo – Exportar – AImg). Para exportar a BMP y TIF, las ORC tienen que ser de tipo byte.

Los tipos integer y real pueden exportarse a BSQ, BIL y BIP.

En (Archivos – Exportar – ArcView) pueden exportarse todos los tipos a ArcView, la forma de hacerlo se explica en el procedimiento 2.13 del Proceds.

Las imágenes de tipo real o integer se pueden visualizar pero no exportar a BMP o TIFF, para exportarlas a tales formatos hay que obtener un documento de tipo byte. Una forma de obtener tal documento es (Archivo – AbrirOrc), seleccionamos la imagen inicial, (Imagen – Realce – Expansión), picamos en ORC a Salvar e introducimos el nombre, seleccionamos el número de banda y picamos, por ejemplo en MINMAX. Con esto obtenemos una imagen exportable.

En SOV hay cuatro opciones de exportación de ficheros DBV, se encuentran en (Archivo – Exportar).

DXF es un formato muy utilizado para intercambio de información vector, en VecToDxf se realiza la exportación que tiene tres opciones, separar capas por identificador, separar capas por tipo de entidad (puntos, líneas u polígonos) y, en el caso de exportar una triangulación, considerar los triángulos como caras.

Otra opción es exportar a Idrisi (VecToIdris), aquí el inconveniente es que el formato VEC de Idrisi no tiene coordenada Z, con lo cual en la exportación se dan dos posibilidades (borrar la Z o pasar la Z a identificador), así mismo, tienen que exportarse por separado los puntos, las líneas o los polígonos.

Podemos exportar un DBV a un fichero ascii de tres columnas separadas por espacios en blanco respectivamente con las coordenadas X, Y, Z. Esto se hace en (VecToXYZ).

Por último, podemos exportar al formato .X con la finalidad de visualizar el resultado en (Modelos – SOV3D), esta operación se realiza en (VecToXFiles). Este caso se utiliza para exportar modelos vectoriales que están constituidos por una superficie poliédrica de caras triangulares y vértices los puntos del DBV, antes de realizar la exportación a ficheros .X, conviene aplicar el procedimiento (Modelos - SetDbvForMod).

1.17.- REFERENCIAS.

Bonhan Carter, G.F. 1994. GIS for Geoscientists. Ed.. Pergamon. Canada

Burrough, P.A. and McDonnell R.A. 1998. Principles of Geographical Information Systems. Oxford U. Press. New York.

Dohrs, F.E. and Sommers . 1967. Introduction to Geography: Selected Readings, , L.M., Ed. Thomas and Crowell, N.Y.

Lewis, P. 1977. Maps and Statistics, Methuen and Co.

Walford Nigel. 1994. Geographical Data Analysis. John Wiley and Sons. England.

TEMA 2.- ADQUISICION DE DATOS.

2.1.- INTRODUCCION.

En los temas anteriores se han mostrado diferentes métodos de obtención de datos a través del proceso de imágenes aéreas, espaciales y documentos escaneados, en el presente tema se indican otras fuentes de información que pueden ser utilizadas para modelización cartográfica. Los datos pueden presentar una gran diversidad de formatos, pudiendo estar en papel, en cuyo caso, la primera opción es escanearlos, si se trata de datos gráficos o bien introducirlos por teclado para darles forma de tabla de atributos de tipo ASCII (smp) o bien convertirlos a un formato específico de base de datos. Pueden encontrarse en formato digital, lo que es cada día más frecuente, en cuyo caso habrá que importarlos, usualmente a una aplicación estándar, y eventualmente hacer una conversión de formato para introducirlos en el sistema que estemos empleando. Puede suceder que los datos gráficos se encuentren en un sistema de referencia diferente del que nos interese, en cuyo caso será necesario corregirlos geoméricamente para hacerlos superponibles con nuestros propios datos.

A continuación se muestran diferentes organismos y algunos de los datos de posible interés para realización de cartografía temática.

2.2.- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS.

- Statistical Yearbook (1988 - 1992).
- World Statistics in Brief (1992).
- National Accounts Statistics (1986 - 1992).
- Mapa de población del Mundo (1994).
- Distribución del sexo y la edad de la población mundial.
- United Nations Urban Agglomeration Chart (1994).
- UNCTAD Commodity Yearbook (1992, 1993, 1994). Mercado y consumo a nivel regional y nacional en necesidades básicas, minerales, metales, etc.
- UNCTAD Statistical Pocket Book (1992). Evolución de la economía.
- International Trade Statistics Yearbook (1991, 1992, 1993).
- Handbook of International Trade and Development statistics.
- Boletín anual de transporte en Europa (1994, 1995).
- Census of Motor Traffic on Main International Traffic Arteries, includes maps (1990).
- Boletines anuales en productos químicos y acero.
- Energy Statistics Yearbook (1991, 1992, 1993).
- Asia-Pacific in Figures (1995).
- Statistical Indicators for Asia and The Pacific (1993 - 1995).
- Statistical Yearbook for Asia and The Pacific (1993, 1994).
- Statistical Yearbook for Latin America and the Caribbean (1989 - 1994).
- African Statistical Yearbook (1990 - 1991).
- African Socio-Economics Indicators (1990 - 1993).
- Statistical Chart on children (1990).
- Statistical Chart and indicators on the situation of youth (1970 - 1990).
- Statistics and Indicators on Women in Africa (1986).
- Statistics on Children in UNICEF assisted Countries (1992).

2.3.- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (F.A.O).

- Estadísticas agrícolas mundiales (1986, 1987, 1988).

S. Ormeño. Teledetección.

- Estadísticas agropecuarias mundiales. Superficie, rendimiento y producción de cultivos (1948 - 1985).
- Censo agropecuario mundial (1970, 1980, 1990).
- Anuario estadístico de pesca.
- Anuario de productos forestales.
- Anuario de producción.
- Anuario de fertilizantes.
- Anuario de comercio.
- Mapas de suelos.

2.4.- EUROSTAT (UNION EUROPEA).

A.- Estadísticas generales.

- Retrato de las regiones.
- Retrato de las islas.
- Europa en cifras.
- Cifras para conocerse.
- RegioMap. Logical geoestadístico de las regiones de Europa.
- Familia de Atlas, edición Eurostat.
- Anuario Eurostat 95. Visión estadística de Europa 1983 - 1993.
- Estadísticas de base de la Unión europea.
- ACP - Estadísticas de base 1994.
- Regiones. Anuario estadístico 1995.
- Euroestadísticas. Datos para el análisis de la coyuntura.
- Cifras clave. Boletín de la coyuntura europea y de síntesis.
- CIS & EU - Hechos y figuras 1995. Situación socioeconómica en la CEI y la UE.
- Países ACP. Documentos estadísticos.
- Estados del Magreb, 1994. Documento estadístico.
- Europa central y oriental, 1991. Documento estadístico.
- La Unión Soviética de 1980 a 1991. Documento estadístico.
- Documentos estadísticos. Bulgaria, 1991. Hungría, 1994. Polonia, 1994. Rumania, 1992. Federación Rusa, 1993. Albania, 1993. Estonia, 1993. Letonia, 1993.
- Estadísticas en breve. Regiones.

B.- Economía y finanzas.

- Comparación del coste de la vida en la UE. Anuario.
- Cuentas nacionales, por sectores. Anuario.
- Cuentas nacionales trimestrales.
- Índices de precios al consumo. Mensual.
- Moneda y finanzas. Trimestral.
- ECU-SME información y tasas de interés de los bancos centrales. Mensual.
- Balanza de pagos. Estadísticas trimestrales.

- ECUSTAT. Mensual. Información sobre el ECU.
- Cuentas nacionales SEC. 1970 - 1993. SEC = Sistema europeo de cuentas integradas.
- Cuentas nacionales SEC. Detalladas. 1987 - 1992.
- Cuentas nacionales SEC. Cuadros entrada/salida, 1985.
- Cuentas y estadísticas de las administraciones públicas, 1981 -1992.
- Poder adquisitivo y producto interior bruto real, 1985.
- Impuestos y cotizaciones sociales. 1982- 1983.
- Comparación mundial del poder adquisitivo y del producto real el 1980.

S. Ormeño. Teledetección.

- Estadísticas bancarias y monetarias, 1993.
- Intercambios internacionales de servicios. EUR 12 de 1984 - 1993.
- Las inversiones directas de la UE 1984-1993.
- Ventilación geográfica de los intercambios corrientes. EUR 12 de 1984 a 1993.
- Economía y finanzas. Estadísticas en breve.

C.- Población y condiciones sociales.

- Retrato social de Europa.
- Estadísticas demográficas. Anuario.
- Educación en la UE. Anuario.
- Desempleo. Estadísticas mensuales.
- Salarios - Industria y servicios, 1994.
- Encuesta sobre las fuerzas del trabajo, 1994.
- Gastos relativos a la protección social. 1980 - 1993.
- Coste de la mano de obra. 1988 - 1992.
- Salarios netos de los empleados de las industrias manufactureras en la UE, 1995.
- Presupuestos familiares. Cuadros comparativos, 1988.
- Empleo y paro. 1980- 1994.
- Salarios en la agricultura, 1991.
- Estadísticas relativas a la pobreza a finales de los años 80.
- Estadísticas sobre migración, 1995.
- Organización y duración del trabajo, 1983- 1992.
- Recopilación estadística sobre la protección social en Europa.
- Mujeres y hombres en la UE. Retrato estadístico.
- Peticiones de asilo y refugiados. Resumen estadístico.
- Población y condiciones sociales. Estadísticas en breve.

D.- Energía e Industria.

- Energía. Estadísticas anuales.
- Estadísticas sobre fuentes de energía renovables. 1989 - 1991.
- Estadísticas coyunturales sobre energía, industria y siderurgia. Mensual.
- Panorama de la industria comunitaria. Bimestral.
- Explotación de las centrales nucleares. Estadísticas. 1994.
- Estructura y actividad de la industria. Encuesta anual.
- Balance de la energía, 1992 - 1993.
- Siderurgia. Estadísticas anuales.
- Precios de la energía y de la electricidad, 1980- 1995.
- Consumos de acero por rama de utilización, 1975- 1992.
- Precios del gas, 1990- 1995.
- Energía e industria. Estadísticas en breve.

E.- Agricultura, silvicultura y pesca.

- Agricultura. Anuario estadístico.
- Renta agrícola. Anuario.
- Estadísticas coyunturales sobre precios, producción vegetal y producción animal. Trimestrales.
- CD-ROM agricultura y pesca de la UE. Anuario.
- Cuentas económicas de la agricultura y silvicultura, 1989- 1994.
- Valores unitarios de los productos agrícolas, 1985- 1994.

S. Ormeño. Teledetección.

- Precios agrícolas. 1985- 1994.
- Precios de las tierras y arrendamientos en la CE, 1973- 1994.
- Superficies vitícolas. Encuestas anuales.
- Pesca. Estadísticas anuales.
- Eurofarm CD. Encuesta sobre la estructura de las explotaciones agrícolas. 1975 - 1987.
- Encuesta comunitaria sobre plantaciones de frutales, 1992.
- Datos SPEL para la agricultura de la UE. 1985- 1995.
- Estadísticas forestales 1985 - 1991.
- Estructura de las explotaciones. 1989/90.
- Aspectos económicos de la producción de cereales en la CE.
- Vitisgraph. Representación gráfica de las estadísticas de la CE sobre superficies vitivinícolas.
- Estructura de las explotaciones agrícolas, encuesta 1987. Análisis cartográfico de los resultados.
- Agricultura, silvicultura y pesca. Estadísticas en breve.

F.- Comercio exterior.

- Comercio exterior. Anuario estadístico.
- Estadísticas coyunturales de comercio exterior e intercambios comerciales. Mensuales.
- Comercio exterior por modo de transporte, 1993.
- Índices de comercio exterior de la UE, 1993.
- Comercio exterior. Estadísticas en breve.

G.- Comercio, servicios y transporte.

- Turismo en Europa. Dos publicaciones, tendencias y evoluciones.
- Anuario sobre indicadores para los servicios de telecomunicación, radio, televisión y tecnologías de la información.
- Turismo. Estadísticas anuales.
- Estadísticas coyunturales sobre comercio, servicios y transportes. Mensuales.
- Transportes. Estadísticas anuales.
- Transportes de mercancías por carretera, ferrocarril y vías navegables interiores, 1992.
- Servicios de comunicaciones. Estadísticas anuales.
- Servicios. Estadísticas anuales.
- El comercio al por menor en el espacio económico europeo.
- Comercio, servicios y transportes. Estadísticas en breve.

H.- Medioambiente.

- El medioambiente europeo. Anuario.
- Estadísticas del medioambiente, 1991.
- Emisiones de dióxido de carbono de los combustibles fósiles. 1985- 1993.
- Distribución de los aportes de Nitrógeno en la agricultura.
- Medioambiente. Estadísticas en breve.

I.- Investigación y desarrollo.

- Investigación y desarrollo. Estadísticas anuales.
- Investigación en estadísticas oficiales. Semestral.
- Investigación y desarrollo. Estadísticas en breve.

J.- Bases de datos.

- New Cronos.

S. Ormeño. Teledetección.

Unos 70 millones de datos estadísticos cubriendo todos los sectores socioeconómicos. La información cubre todos los estados miembros y en numerosos casos a los principales socios comerciales de la Unión. Los datos están estructurados en arrays multidimensionales con claves alfanuméricas, según el tema de referencia. Cubre los campos de estadísticas generales, economía y finanzas, población y sociología, energía e industria, agricultura, silvicultura, pesca, comercio, servicios y transporte.

- Regio.

Se consideran tres niveles de agregación según la nomenclatura NUTS (unidades territoriales estadísticas), el nivel 1 se refiere a las 77 regiones de la UE, el nivel 2 a 206 unidades administrativas de base y el nivel 3 a 1031 subdivisiones de las unidades administrativas de base. No todos los datos se encuentran disponibles en el nivel 3, pero los que lo estén a cierto nivel, también lo están en los niveles superiores de agregación. Cubre los campos de demografía, cuentas económicas, desempleo, encuestas sobre población laboral, estadísticas de la energía, agricultura, transporte e investigación y desarrollo.

- Comext.

Contiene estadísticas del comercio entre los estados miembros de la UE así como su comercio con unos 300 países socio.

- Gisco.

Sistema de Información Geográfica de la Comisión europea. Contiene datos de una gran diversidad de temas, desde datos topográficos sobre las regiones administrativas y redes de transporte hasta datos sobre medioambiente y recursos naturales. Para todos estos temas, se mantienen actualizados datos geográficos y atributos. Por contenidos, los capítulos son:

límites administrativos, infraestructura, hidrografía, altimetría, cuadrícula geográfica, distribución de fondos estructurales, estadísticas infraregionales, temas industriales, recursos del suelo, recursos naturales, medioambiente y bases de datos del mundo entero. La escala nominal de los datos varía entre 1/1000000 y 1/3000000 para los referidos a la UE.

- Eurofarm.

Base de datos que contiene resultados de encuestas sobre la estructura de las explotaciones agrícolas. Los temas que pueden encontrarse son: tamaño y economía de las explotaciones, gestión de las explotaciones, cultivos, efectivos ganaderos, trabajadores agrícolas y topología de las explotaciones.

- Simone.

Contiene las diferentes nomenclaturas y relaciones entre ellas, dichas nomenclaturas se refieren a un código y un texto descriptivo para el mismo.

- Eurocron.

Contiene datos estadísticos almacenados en forma de tabla, cubriendo los principales sectores de la vida económica de los estados miembros de la UE. Las informaciones se distribuyen en tres subconjuntos: Eurostatistiques, Regiostat y Farmstat. Eurostatistiques analiza y presenta los principales indicadores macroeconómicos de los estados miembros así como USA y Japon. Regiostat contiene una selección homogénea de las estadísticas regionales al nivel 2 de la nomenclatura de las NUTS, esta selección debe hacer posible un diagnóstico macroeconómico de base de las regiones de la CE. Farmstat consiste en un resumen de los principales resultados de la última encuesta sobre la estructura de las explotaciones agrícolas en la UE, el objetivo de los datos es facilitar el análisis estructural global así como la comparación entre los estados miembros.

2.5.- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA.

A.- De caracter General.

S. Ormeño. Teledetección.

- Anuario estadístico de España.
Situación demográfica, social y económica de España, con datos internacionales.
- Los municipios CERCA. Base de datos municipales, de los Censos Agrario, de Locales, de Edificios y de Población con unas 3000 características para cada uno de los 8.100 municipios españoles.
- España en cifras. Descripción breve de la situación económica, demográfica y social, mediante tablas y gráficos estadísticos.
- La Población de España. 1981 y 1991.
- Datos estadísticos de las provincias españolas. 1972.
- Características de las viviendas en España. 1981.
- El censo electoral. 1980 y 1983.
- Consumo de las familias españolas. 1980.
- Dinámica de la población española.
- Encuesta de población activa.
- La enseñanza universitaria en España. 1982.
- El equipamiento de las viviendas de España. 1984.
- La fecundidad en España. 1977.
- Los hospitales en España.
- El índice del coste de la vida. 1971.
- El paro y sus repercusiones en el nivel de vida.
- La población española y su evolución (1961 - 1978).
- La situación de la mujer en España, aspectos demográficos. 1985.
- Índices de precios de consumo.

B.- Población.

- Censo de población. 1991 y serie histórica.
Las publicaciones del Censo tienen como objetivo fundamental, proporcionar un conocimiento de la estructura social, demográfica y económica de la población.
- Censos de población y viviendas. 1991.
- Censo de viviendas. 1991 y serie histórica.
- Censo de edificios. 1990 y serie histórica.
- Padrón municipal de habitantes. 1986 y serie histórica.
- Población de los municipios según los censos.
- Movimiento natural de la población. Se refieren, básicamente, a nacimientos, matrimonios y defunciones desde 1958.
- Movimientos migratorios. Resultados de las variaciones de residencia. Se recogen migraciones interiores y exteriores.
- Estadísticas de la emigración e inmigración. Series históricas.
- Encuesta piloto sobre ganancias y subempleo. 1990.
- Encuesta de población activa. Serie histórica.
- Tablas de mortalidad de la población española.
- Encuesta sociodemográfica. 1991.
- Series históricas de población.

C.- Sociedad.

- Censos de establecimientos sanitarios, benéficos y asistenciales.
- Enseñanza, cultura e investigación.
- Salud y servicios sanitarios.
- Asuntos judiciales.
- Consumo y presupuestos familiares.

S. Ormeño. Teledetección.

- Elecciones.
- Análisis sociales.

D.- Economía.

- Censo de locales. 1970, 1980 y 1990. Gran diversidad de cuestiones sobre locales comerciales incluyendo actividad económica y número de personas.
- Contabilidad nacional de España.
- Contabilidad regional de España.
- Directorio central de empresas (DIRCE).
- Tabla Input - Output de España.
- La renta nacional y su distribución.
- Encuestas sobre precios y salarios.
- Estadísticas sobre actividades mercantiles.
- Análisis de coyuntura, boletines e indicadores.

E.- Agricultura.

- Censo agrario. Resultados por comunidades, provincias o comarcas.
- Encuesta sobre estructura de las explotaciones agrarias.
- Encuesta de fincas privadas de 500 Has. o mas.
- Encuesta de propietarios de fincas rústicas.
- Encuesta de renta agraria.
- División provincial de España en comarcas agrícolas homogéneas. 1949.

F.- Industria.

- Censo industrial. Establecimientos y empresas. 1978.
- Encuestas de empresas y productos.
- Índices de precios industriales.
- Índices de la producción industrial.
- Encuestas y estadísticas sobre investigación y desarrollo tecnológico.

G.- Servicios.

- Encuesta de comercio al por menor.
- Encuesta de comercio interior.
- Comercio exterior de España.
- Estadísticas de hipotecas.
- Actividades bancarias y cajas de ahorros.
- Estadísticas sobre transporte de viajeros.
- Estadísticas de transporte de mercancías.
- Encuestas y estadísticas sobre establecimientos y alojamientos hoteleros.
- Encuestas sobre turismo.

2.6.- MINISTERIO DE AGRICULTURA.

A.- Estadística.

- La agricultura, la pesca y la alimentación españolas (1990 - 1994).
- Anuario de estadística agraria.
- Balances de aprovisionamiento de productos agrarios. 1990.
- Censo de la ganadería española. 1986.
- Encuesta nacional de plantaciones de frutales. 1994.
- Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Anual.
- Gestión de los mercados agrarios y resumen de actividades FORPPA 1990.

S. Ormeño. Teledetección.

- Inventario agronómico de agríos. Provinciales.
- Inventario agronómico de cítricos. Resumen nacional. 1981.
- Inventario agronómico de frutales. Resumen nacional. 1981.
- Inventario agronómico de frutales. Provinciales.
- Inventario agronómico del olivar.
- Manual de estadística agraria.
- Precios percibidos por el agricultor. 1995.
- Red contable agraria nacional. Metodología y resultados empresariales.
- Registro vitícola. Provinciales.

B.- Cartografía. Climatología.

- Comarcalización agraria de España. 1995.
- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España. 1/1000000, 1988.
- Mapas de cultivos y aprovechamientos provinciales. 1/200000.
- Mapas de cultivos y aprovechamientos. 1/50000.
- Atlas Agroclimático nacional de España. 1986.
- Caracterización agroclimática. Provinciales.

C.- Forestal. Lucha contra la erosión. Espacios protegidos.

- Mapa forestal de España. 1/200.000.
- Segundo inventario forestal nacional. 1986-1995. Provincias. 1/250000.
- Mapas de estados erosivos. Cuencas hidrográficas. 1/400000.
- Proyecto LUCDEME. Mapa de suelos. 1/100000.
- Parques nacionales planos y mapas. Diversas escalas.

2.7.- I.C.O.N.A.

- Inventario forestal nacional. Estimaciones comarcales y mapas.
Referenciado sobre mapas provinciales a escala 1:400.000, obtenidos por reducción de los conjuntos provinciales a escala 1:200.000 del I.G.N.
- Diagramas bioclimáticos (Montero, J.L. y González J.L., 1983). Para las 226 estaciones meteorológicas, se representan 4 diagramas con datos numéricos de los índices bioclimáticos más importantes. También se relacionan coeficientes de pluviosidad de las estaciones citadas.
- Series de vegetación de España (S. Rivas Martínez. 1987). Colección de 29 hojas correspondientes a los mapas de las series de vegetación a escala 1:400.000, con documentación gráfica sobre aspectos geológico, edafológico, productividad potencial forestal, subregiones fitoclimáticas e información bioclimática. - Estudios faunísticos, botánicos y ecológicos de carácter específico.
- Documentación y guías sobre parques nacionales de España.
- Censos ecológicos de carácter específico.
- Inventario Nacional de Paisajes Sobresalientes. (1977).
- Guía Natural de las costas españolas (Costa, P., 1989). Análisis descriptivo de los valores medioambientales del litoral español, tanto peninsular como insular.

2.8.- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.

- A.- Variables de los resúmenes mensuales de las estaciones principales (262).
 - Presión media mensual.
 - Dirección dominante del viento.
 - Recorrido del viento en Km.
 - Recorrido medio por día en Km.

S. Ormeño. Teledetección.

- Recorrido máximo en un día en Km. y fecha.
- Racha máxima del viento (Km/h, fecha y dirección).
- Temperatura máx. absoluta y fecha.
- Temperatura mín. absoluta y fecha.
- Oscilación extrema de la temperatura.
- Temperatura máx. media.
- Temperatura mín. media.
- Temperatura media.
- Humedad relativa media.
- Evaporación media diaria.
- Tensión media de vapor.
- Precipitación total mensual.
- Precipitación máxima. Día y fecha.
- Días de lluvia, granizo y nieve.
- Días de precipitación, diferentes intervalos.
- Días despejados, nubosos y cubiertos.
- Días de niebla.
- Días de rocío y escarcha.
- Días de tormenta.
- Días de helada.
- Periodo invernal, primera y última helada.
- Horas de sol despejado.
- Insolación en %.

B.- Otras publicaciones.

- Mapa eólico nacional. Análisis del viento para aprovechamiento energético. 1988.
- Atlas climático de España. 1983.
- Atlas de la radiación solar en España. 1984.
- Anuario meteorológico.

2.9.- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL.

- Mapa Topográfico Nacional 1/25000 y 1/50000.
- Mapas Provinciales 1/200000 y 1/500000.
- Mapas Autonómicos. 1/200000 - 1/400000.
- Mapa Serie World 1/500000.
- Mapa de España 1/750000, 1/1000000, 1/2000000, 1/2500000.
- Atlas Nacional de España.
- Mapa de España sismoestructural 1/1000000.
- Mapa de España sismotectónico 1/2500000.
- Mapa gravimétrico provincial 1/200000.
- Mapa de la P. Ibérica mudo con división de términos municipales. 1/1000000.
- Mapas gravimétricos de la P. Ibérica.
- Mapa de comarcas geográficas. 1/1750000.
- Mapas turísticos.
- Imágenes Landsat y Spot.

2.10.- INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA.

- Mapa Geológico de España 1/25000, 1/500000 y 1/200000.
- Mapa de Orientación al vertido de residuos sólidos urbanos 1/50000.
- Mapa Hidrogeológico de España 1/50000.

S. Ormeño. Teledetección.

- Mapa de Síntesis Geológica 1/200000.
- Mapa Geológico de la plataforma continental y zonas adyacentes 1/200000.
- Mapa Hidrogeológico de España 1/200000.
- Mapa Metalogenético 1/200000.
- Mapa de Rocas Industriales 1/200000.
- Mapa Geotécnico General 1/200000.
- Mapas de la P. Ibérica 1/1000000. Diferentes temas geológicos y mineros.

2.11.- OTRAS FUENTES ESPAÑOLAS DE INFORMACION.

- Ministerio para las Administraciones Públicas. Vicesecretaría general técnica.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Subdir. Gral. de Estadística y Análisis Sectorial.
- Ministerio de Asuntos Sociales. Estadística y publicaciones.
- Ministerio de Cultura. Subdirección General de Estudios, Documentación y publicaciones.
- Ministerio de Defensa. Secretaría técnica. Subd. Gral. de Servicios Técnicos.
- Ministerio de Economía y Hacienda. Vicesecretaría General Técnica para Asuntos Económicos.
- Ministerio de Educación y Ciencia. Subsecretaría de Educación y Ciencia. Subdirección Gral. Oficina de Planificación.
- Ministerio de Industria y Energía. Secretaría Gral. Técnica. Subdirección Gral. de Estudios.
- Ministerio de Comercio y Turismo. Jefe del Gabinete de Sector Exterior.
- Ministerio del Interior. Subdirección General de Estudios.
- Ministerio de Justicia. Subdirección General de Documentación y Publicaciones.
- Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Dirección general de Programación y Coordinación Presupuestaria Subdirección Gral. de Información y Estadísticas. (Estadísticas de Construcción y Vivienda).
- Ministerio de Sanidad y Consumo. Subdir. Gral. de Epidemiología, Promoción y Educación para la Salud.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Subdir. Gral de Estadística.
- Banco de España. Oficina de Estadística y Central de Balances.
- Ministerio de Asuntos Exteriores. Subdir. Gral. de Emigración y Participación.
- Ministerio de la Presidencia. Centro de Investigaciones Públicas, Dep. de Banco de Datos.
- Comunidades Autónomas. Organismos de Estadística, Economía y Hacienda.

2.12.- DIRECCIONES DE INTERNET CON DATOS A ESCALA GLOBAL.

US Geological Survey's, Earth Resources Observation Systems (EROS) Data Center
(edcwww.cr.usgs.gov)

NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) Distributed Active Archive Center
(daac.gsfc.nasa.gov)

United Nations Environment Programme Global Resources Information Database
(UNEP-GRID) (grid2.cr.usgs.gov)

The European Commission Joint Research Centre, Space Applications Institute
(www.sai.jrc.it)

Grupo ISLSCP del programa hidrológico de la NASA (islsdp2.gsfc.nasa.gov)

Digital Chart of the World (www.esri.com)

Global Map 2000 Project (www1-gsi-mc.go.jp/iscgm-sec/index.html)
Land Cover Working Group (edcdaac.usgs.gov/glcc/glcc.html)
Global land cover product, University of Maryland
(www.geog.umd.edu/landcover/global-cover.html)
DEM, GTOPO30, Geological Survey (edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.html)
HYDRO 1K data sets, Geological Survey (edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro/index.html)
UNEP-GRID, Suelos FAO. (grid2.cr.usgs.gov/data/fts.html)
Gridded Population of the World, CIESEN. (www.ciesen.org)
National Land Cover Database. USGS (landcover.usgs.gov/nationallandcover.html)
Pan-European Land Use and Land Cover
(137.224.135.82/cgi/geodesk/geodata/pelcom.html)
Africover project. FAO (www.africover.org)
US, National Elevation Data Set (edcnts12.cr.usgs.gov/ned/)
Ordnance Survey of Britain. Datos administrativos. (www.ordnancesurvey.co.uk)
Ordnance Survey of Ireland. Datos administrativos. (www.irlgov.ie/osi/)
US Census Bureau's digital database (www.census.gov/)
Africa Data Dissemination Service. (edcintl.cr.usgs.gov/adds/adds.html)
Data Sets of the World. UNEP-GRID (www.grid.unep.ch/)

TEMA 3.- OPERACIONES BASICAS DE ANÁLISIS RASTER.

3.1.- ANALISIS Y MODELIZACION CARTOGRÁFICA. CONCEPTOS.

Algunos de los conceptos de la presente cuestión están tomados de Graeme F. Bonham-Carter (GIS for geoscientists).

Análisis de datos, puede considerarse como la extracción de hechos significativos contenidos en un conjunto de datos.

Análisis espacial de datos significa la extracción de información útil a partir de datos que se distribuyen en el espacio. Es el proceso de explicitación de patrones y asociaciones en mapas para caracterizar, comprender y predecir fenómenos. Forman parte del análisis la visualización, la obtención de estadísticos y las mediciones. Otro ingrediente fundamental es la modelización.

La palabra modelo tiene muchos significados, uno de ellos se refiere al modelo de datos para describir el mundo real. En este contexto puede considerarse como modelo la representación simbólica de interrelaciones entre objetos espaciales y atributos.

En los SIG, modelización es una parte del proceso analítico de descubrir, describir y predecir fenómenos espaciales.

Las operaciones de modelización pueden llevarse a cabo bien directamente sobre las diferentes capas de un documento cartográfico o indirectamente sobre las tablas de atributos vinculados a los objetos espaciales.

La modelización cartográfica se lleva a cabo en los SIG utilizando un álgebra de mapas que varía en sintaxis e implementación entre los diferentes sistemas, no existe un lenguaje estándar en modelización cartográfica.

Por una parte, las operaciones de análisis espacial pueden ser de dos tipos: las que afectan a atributos espaciales o topológicos y las que no requieren tal tipo de atributos.

Así mismo, dichas operaciones pueden producir documentos cartográficos o únicamente tablas o gráficos.

3.2.- ANÁLISIS PRELIMINAR Y ESTADÍSTICOS DE VARIABLES.

Cuando se recibe un conjunto de datos de una serie de variables, lo primero que conviene hacer es familiarizarse con ellos. Para este fin, puede resultar de utilidad, hacer una estadística descriptiva de cada una de las variables por separado, puede obtenerse el histograma y algunas medidas de centralización, de dispersión, de forma, etc. Pueden detectarse errores listando los valores mayores y menores de cada variable. También pueden ser de utilidad diagramas de dispersión para pares de variables, detectando relaciones entre variables.

También puede resultar conveniente realizar transformaciones de algunas de las variables para mejorar su bondad, por ejemplo, para que su distribución se pueda considerar normal, para que su correlación con otras variables sea mayor, para que los residuos, después de realizar determinados análisis, tengan mejores propiedades, etc.

La más sencilla transformación que se puede aplicar a un conjunto de variables que van a ser tratadas estadísticamente es su tipificación. Tipificar una variable quiere decir restarle su media y dividir el resultado por su desviación típica. De esta forma se consigue que la variable resultante tenga media cero y desviación típica 1.

Las ventajas de tal transformación son:

- Normalizan las variables, evitando que las que se miden en unidades más grandes pesen más al realizar los análisis.
- A veces, confieren ciertas propiedades de bondad a las estimaciones, aunque, otras veces, sucede todo lo contrario.

- Una variable tipificada nos informa de la posición de un valor dado; por ejemplo, si en una variable tipificada encontramos un valor menor que cero, sabemos que este valor era menor que la media en la variable original, etc. Si la variable es, aproximadamente normal, una variable tipificada nos permite comprender mejor lo cerca o lo lejos de la media que se encuentra un valor concreto.

Como contrapartida, la tipificación de variables, a veces, tiene algunos inconvenientes, como la complicación que añade a los contrastes de hipótesis en Análisis de Componentes Principales, por ejemplo.

Entre las estadísticas univariantes, pueden considerarse las siguientes.

a.- Medidas de posición: Media ($m = E[x_i] = \sum x_i/n$), Mediana, Moda, Cuantiles.

b.- Medidas de dispersión: Rango, Intervalo Intercuartílico, Varianza ($\sigma^2 = E[(x_i - m)^2]$), Desviación Típica (σ), Coeficiente de Variación ($100 * \sigma / m$).

c.- Medidas de forma: Curtosis ($E[(x_i - m)^4] / \sigma^4$), Sesgo o asimetría ($E[(x_i - m)^3] / \sigma^3$).

d.- Contraste de normalidad univariante de la chi - cuadrado.

Como relación entre pares de variables, puede considerarse la correlación, la regresión y el análisis de medias.

La correlación (r_{ij}) es una medida de la asociación entre variables. Otra medida de asociación es la covarianza (σ_{ij}), siendo $r_{ij} = \sigma_{ij} / (\sigma_i * \sigma_j)$.

r toma valores entre -1 y 1, los dos valores extremos indican una correlación perfecta, mientras que el valor 0 indica ausencia de correlación.

Dos variables pueden estar correlacionadas, sin que esto implique relación de causalidad entre ellas. Un ejemplo típico de este hecho es la correlación que existe entre las estaturas de los hermanos. Es evidente que la causa de la estatura de un hermano no está en el otro hermano, sino en que ambos han tenido unos padres comunes. Este es un ejemplo de la "correlación espúrea", es decir, debida al efecto de otra variable, anterior en este caso.

La regresión es un modelo que intenta medir la causalidad entre variables, viendo hasta qué punto una variable tiene poder predictivo sobre otra. Se supone que ambas son de tipo continuo.

El modelo de Regresión lineal de Y sobre X es:

$$y_i = \alpha + \beta * x_i + \epsilon$$

esta ecuación indica que Y es función lineal de X, con una perturbación ϵ , que se supone aleatoria, con media cero y varianza constante, e independiente de unas observaciones a otras. Los parámetros del modelo de regresión son alfa y beta, que se estiman en función de la muestra, minimizando la suma de cuadrados de los valores de Y observados y predichos por el modelo, son estimadores de alfa y beta los siguientes:

$$a = \frac{\sum [x_i * y_i - n * m_x * m_y]}{\sum [x_i^2 - n * m_x^2]}$$

$$b = m_y - a * m_x.$$

Una forma sencilla de estudiar el efecto de una o varias variables discretas sobre una variable continua, es analizar la media de la variable continua para cada combinación de categorías de las variables discretas.

Así, si queremos estudiar el efecto de la variable sexo sobre los ingresos de una persona, podemos ver cual es el ingreso medio de los varones y de las mujeres. El problema es que la verdadera causa de las diferencias de ingresos no sea el sexo, sino otras variables que no estemos considerando, como, por ejemplo, nivel de educación.

Un análisis estadístico que puede ser de interés en algunos casos es la determinación de la normalidad de una variable, es decir, establecer el grado en que una variable tiene una distribución gaussiana. Entre los test univariantes más usuales, se encuentran el de asimetría y curtosis y el chi-cuadrado.

Respecto del primero de ellos, la asimetría se distribuye como una normal de media 0 y desviación típica igual a la raíz cuadrada de $6/n$, siendo n el número de muestras, es decir:

$$A = \frac{\frac{1}{n} \sum (x - m)^3}{\sigma^3} \rightarrow N(0, \sqrt{6/n})$$

La curtosis se distribuye como:

$$C = \frac{\frac{1}{n} \sum (x - m)^4}{\sigma^4} \rightarrow N(3, \sqrt{24/n})$$

Si nuestra distribución tiene una asimetría y una curtosis de determinado valor, entonces puede establecerse la probabilidad de normalidad, analizando las probabilidades de pertenencia de tales valores a las distribuciones citadas.

En el caso del test chi-cuadrado, sea $f'(xi)$ frecuencia absoluta de la variable que se quiere analizar en el intervalo xi . Sea $f(xi)$ la frecuencia absoluta en el mismo intervalo de la distribución normal cuyas media y desviación típica coinciden con las de la distribución, pues bien, la función que se indica abajo se distribuye como una chi-cuadrado con $n-3$ grados de libertad.

$$\sum \frac{[f'(xi) - f(xi)]^2}{f(xi)} \rightarrow \chi^2_{n-3}$$

3.3.- CLASIFICACION DE CAPAS SIMPLES.

Entendemos por clasificación de los datos, la estructuración de los mismos en grupos o conjuntos con algún tipo de propiedades en común. Cada uno de los diferentes grupos recibe el nombre de clase. Existen muchos métodos diferentes para realizar el agrupamiento, pero todos ellos pueden agruparse en cuatro tipos básicos:

a.- Por factores exógenos. En este caso, se eligen valores que no están relacionados con los datos para subdividir los mismos en clases. Por ejemplo, puede seleccionarse un ingreso límite para definir el nivel de pobreza. En sanidad, cierto grado de extensión de la plaga puede ser significativo para el técnico, y entonces se elegirá como límite de clase.

b.- Selección arbitraria. Utilizan números regulares redondeados que no tienen ninguna significación particular para la distribución. P. Ej. 10, 20, 30,.....

c.- Metodos idiográficos. Los límites se determinan por puntos específicos en el conjunto de datos, tales como las "rupturas naturales", el método de los cuantiles pertenece también a este grupo.

d.- Métodos de series. Incluyen unidades de desviaciones típicas, intervalos iguales así como progresiones aritméticas y geométricas.

Otra forma de entender la clasificación de datos es considerar al usuario del mapa o documento temático a producir, así, es posible formar dos grupos de tipos de usuario y consecuentemente de objetivos de la clasificación: estadísticos y geográficos. En el primero, el usuario analiza el mapa pretendiendo conocer atributos estadísticos de los datos, tales como medias, desviaciones típicas, etc. En el segundo grupo, el lector considera al mapa analizando hasta qué punto se ha reproducido la distribución original de los datos.

Veamos, en primer lugar, el método de intervalos constantes.

En este caso, el rango de valores entre los límites de clases, se mantiene constante. Para calcular la amplitud (A) de los intervalos, se divide el rango total de los datos (H-L) por el número de clases deseado (n). Los límites se obtienen mediante $L+(i-1)*A$. Las leyendas aparecen ordenadas, si el histograma aparece rectangular, entonces cada clase posee el mismo número de unidades y entonces, los mapas aparecen netos y ordenados, sin embargo, usualmente, los histogramas no suelen ser rectangulares.

Si el conjunto de datos presenta una distribución normal, entonces los límites de clases pueden establecerse mediante su desviación típica. Este tipo de límites de clases, sólo debe de obtenerse cuando el lector comprende el significado de la desv. típ. Se toma como límite origen la media de los datos, restando o sumando la desviación típica a partir de dicho punto. Bastan con 6 clases para incluir a la totalidad de los datos. En este caso el problema que se plantea es la simbolización, dada la naturaleza bidireccional de la desv. típ., pudiendo elegir un mayor valor cuanto más alto es el intervalo o bien elegir valores más altos cuanto más próximo a la media están los datos, incluso puede elegirse valores más altos cuanto más extremo es el intervalo. La elección de uno u otro método dependerá de la finalidad del mapa.

El caso de límites de clase en progresión aritmética o geométrica, debe de usarse únicamente cuando la representación gráfica de la función de distribución de los datos presenta una progresión del mismo tipo, los límites en progresión geométrica corresponden con el modelo de intervalos constantes visto anteriormente, los límites son, respectivamente: $a+(n-1)*d$ y $a*r^{(n-1)}$ según progresión.

En el caso del método de cuantiles, el número de valores de cada clase es el mismo, evidentemente, la superficie sobre el mapa puede variar en función del área de las unidades administrativas cuando el cartografiado es coroplético. La curva que sirve para elegir los límites de clase es la función de distribución de los datos, cuando para hacer ésta curva se considera la superficie de la unidad a que se refiere, entonces se conserva la igualdad superficial de clases sobre el mapa.

Otra posibilidad es la formación de grupos basados en similitudes o rupturas naturales, en tal caso, un criterio básico, a la hora de realizar la clasificación es elegir los límites de forma que las diferencias entre elementos de un mismo grupo, sean menores que las que existen entre individuos de distintos grupos. Una forma de elegir los límites de clases es seleccionar valores en mínimos relativos en el histograma.

Veamos lo que significa el hecho de que una clasificación esté basada en análisis de varianza. Una vez realizada una cierta distribución en clases, que puede estar basada en el método anterior o que puede ser consecuencia de un proceso iterativo, se puede analizar el cociente:

$$F=V_m/V_c$$

siendo V_m la varianza entre las medias de las clases y V_c la varianza media dentro de cada clase, es decir comparamos la varianza Interclases con la varianza Intraclases. Evidentemente, cuanto mejor es la distribución, tanto mayor es F.

Otra posibilidad, se basa en la bondad de ajuste de la varianza (GVF), y se le conoce como "Optimización de Jenks" (Jenks, G.F., Optimal Data Classification for Choropleth Maps, Occasional Paper 2, Dep. Geography, Univ. of Kansas, 1977), en este caso, se estima, para cada agrupamiento el parámetro:

$$GVF = (SDAM-SDCM)/SDAM ,$$

donde SDAM es el sumatorio de las desviaciones cuadráticas respecto a la media de los datos y SDCM es la suma del sumatorio de desviaciones cuadráticas de cada dato respecto de la media de su grupo, el máximo valor de GVF (Goodness of Variance Fit) es 1, que corresponde al caso límite en que cada dato forma una clase individual.

En los métodos clustering de datos multivariados, explicados en el tema de teledetección, se considera el concepto de "función criterio", como una forma de calcular la bondad de un clustering o agrupamiento.

Una consecuencia de la existencia de diferentes soluciones al problema de la clasificación, es que pueden obtenerse diferentes mapas a partir de los mismos datos. En este sentido, el cartógrafo tiene la tarea de representar los datos en la forma que mejor represente la distribución del fenómeno geográfico, siempre, debe de tenerse en cuenta que la percepción del lector del mapa es el resultado de varias condiciones:

- La experiencia del lector del mapa con materiales cartográficos.
- El método de representación usado.
- La complejidad que aparece en el mapa, que siempre debe de reducirse.

También es posible dejar los datos sin clasificar y representarlos tal como se encuentran originalmente, en tales mapas, el cartógrafo pierde la posibilidad de dirigir el mensaje de la comunicación. La posibilidad de generalización, simplificación e interpretación se dejan para que las realice el usuario.

Veamos, a continuación, la forma de proceder en SOV, para realizar operaciones de clasificación de documentos simples.

En 6.1 de Proceds se indica la forma de proceder. Puede tratarse de una imagen de tipo byte, integer o real, pudiendo ser un modelo digital de alguna variable, p ej. un MDE. Como resultado se obtiene una imagen monobanda de tipo byte, es decir, el número máximo de clases en que se puede reclasificar es 256.

En los apartados 10 y 11 del capítulo 3 se exponen métodos de clasificación de imágenes digitales multibanda, pero tales métodos no son adecuados para clasificar los valores de una imagen monobanda o de una banda simple.

El problema es el mismo que en multibanda, pero limitado a una sola de las bandas. Veamos algún caso de posible aplicación, supongamos que hemos obtenido una banda que contiene el índice de vegetación mediante operaciones aritméticas, tal como se expuso en la cuestión 8 del tema 3. El resultado es una imagen monobanda de tipo real, con valores comprendidos entre un mínimo (seguramente negativo) y un máximo (probablemente positivo). Pues bien, lo que quiero es obtener una sola capa con valores digitales 1, 2, 3, 4, o 5, por tanto de tipo byte. Esto requiere un proceso de clasificación en cinco clases para obtener la clase de pertenencia de los distintos pixels hay que indicar cuales son los límites (inferior y superior) de cada una de tales clases. Tales límites, inferior y superior pueden almacenarse en un archivo SMP.

Se abre la imagen que contiene la banda a reclasificar, posteriormente en (Análisis – SmpReclas) se selecciona la banda, el número de intervalos deseados y el nombre de un fichero SMP en el que almacenar los límites de intervalo, este fichero contiene 4 columnas, la primera el indicador de intervalo, la segunda el límite mínimo, la tercera el límite máximo y la cuarta el valor a asignar para cada intervalo en cuestión (0-255).

Por ejemplo en el caso citado del índice de vegetación, el SMP obtenido podría ser el siguiente:

REAL SNDEF

```
5 100.00
5 2 5
1 -0.385 -0.154 1
2 -0.154 0.076 2
3 0.076 0.306 3
4 0.306 0.536 4
5 0.536 0.767 5
```

Vemos que los valores de índice de vegetación se encuentran entre -0.385 y 0.767 . Las clases obtenidas son cinco.

Puede editarse el fichero SMP y modificar los límites o valores según se deseen. Tras la reclasificación, todos los píxeles con valor no incluido en algún intervalo tomarán valor 0 en la ORC de salida.

Tras la operación anterior se está en condiciones de realizar la reclasificación propiamente dicha.

En (Análisis-Reclas), se introduce el nombre del anterior SMP, el número de banda y el nombre del fichero de salida. Este último será un fichero con tantos valores distintos como se hayan establecido, en el ejemplo 5, si este número es muy bajo, puede ser que no se visualice con la paleta de niveles de gris. Seleccionar, p. ej. la Cual255.

Evidentemente, este procedimiento puede obtenerse para obtener versiones visualizables (tipo byte) de modelos digitales de tipo real. Por ejemplo un MDE puede reclasificarse a 256 clases, con valores comprendidos entre 0 y 255.

3.4.- OPERACIONES DE REASIGNACIÓN DE VALORES.

El método se expone en 6.4 de Proceds.

Puede tratarse de una imagen de tipo byte, o integer, puede contener una distribución superficial de entidades con un valor entero como identificador de las mismas. Supongamos que a los identificadores iniciales les quiero asignar un valor decimal, asociado a alguna característica relativa a las entidades en cuestión. Un ejemplo sería las diferentes provincias de un país, que inicialmente tienen asignado un número entero identificador de las mismas, si quiero derivar un documento temático en el que a cada provincia le corresponda su densidad de población, tendré que aplicar este procedimiento.

Como resultado se obtiene una imagen monobanda de tipo real.

En primer lugar hay que obtener un fichero SMP que contenga los identificadores de la imagen inicial y editando el mismo poner los valores que corresponden a cada identificador.

(Archivo-AbrirOrc), ORC a reclasificar, (Análisis-SmpReassign) se selecciona la banda a reclasificar, y el nombre de un fichero SMP, este fichero contiene 3 columnas, todas ellas con el identificador de cada entidad.

Por ejemplo, un fichero de tal tipo podrá ser el siguiente.

BYTE SNDEF

```
5 100.00
8 1 8
1 1.000 1
2 2.000 2
3 3.000 3
4 4.000 4
5 5.000 5
6 6.000 6
```

S. Ormeño. Teledetección.

7	7.000	7
8	8.000	8

Vemos que hay 8 entidades. Por ejemplo términos municipales con identificadores de 1 a 8.

Puede editarse el fichero SMP y poner en la columna central el valor real deseado, por ejemplo la densidad de población, con lo cual podría quedar tal como el siguiente.

BYTE SNDEF

5	100.00	
8	1	8
1	15.300	1
2	10.270	2
3	8.030	3
4	14.210	4
5	13.780	5
6	9.810	6
7	11.000	7
8	9.230	8

Vemos que la columna central, ahora, contiene la citada densidad de población.

Tras la operación anterior se está en condiciones de realizar la reasignación propiamente dicha.

(Análisis-Reassign), se introduce el nombre del anterior SMP, el numero de banda y el numero de variable o de columna intermedia del SMP (en el SMP anterior será 1)y el nombre del fichero de salida.

Se contempla la posibilidad de incorporar por el usuario tantas columnas intermedias como se deseen, cada una de ellas sería una variable, las columnas primera y ultima del SMP deben de permanecer invariables y contener los identificadores de la imagen inicial.

El Fichero ORC obtenido será de tipo real, por tanto no visualizable directamente. Con él se pueden hacer operaciones incorporándolo a una imagen multibanda junto con otros documentos.

Para visualizarlo deberá obtenerse una imagen de tipo byte por alguno de los siguientes procedimientos:

- Mediante un cambio de tipo si el rango esta comprendido entre 0 y 255. Esto se hace con (Archivo-AbrirOrc), (Imagen – ConvTipo).
- Mediante una reclasificación .
- Mediante un realce del modelo real con la opción MinMax.

3.5.- OPERACIONES CON VECINOS ESPACIALES.

En el modelo raster, existen un tipo de operaciones que se realizan, con los pixels vecinos de uno dado, es decir se trata de operaciones locales, tales operaciones reciben el nombre de filtrado. Cuando filtramos una imagen (sea de tipo byte, integer o real) se produce una nueva imagen (usualmente de tipo real) en la cual se realiza alguna característica o grupo de características. Los filtros pueden utilizarse para suavizar datos, eliminar “altas frecuencias” locales, destacar bordes o características direccionales, caracterizar textura por análisis de rugosidad, obtener información en el caso de superficies como pendientes, orientaciones y sombreado, y algunas otras utilidades.

En general, el filtrado puede realizarse teniendo en cuenta la frecuencia espacial con que se producen los valores digitales (dominio frecuencial) o bien teniendo en cuenta los

valores y la posición que ocupan (dominio espacial), este segundo enfoque es el que utiliza SOV.

El filtrado de imágenes en el dominio espacial mediante ventanas móviles es una función básica en sistemas de análisis de imágenes y SIG raster. En este caso se consideran los pesos o valores de una ventana móvil (llamada también máscara, filtro o kernel). Tal filtro es una matriz, usualmente cuadrada de un número impar de filas y columnas, la máscara se posiciona, con su centro sobre el pixel de interés de la imagen, multiplicando cada coeficiente del filtro por el pixel de la imagen que le corresponde (el que está “debajo”), se suman todos los productos y el resultado es el valor filtrado para el pixel en cuestión. Tal operación recibe el nombre de convolución, así, sea $g(x,y)$ el valor de la imagen en un punto, sea, así mismo $h(i,j)$ una función filtro en la cual i varía entre $-m$ y m , con j variando entre $-n$ y n . Pues bien, se define como convolución entre h y g , a la función $f(x,y)$ tal que:

$$f(x, y) = \sum_{i=-m}^m \sum_{j=-n}^n g(x+i, y+j) \cdot h(i, j)$$

Tal fórmula expresa, así mismo, el filtrado en el dominio espacial.

Como se dijo anteriormente, la función filtro se representa por una matriz de valores o máscara.

Otra posibilidad es asignar como resultado del filtrado, el valor medio, la mediana, la desviación típica, etc. de todos los píxeles de la imagen que están dentro de la máscara.

Uno de los filtros más simples considera la media de los valores de los píxeles que se incluyen en el filtro, se trata de un filtro de “paso bajo” porque suaviza los datos, eliminando las altas frecuencias. Un filtro de este tipo no es adecuado para datos que tienen una escala de medida ordinal o nominal. El filtro de mediana elimina altas frecuencias pero respeta los bordes y puede utilizarse para todas las escalas de medida.

Los filtros de “paso alto” destacan las altas frecuencias como los bordes. Una forma de realzar bordes es restar de la imagen original el filtrado en paso bajo de la misma. Un filtro muy utilizado es el laplaciano, con las siguientes filas $(0 \ 1 \ 0)$ $(1 \ -4 \ 1)$ $(0 \ 1 \ 0)$, el efecto es acentuar las diferencias entre el pixel central y sus cuatro vecinos adyacentes.

Ciertos filtros son direccionales, es decir, producen su efecto según una dirección dada (p. ej. vertical u horizontalmente), por ejemplo el filtro $(-1 \ 0 \ 1)$ $(-2 \ 0 \ 2)$ $(-1 \ 0 \ 1)$ se utiliza para el cálculo de la pendiente en dirección horizontal.

Para su aplicación en modelos superficiales (modelos digitales del terreno), se utilizan filtros que calculan la pendiente, orientación de laderas y sombreado, tal como se explicó en el tema correspondiente..

En SOV, para realizar el filtrado, se carga, en primer lugar, la ORC (Archivo – AbrirOrc), posteriormente se aplica (Imágenes – Realce – Filtros), en el cuadro de diálogo se presentan una serie de opciones que se explican a continuación.

Pend/Ori.- Obtiene una imagen de seis bandas, la primera de ellas con la pendiente en tanto por ciento, la segunda con la orientación de ladera, en grados sexagesimales, la tercera con el sombreado, la cuarta con la curvatura horizontal, la quinta con la curvatura vertical y la sexta con la curvatura.

Mediana, Media.- Filtros de paso bajo.

Laplaciano.- Filtro de paso alto, realza bordes.

Destip, Sigma.- Filtros texturales, caracterizan la imagen en función de la rugosidad.

GradX, GradY, Grad.- Gradientes (operadores de Sobel), similares a un sombreado en distintas direcciones.

Otro tipo de filtros son los llamados texturales, entre los que se encuentra el de varianza y el de entropía, ambos, como indica su nombre estiman la textura en un punto, asimilando la misma a cantidad de información o desorden, para ello, consideran el conjunto de valores digitales de la imagen que se incluyen en el interior de una máscara de tamaño $m*n$, siendo:

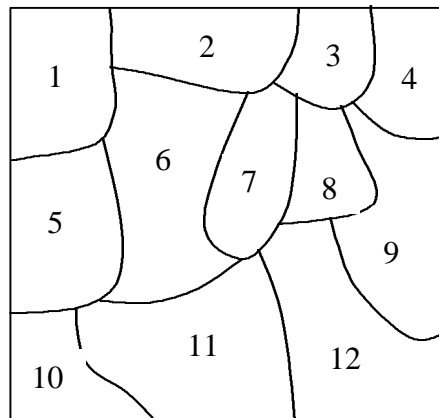
$$\text{Varianza} = \frac{\sum_{j=li=1}^m \sum_{n} (z_{ij} - \bar{z})^2}{nm}$$

$$\text{Entropía} = - \sum_{i=1}^k (p_i \log p) \text{ siendo } k=n*m$$

3.6.- ESTADÍSTICOS DE CONTEO DE UNIONES.

Este tipo de estadísticos exige, también, la realización de operaciones con vecinos espaciales.

Sea el siguiente conjunto de entidades superficiales, cada una de ellas con su correspondiente identificador.



Sea n el número de entidades, llamamos matriz de contigüidad (W_{ij}) a una tabla de tamaño $n*n$ tal que en cabecera de filas y de columnas se sitúan los identificadores y los componentes de tal matriz son 1 o 0 según que las entidades que indican su fila y su columna sean vecinas o no lo sean. Es decir, en el caso anterior:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
3	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
6	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
7	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1
8	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
9	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1
10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
11	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1
12	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0

Vamos a ver el concepto de autocorrelación, es decir, la medida en que determinada posición de una entidad condiona la de otras, o en qué medida, ciertas entidades suelen estar próximas entre sí. Para ello, consideraremos el valor de la variable que caracteriza a cada entidad, tal variable se medirá conforme a una escala de medida, que podrá ser nominal, ordinal, de intervalo o de razón. P. ej. la existencia o no de desempleo sería una variable booleana (sí, no) de tipo nominal, la temperatura es de tipo intervalo (puede haber valores positivos y negativos), la tasa de natalidad es de tipo razón (existe un cero, no puede haber valores negativos).

Veamos, en primer lugar, tal concepto aplicado a escala nominal, supongamos que los polígonos pueden ser blancos (b) o negros (n), sea:

J: total de uniones.

nb: nº de polígonos blancos.

nn: nº de polígonos negros.

$n = nb + nn$

BB: nº de uniones BB.

BN: nº de uniones BN.

NN: nº de uniones NN.

Se definen, valores esperados (Griffith and Amrhein) como:

$$E(BB) = [J \cdot nb \cdot (nb - 1)] / [n(n - 1)]$$

$$E(NN) = [J \cdot nn \cdot (nn - 1)] / [n(n - 1)]$$

$$E(BN) = [2J \cdot nb \cdot nn] / [n(n - 1)]$$

Sea, el siguiente supuesto, relativo a una situación hipotética de dos casos diferentes:

	Caso (1)	Caso (2)	Valores esperados
BB	5	2	2.56
BN	10	15	13.75
NN	12	10	10.69

El caso (1) tiene menos uniones BN de las esperadas, mientras que (2) tiene más uniones de las esperadas. Lo cual indica que en el caso (1) hay autocorrelación positiva, mientras que en (2) hay autocorrelación negativa.

En el caso de escalas de intervalo y de razón, se utilizan los índices de Geary y de Moran.

Si w_{ij} es la matriz de continuidad
 z_i es el valor del atributo del polígono i
 n : número de entidades.

$$c_{ij}^2 = (z_i - z_j)^2$$

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} c_{ij}}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 / (n-1)}$$

Si $G=1$: No autocorrelación.
 $0 < G < 1$: Positivamente autocorrelado.
 $G > 1$: Positivamente autocorrelado.

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} c_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 / n}$$

$I < 0$: Autocorrelación negativa.
 $I > 0$: Autocorrelación positiva.
 $= 0$ o ligeramente negativa : Sin auto correlación.

3.7.- UTILIZACIÓN DEL MODELO MULTICAPA.

Tal como se indicaba en el tema 1, las entidades básicas de tipo gráfico son el punto, la línea el polígono y el píxel. Para un SIG raster el tipo básico de entidad es el píxel.

Se dice que modelo es un sistema que se utiliza para describir o sustituir (simulación) a un sistema (original) existente o inexistente (diseño).

Como se indica en el apartado anterior, los modelos pueden incluir una combinación de expresiones lógicas, procesos analíticos y criterios que se aplican simulando un proceso para predecir, mostrar o caracterizar un fenómeno.

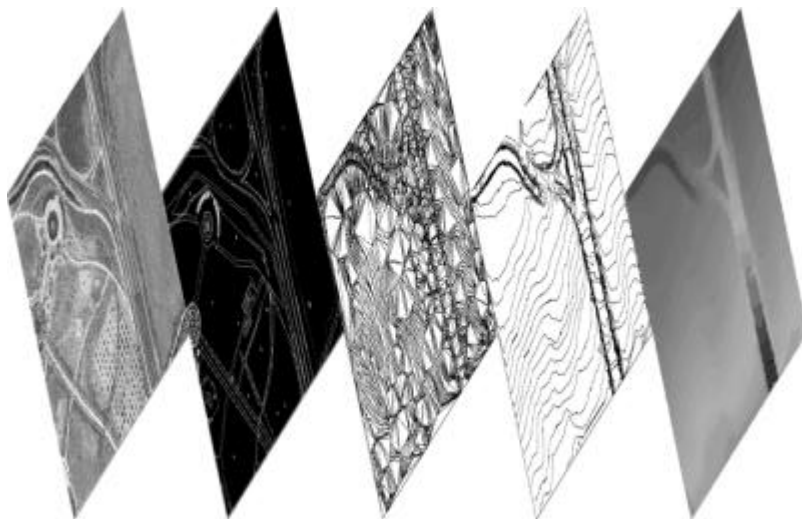
Una estructura básica son las capas, las cuales constituyen un conjunto de datos temáticos, que pueden organizarse de dos formas distintas. Cada una de las capas se corresponde con un tema determinado, por ejemplo suelos, vegetación, litología, etc.

En un caso, podemos utilizar un raster con una banda única que contenga los identificadores de los diferentes píxels, en una tabla asociada al raster mediante los identificadores, se almacenan los atributos de cada píxel, esa tabla frecuentemente tiene más de una columna, además de la de los identificadores.

Otra posibilidad de organización es utilizar una imagen multibanda y almacenar los diferentes atributos de un píxel en los valores digitales de la banda correspondiente.

La potencialidad de SOV en la gestión de imágenes digitales multibanda puede ser aprovechada para la gestión de documentos cartográficos raster multicapa, realizando un conjunto de operaciones típicas de los SIG raster.

Hay una serie de operaciones básicas para la realización de modelos con tales estructuras. Podemos obtener una capa a partir de otra u otras existente realizando operaciones aritméticas, lógicas, clasificaciones y reasignaciones de valores.



3.8.- OPERACIONES ARITMÉTICAS.

El apartado 6.2 de Proceds ilustra la forma de proceder para realizar estas operaciones.

En las posibilidades de SOV, con carácter general, podemos multiplicar una capa A por un coeficiente, otra capa B por otro, considerar o no un valor constante aditivo y realizar la operación aritmética entre ellas.

Se contempla la posibilidad de establecer y seleccionar un valor void, esto es, un valor que si se presenta en una u otra banda, el resultado de operar con el, siempre produce tal valor void.

Puede obtenerse el resultado como un tipo real (que es lo mas riguroso, para no perder información), pero también puede exportarse a un tipo byte mediante una transformación lineal o asignando a 255 los valores superiores a tal valor y a 0 los inferiores al mismo.

3.9.- ENMASCARADO DE ORC.

Supongamos que disponemos de un raster ORC y que queremos delimitar una zona determinada (uno o varios polígonos) en el interior de la cual se mantengan los valores del raster, y en el exterior de ella el raster tenga por valor cero.

La operación necesaria es un enmascarado del raster inicial para producir un documento final.

Una máscara es un raster booleano tal que en ciertas zonas el valor digital de los píxeles es uno y en otras es cero.

Hay dos formas de obtener la máscara una de ellas es a partir de un DBV con polígonos tales que su identificador sea 1 del que se obtiene un raster por el método anterior.

Otra posibilidad es reclasificar o reasignar un raster de manera que ciertos valores tomen por valor 1 y otros cero.

La máscara debe de ser real y el documento al que se aplique también debe de serlo (puede pasarse mediante Imagen - ConvTipo).

El número de filas y columnas en el raster y en la máscara debe de ser el mismo, para ello, si se obtiene la máscara a partir de un DBV, debe de modificarse al principio del mismo Xmax, Xmin, Ymax e Ymin y seleccionar la resolución deseada.

Supongamos que ya tenemos la máscara y el raster a enmascarar, ambos de tipo real, con el mismo número de filas y columnas y con las mismas coordenadas extremas.

El siguiente paso es incluir la máscara como una banda más del raster.

Para ello se edita el archivo ORC y se modifica el número de bandas, poniendo una más e incluyendo el nombre del .RAW correspondiente a la máscara, como si fuese una banda más.

Tenemos ahora el ORC inicial a enmascarar una de cuyas bandas es la máscara.

A continuación realizamos un producto de la banda a enmascarar con la banda correspondiente a la máscara, esto se hace en (Análisis - OpDosBan) y se obtiene un nuevo raster ORC enmascarado.

3.10.- OVERLAYS ENTRE CAPAS.

En general, los overlays o superposiciones sitúan una capa sobre otra para obtener otra capa nueva. A diferencia de las operaciones aritméticas, estas operaciones tienen un carácter lógico o booleano. Las superposiciones son típicas de SIG, en el caso del raster, tales operaciones se realizan de una manera muy directa y eficiente, realizándose píxel a píxel los raster, mientras que en los vector se realizan usualmente polígono a polígono.

Se contemplan las siguientes operaciones, superposición, estampado, unión, comparación, combinación ponderada y overlay matricial.

La superposición de A sobre B obtiene como resultado una capa C tal que:

$$C = A * B;$$

El estampado de A sobre B obtiene como resultado una capa tal que tiene por valor B si A es igual a 0, en caso contrario asigna como valor la suma de A con el máximo valor de B.

$$\text{Si } (A == 0) C = B; \text{ caso contrario } C = A + \text{Max}B;$$

La unión de A con B obtiene como resultado una banda tal que tiene por valor B si B es mayor que 0, en caso contrario toma por valor A.

$$\text{Si } (B > 0) C = B; \text{ caso contrario } C = A;$$

S. Ormeño. Teledetección.

La comparación de A con B obtiene como resultado una banda tal que tiene por valor A si A es igual a B, en caso contrario toma por valor 0.

$$C=A*(A==B);$$

En la combinación ponderada, se obtiene nueva capa C tal que:

$$C = f1*A+f2*B;$$

En el overlay matricial, para cada par de valores, procedentes de A y de B, se produce un valor C, p.ej.:

	A	A	A
	1	2	3
B 1	1	1	2
B 2	1	3	3
B 3	2	1	1

El significado concreto de las mismas se explica en 6.3 de Proceds.

Se contempla la posibilidad de establecer y seleccionar un valor void, esto es, un valor que si se presenta en una u otra banda, el resultado de operar con el, siempre produce tal valor void.

3.11.- TRANSFORMACIONES ENTRE TIPOS DE OBJETOS ESPACIALES.

Los tipos básicos de entidades gráficas en el modelo vector son los puntos, las líneas y las áreas o polígonos. Existen diferentes tipos de transformaciones que nos permiten transformar las representaciones basadas en una de estas entidades a otra de ellas. Veamos algunos ejemplos:

- Puntos -> Puntos: Interpolación.
- Puntos -> Líneas: Curvado.
- Puntos -> Areas: Celdas de Voronoi.
- Líneas -> Puntos: Intersecciones.
- Líneas -> Líneas: Suavizado.
- Areas -> Areas: Zonas buffer.
- Areas -> Puntos: Valor en puntos.
- Areas -> Líneas: Eje.
- Areas -> Areas: Remuestreo.

Los métodos de conversión de puntos en áreas pueden ser de tipo interpolativo y no interpolativo, los metodos interpolativos se explicaron en el tema de Modelos Superficiales. En el caso de los no interpolativos, se asigna uno o más atributos de un punto a un polígono, entre ellos se encuentran los siguientes:

- a.- Punto asociado a una celdade un grid. Cada celda adquiere el valor del punto que contiene. Las celdas sin punto poseen atributo nulo.
- b.- Asignación de puntos y sus atributos a círculos centrados en el punto (áreas de influencia).
- c.- Asignación de valor basada en la mínimadistancia. A un lugar determinado de una superficie se le asigna en mismo valor que tiene el punto más próximo. Se forman

celdas de Voronoi o polígonos Thiessen. Puede limitarse la amplitud de cada área o celda, combinando con el caso anterior.

d.- Puntos asignados a polígonos irregulares basados en una evidencia que es independiente de la geometría de los puntos. P. ej. muestras sobre el agua de ríos que tienen significación aguas arriba.

e.- Interpretación directa por el especialista. P. ej. mapas de suelos a partir de calicatas, teniendo en cuenta el relieve y otros factores considerados por el edafólogo.

A los objetos espaciales (tanto puntos, como líneas como áreas) se les puede aplicar procesos de “dilatación”, de esta manera se consideran áreas de influencia (con valores progresivamente decrecientes) para núcleos urbanos, carreteras (ruido), etc.

3.12.- COMPARACIÓN DE DOCUMENTOS. CORRELACION.

El método para realizar la comparación varía con la escala de medida de los datos representados (clásicamente, nominal, ordinal, de intervalo o de razón). Consideraremos tres casos, datos con escala nominal, datos binarios (nominal), y con escala de intervalo y razón. Si uno de los documentos se corresponde con la realidad, en todo su ámbito o en determinados puntos de muestreo, estos métodos de comparación sirven para establecer la bondad del otro documento.

a.- Escala nominal.

Supongamos que uno de los documentos contiene la representación cuya calidad queremos evaluar y el otro está constituido por un conjunto de puntos muestreados, cuya categoría o clase de pertenencia es conocida. Podría establecerse una tabla de valores, con dos columnas, la primera de ellas con la clase de asignación (del documento a evaluar) y la segunda con la clase de pertenencia (la real).

Llamamos tabla de contingencia o matriz de confusión a una tabla que tiene en cabecera de columnas las clases de pertenencia y en cabecera de filas clases de asignación. Cada componente de la matriz es el número de puntos pertenecientes a determinada clase (columna), que es asignado a una clase determinada (fila). En la diagonal principal de esta matriz se encuentran los puntos correctamente asignados. Esta matriz puede establecerse en tanto por ciento, dividiendo cada elemento por el sumatorio de su fila y multiplicando por 100. Cuando la matriz de confusión se expresa en porcentaje, en la diagonal principal aparecen las fiabilidades del documento para cada clase, y el valor medio de las fiabilidades, proporciona una evaluación global de la calidad del documento.

La matriz de confusión, de contingencia o de superficies, llamada T_{ij} , contiene, por tanto, el número de muestras o la superficie que pertenece a la clase i en el documento A y a la clase j en el documento B.

T_{ij} : matriz de confusión.

T_i : sumatorio de la fila i .

T_j : sumatorio de la columna j .

$T_{..}$: $\sum \sum T_{ij}$

S. Ormeño. Teledetección.

Llamamos matriz de valores esperados a: $T_{ij}^* = \frac{T_{i.} T_{.j}}{T_{..}}$

Estadístico chi – cuadrado:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{(T_{ij} - T_{ij}^*)^2}{T_{ij}^*}$$

Este estadístico es muy dependiente de las unidades de medida y es proporcional al tamaño. Cuando es igual a cero, los dos documentos son independientes.

Si M es el máximo de (n-1,m-1).

Coefficiente de Cramer:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{T_{..} M}}$$

Coefficiente de contingencia:

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{T_{..} + \chi^2}}$$

Tanto para V como para C el cero indica independencia y el máximo valor de tales estadísticos es inferior a 1.

El coeficiente de aceptación Kappa (Cohen – 1960) se establece para documentos con igual número de clases y se define de la siguiente manera:

Sea:

$$p_{ij} = T_{ij} / T_{..}$$

$$p_{i.} = T_{i.} / T_{..}$$

$$p_{.j} = T_{.j} / T_{..}$$

$$q_{ij} = p_{i.} * p_{.j}$$

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ii} - \sum_{i=1}^n q_{ii}}{1 - \sum_{i=1}^n q_{ii}}$$

Kappa varía entre -1 y 1, el -1 indica total desacuerdo, el 0 indica que la coincidencia no es mejor que la producida al azar y el 1 indica total acuerdo o coincidencia.

Con el mismo significado expresado anteriormente, puede calcularse el coeficiente Kappa para cada clase mediante la siguiente fórmula:

S. Ormeño. Teledetección.

$$K_i = \frac{p_{ii} - q_{ii}}{p_i - q_{ii}}$$

b.- Datos binarios.

En este caso se considera el coeficiente de similaridad de Jaccard.

T_{11} , T_{22} : Áreas de ajuste positivo.

T_{12} , T_{21} : Áreas de ajuste opuesto.

$$C_J = T_{11} / (T_{12} + T_{21} + T_{11})$$

$0 < C_J < 1$, el cero indica disimilaridad total y el 1 indica similaridad total.

c.- Escalas de intervalo y de razón.

Se estudia el coeficiente de correlación.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

$-1 < \rho < +1$

-1: correlación negativa.

0: incorrelación.

+1: correlación positiva.

Esta última medida también puede adaptarse para ser aplicada a datos con escala ordinal.

3.13.- ESTADÍSTICOS DE UNA TABLA DE ATRIBUTOS.

Las tablas de atributos en SOV se almacenan en un fichero SMP, donde la primera columna es un identificador entero de la entidad y la última es un valor entero con significado cualitativo que indica la clase o grupo de pertenencia.

Por ejemplo, si a un SMP le aplicamos un procedimiento de clustering (Clasificar - KMedias), en la última columna aparece la clase de pertenencia.

Las columnas centrales contienen los valores correspondientes a las diferentes variables, con una escala de media de intervalo o razón de las que pueden calcularse los diferentes estadísticos.

El procedimiento se aplica en (Clasificar - StatArchi), solicita el nombre del fichero SMP y el de un fichero de texto con extensión CLU donde grabar los estadísticos.

Los estadísticos se calculan, por una parte del total de los datos, como si todos ellos perteneciesen a un mismo grupo y por otra a cada uno de los diferentes grupos o clases conforme indique la clase de pertenencia.

Se calculan los estadísticos que se indican a continuación.

Vector de medias.

Vector de desviaciones típicas.

Matriz de covarianza.

Matriz de correlación.

Matriz de autovectores procedentes de la matriz de covarianza.

Vector de autovalores de la matriz de covarianza.

Matriz de confusión.

Distancia de Bhattacharyya.

Error entre clases a partir de las distancias de Bhattacharyya.

Coefficiente de aceptación kappa.

Los valores medios nos informan sobre lo alto o bajo de los correspondientes valores, son una medida de posición. Las desviaciones típicas son una medida de dispersión respecto de la media.

La matriz de covarianza es simétrica y contiene las covarianzas entre cada dos variables, indicadas por su fila y su columna. En la diagonal principal se encuentran las varianzas.

La matriz de correlación contiene los coeficientes de correlación entre cada dos bandas, varía entre -1 y 1, un valor absoluto próximo a 1 indica alta redundancia entre las bandas. En la diagonal principal aparecen 1 (correlación consigo misma).

Los autovalores y autovectores tienen un significado particular en la transformación a componentes principales que se verá en el siguiente apartado.

La matriz de confusión o de contingencia evalúa en porcentaje la bondad de una clasificación o agrupamiento establecido a posteriori. Contiene la probabilidad de error entre cada dos clases.

En la diagonal principal se encuentra la fiabilidad de cada una de las clases.

La distancia de Bhattacharyya mide, desde un punto de vista estadístico, lo alejadas que están cada dos clases y puede estimarse la probabilidad de error entre las mismas.

El coeficiente de aceptación kappa (Kohen, 1960) se ha utilizado ampliamente para medir la bondad de clasificaciones en imágenes Landsat Thematic Mapper, varía entre -1 (total desacuerdo) y +1 (total acuerdo).

3.14.- ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN TABLA DE ATRIBUTOS.

El procedimiento se encuentra en la opción (Análisis - SmpPC), solicita el nombre de un SMP de entrada y de salida así como el número de componentes a extraer.

La transformación a componentes principales es una transformación lineal que obtiene tantas variables de salida como de entrada, inicialmente debe haber, al menos dos variables.

Se utiliza como matriz de transformación la traspuesta de la matriz de autovectores.

Las nuevas variables se denominan componentes principales, respectivamente primero, segundo, etc.

Una propiedad fundamental es que los componentes principales están incorrelados entre sí (no hay redundancia en la información).

Además de la anterior, sucede que el primer componente es el que más información (varianza) posee, luego el segundo, etc. Es decir, la información se distribuye sobre los componentes principales de mayor a menor.

Los autovalores de la matriz de covarianza contienen las varianzas de los componentes principales y el sumatorio de los mismos puede utilizarse como medida de la cantidad total de información.

Entre los dos primeros componentes suelen poseer la gran mayoría de la información.

Una forma de representar el espacio (de características) ndimensional, constituido por las n variables, es representar mediante una nube de puntos el valor del primer componente principal en función del segundo.

Tal representación del espacio de características nos permite ver como se encuentran distribuidos los valores y la existencia y posición relativa de los diferentes grupos o clases.

3.15.- MODELOS DE LOGICA BOOLEANA.

En la practica, los SIG proporcionan únicamente herramientas básicas de modelado, que frecuentemente resultan insuficientes para las necesidades especiales de modelización. Así mismo, tampoco proporcionan la amplia variedad de herramientas especializadas para análisis estadístico, como el necesario en sistemas expertos, en redes neuronales, etc.

Las necesidades especiales de un SIG son tan variadas que es imposible que un solo sistema posea todos los recursos potencialmente necesarios.

Probablemente el tipo mas simple y mejor conocido de modelo con SIG se basa en operaciones booleanas.

Supongamos que queremos detectar las zonas de mayor riesgo de erosión hídrica, y que tenemos un documento raster multicapa (una ORC) con una capa de pendientes, otra de pluviometría y otra de indicas de vegetación.

El mayor riesgo se produce cuando la pendiente supera cierto valor umbral, la pluviometría esta por encima de cierto valor y el índice de vegetación es inferior a determinado valor.

Podríamos obtener un ORC de tres capas, cada una de ellas binaria (con valores 0 y 1) y mostrando riesgo derivado respectivamente de pendiente, pluviometría y vegetación.

A continuación, con la ORC multibanda binaria haremos una operación AND de manera que se obtenga otra ORC binaria de una sola capa que contenga 1 en los pixels donde las tres bandas de la imagen inicial contiene 1 y 0 en el resto.

El resultado es una ORC binaria con una sola capa que tiene valor digital 1 en las zonas de riesgo de erosión y 0 en aquellas que no lo tienen.

Con SOV podemos realizar operaciones del tipo de las citadas con las opciones (Análisis – Multibool - OrcCompare), (Análisis – Multibool - OrcAnd) y (Análisis – Multibool - OrcOr).

Veamos la primera de ellas, para ello deberemos disponer de una ORC con que realizar las operaciones (Archivo – AbrirOrc) y de un SMP que tenga como primera columna el numero de banda con que realizar la comparación, como segunda columna el numero con el que comparar y como tercera columna un código de operación.

Tal código de operación puede ser 1(mayor que), 2(menor que) o 3(igual a). Un ejemplo podría ser:

```
MODA SNDEF
```

```
5 10.5
```

```
4 1 3
```

```
1 12.3 1
```

```
3 5.6 2
```

```
4 22.0 3
```

```
6 75.4 1
```

Esto indica que se va a obtener una ORC de cuatro capas (hay 4 operaciones).

En la primera capa se almacenaran 1 en los pixels que tengan la capa inicial 1 con valor superior a 12.3, el resto de los pixels tendrán valor 0.

En la segunda capa se almacenaran 1 en los pixels que tengan la capa inicial 3 con valor inferior a 5.6, el resto quedara a cero.

En la tercera capa se almacenaran 1 en los pixels que tengan la capa inicial 4 con valor igual a 22, el resto queda a cero.

En la cuarta capa se almacenaran 1 en los pixels que tengan la capa inicial 6 con valor superior a 75.4, el resto quedara a cero.

Lógicamente, la imagen inicial debe de disponer de las bandas con que se realizan las operaciones. En principio, con cada banda solo puede realizarse una operación.

Las opciones (Análisis – Multibool - OrcAnd) y (Análisis – Multibool - OrcOr) realizan las operaciones AND y OR con todas las capas de la ORC de entrada, produciendo una ORC de salida con una capa binaria.

En ambos casos, las ORC de entrada pueden ser de tipo byte, integer o real y la ORC de salida siempre es de tipo byte.

3.16.- COMBINACIONES LINEALES DE CAPAS.

Supongamos que tenemos un raster ORC con varias capas, y quiero obtener una o varias nuevas capas, almacenadas en otro ORC por combinación lineal de las anteriores.

Esto podemos hacerlo en (Análisis - OrcTraLin), el procedimiento pide un SMP con los coeficientes a aplicar y el nombre del raster de salida. Previamente hay que tener cargado el raster inicial con (Archivo - AbrirOrc).

Supongamos que la imagen inicial tiene cuatro bandas, pues bien, el SMP con los coeficientes mas un termino independiente podría ser el siguiente:

MODA SNDEF

5 10.5

3 4 1

1 4.5 2.3 5.5 2.6 0.16 1

2 0.5 -2.5 11.4 -6.7 0.25 1

3 0 3.2 0 -5.7 0.34 1

Vemos que (quitando las columnas extremas) tenemos una matriz de coeficientes, como tiene 5 variables (5 columnas centrales) puede aplicarse a una ORC de 4 capas, ya que el numero de variables son 4 coeficientes más un termino independiente. Como tiene 3 filas se obtendrá un raster con tres capas.

Si las capas iniciales son C1,C2,C3 y C4, y las capas finales son F1,F2 y F3.

Entonces, la relación entre capas iniciales y finales es:

$$F1 = 4.5*C1 + 2.3*C2 + 5.5*C3 + 2.6*C4 + 0.16$$

$$F2 = 0.5*C1 - 2.5*C2 + 11.4*C3 - 6.7*C4 + 0.25$$

$$F3 = 0.0*C1 + 3.2*C2 + 0.0*C3 - 5.7*C4 + 0.34$$

La ORC de entrada puede ser de tipo byte, integer o real. La de salida siempre sera real.

3.17.- INDICES PONDERADOS.

Este procedimiento es muy popular en SIG que se utiliza cuando diferentes mapas se suman entre ellos en una combinación ponderada.

Permite una combinación mas flexible de mapas de lo que permite la lógica booleana.

Es un procedimiento similar al anterior, con la diferencia de que los coeficientes tienen que ser mayor o igual que cero y que el resultado de la combinación lineal se divide por la SUMA de los coeficientes.

Primeramente hay que cargar la imagen a la que aplicar el procedimiento mediante (Archivo - AbrirOrc) y a continuación (Análisis – IndexOver).

Si el raster de entrada es binario, el resultado será un ORC con todas sus bandas comprendidas entre cero y uno.

Al resultado de este procedimiento, al igual que al anterior, puede aplicársele una reclasificación o alguna de las operaciones booleanas (OrcCompare) citadas anteriormente.

3.18.- MODELIZACION CARTOGRAFICA CON TABLAS DE ATRIBUTOS.

Supongamos que tenemos un raster ORC cuyos pixels contienen como valor digital el identificador de la entidad territorial, por ejemplo la provincia.

Tal raster con los identificadores puede haberse obtenido a partir de un DBV con los límites provinciales.

Podemos crear un fichero SMP que contenga como primera columna los identificadores provinciales y conteniendo diferentes variables relativas a las provincias (p. ej. densidad de población, porcentaje de desempleo, etc.).

Una vez que tenemos el raster con los identificadores y la tabla de atributos podríamos producir un raster multibanda mediante (Análisis - Reassign) y cuando solicita el número de variable a reasignar seleccionar cero.

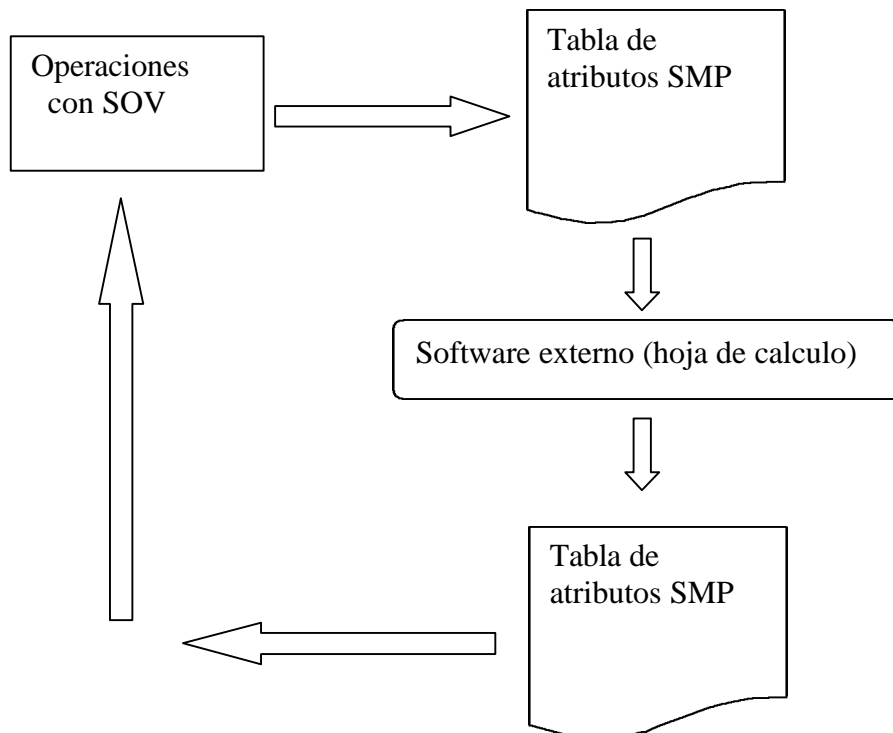
Con ello se reasignan todas las variables y se produce una multibanda de tipo real, cada banda con la correspondiente variable de la tabla.

Una vez hecho esto podemos realizar operaciones entre bandas y análisis de las mismas. Sin embargo, es preferible, por eficiencia y facilidad, realizar tales operaciones sobre la propia tabla de atributos, generar nuevas columnas o variables como resultado y, a posteriori, reasignar los resultados al raster.

Es decir, la modelización se puede realizar directamente sobre las tablas.

Para realizar operaciones con las tablas puede exportarse el fichero SMP a un programa de hoja de cálculo (tipo Excel) realizar las operaciones en el mismo, posteriormente se exporta a un formato ASCII.

Dicho ASCII se edita añadiendo las líneas que contiene al comienzo el SMP.



3.19.- TRANSFORMACION DE POLIGONOS VECTOR EN RASTER.

Muchas operaciones de análisis y de modelización cartográfica se simplifican cuando se utiliza una estructura raster, como ORC, en lugar de vector.

Supongamos el caso de límites de términos municipales digitalizados como vector en el cual, cada polígono tiene su correspondiente identificador entero. Podemos pasar a un raster en el cual el valor digital de cada pixel sea el identificador.

Para ello (Modelos - SetModelo - ORCPol), se obtiene un ORC de tipo real que debe de pasarse a tipo entero mediante (Imagen - ConvTipo).

Puede editarse el DBV y poner, al principio del fichero, los valores deseados de Xmax, Xmin, Ymax e Ymin. Asimismo, al aplicar el procedimiento debe de indicarse la resolución deseada.

Una vez que se dispone del ORC puede crearse una tabla de atributos (SMP) cuya primera columna contiene los identificadores de las entidades superficiales (términos municipales) y las diferentes columnas variables relativas a las mismas.

Con el SMP pueden realizarse operaciones de reasignación de valores de una variable al identificador correspondiente.

3.20.- REFERENCIAS.

Bonhan Carter, G.F. 1994. GIS for Geoscientists. Ed.. Pergamon. Canada

Burrough, P.A. and McDonnell R.A. 1998. Principles of Geographical Information Systems. Oxford U. Press. New York.

Dohrs, F.E. and Sommers 1967. Introduction to Geography: Selected Readings, , L.M., Ed. Thomas and Crowell, N.Y.

Skidmore A.K. 2002. Environmental Modelling with GIS and Remote Sensing. Taylor and Francis. London.

Walford Nigel. 1994. Geographical Data Analysis. John Wiley and Sons. England.

TEMA 4.- REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA Y VISUALIZACION.

4.1.- CONSIDERACIONES SOBRE COMUNICACIÓN CARTOGRÁFICA.

Los mapas contienen información gráfica que pretende comunicarse a un usuario, de hecho, la comunicación es la función principal de los mapas, el cartógrafo influye de forma decisiva y debe optimizar el proceso de comunicación.

En todo sistema de comunicación existen tres elementos básicos: emisor, señal y receptor. La señal es la portadora del mensaje, que en nuestro caso se trata de variaciones gráficas. Para que el proceso de comunicación tenga éxito, el receptor debe de ser capaz de descifrar la señal generada por el emisor.

En un esquema general de la comunicación cartográfica, existe un "mundo real" del que el "autor"(cartógrafo) realiza una cierta concepción y que plasma en el "mapa" el cual es concebido de cierta forma por el "lector"(usuario, receptor). El esquema es reversible, es decir, el usuario demanda un tipo de mapa que es producido por el cartógrafo.

El autor cartográfico es alguien que desea comunicar un mensaje referido a un espacio geográfico, dicho autor puede ser o no cartógrafo. La concepción del mundo real por el autor se realiza a través de unos datos de campo que son procesados para estructurar el mensaje. Los datos de campo pueden tener un carácter numérico o no, entre los objetos procedente de datos no numéricos, se encontrarán los elementos del mapa base y , dependiendo del tema, eventualmente elementos entre los cuales las diferencias son cualitativas. Entre los objetos procedentes de datos numéricos se encuentran los elementos cuantitativos que, en su caso, forman el núcleo de la comunicación.

En la estructuración del mensaje por el autor, los datos de campo se transforman en elementos gráficos para formar el mapa, este proceso de transformación implica una abstracción y requiere una generalización cartográfica, lo que conlleva una selección, clasificación, simplificación y simbolización.

El receptor es alguien que adquiere cierto conocimiento espacial mediante el análisis del mapa. La lectura del mapa puede hacerse de diferentes formas, según la información que pretenda adquirir el lector, así (Morrison, 1978) pueden establecerse las siguientes operaciones:

- a.- Prelectura:
 - Adquisición, desdoblado, etc.
 - Orientación.
- b.- Detección, Discriminación y Reconocimiento.
 - Buscar, situar, identificar, delimitar, verificar.
- c.- Estimación.
 - Conteo, comparar o contrastar, medida (directa, indirecta).
- d.- Actitudes ante el estilo del mapa.
 - Satisfacción, preferencias.

El cartógrafo debe de perseguir la simplicidad en el diseño para facilitar la lectura, la forma de conseguirlo es reducir el número de operaciones de lectura que puedan realizarse en un único mapa.

En el modelo general del proceso de comunicación cartográfica existe un elemento fundamental, y es el hecho de que el conocimiento del autor se debe solapar con el del lector y este conocimiento conjunto debe de reflejarse en el mapa.

En el proceso de comunicación cartográfica existen factores de distorsión que equivalen a ruido, es decir información no deseada, entre estos factores pueden encontrarse:

- a.- Fase de generalización.

S. Ormeño. Teledetección.

- Definición incorrecta de los fines.
 - Mala elección del tipo de datos.
 - Elección incorrecta de la cantidad de información.
 - Datos incompletos o erróneos.
 - Utilización de conceptos erróneos.
 - Clasificación mal realizada.
 - Variables visuales mal elegidas.
 - Diseño erróneo de la simbología.
 - Exceso de información.
 - etc.
- b.- Reproducción.
- Mala calidad del dibujo.
 - Colocación incorrecta de los rótulos.
 - Baja calidad en materiales.
 - Impresión de mala calidad.
 - etc.
- c.- Usuario.
- Insuficiente conocimiento del tema.
 - Interpretación errónea de la información.
 - etc.

4.2.- ABSTRACCION Y GENERALIZACION CARTOGRAFICA.

Con el proceso de selección se comienza la actividad cartográfica, así, analizando el espacio geográfico a ser cartografiado, se decide la escala del mapa, la proyección, las variables adecuadas para el propósito del mapa así como los métodos de muestreo que deben emplearse, en esta fase, el autor y el cliente deben trabajar muy estrechamente, por otra parte, el cartógrafo debe de tener cierto grado de conocimiento del tema objeto del mapa.

La clasificación es el proceso, por el cual los objetos se sitúan en grupos o clases que presentan idénticas o similares características, deben determinarse los límites entre clases. La clasificación reduce la complejidad de la imagen cartográfica, ayuda a organizar la información cartografiada y, consecuentemente, realza la comunicación. Dependiendo del tipo de mapa temático, la clasificación puede llevarse a cabo con información de tipo cualitativo o cuantitativo.

La selección y la clasificación son ejemplos de simplificación, pero ésta última también puede tomar otras formas, como por ejemplo el suavizado de líneas naturales o artificiales sobre el mapa para eliminar detalles innecesarios, tal es el caso en que el trazado de las vías de comunicación se sustituye por líneas rectas uniendo origen y destino para mostrar la conectividad entre núcleos urbanos.

En el cartografiado temático, los elementos se representan a través de símbolos, los cuales pueden ser de tres tipos básicos: pictóricos (o descriptivos), geométricos (o abstractos) y literales o numéricos. Por otra parte, los símbolos pueden referirse a datos con implantación puntual o con distribuciones lineal o superficial.

Los símbolos pictóricos tienen un diseño que recuerda al aspecto real de los geodatos que representan, son evocadores, se leen fácilmente, al no tener un centro geométrico es difícil posicionarlos correctamente, se utilizan en representaciones de tipo cualitativo.

Los símbolos abstractos, generalmente, toman el aspecto de formas geométricas, tales como círculos, cuadrados y triángulos, estos últimos se suelen utilizar para

representar cantidades que varían de un lugar a otro, se necesita una leyenda detallada para la interpretación, pero se realizan muy fácilmente y se posicionan con precisión.

Los símbolos literales o numéricos suelen consistir en abreviaturas de las entidades que representan, son fáciles de entender y diseñar, pero su precisión en el posicionamiento es escasa y puede interferir con la legibilidad de los rótulos del mapa, se utilizan en ciertos mapas cualitativos.

Por su propia naturaleza, el proceso de simbolización es una tarea muy influenciada por la escala que se utilice.

4.3.- LAS VARIABLES VISUALES Y SU PERCEPCION.

En el lenguaje gráfico existen siete tipos de variaciones que nuestros ojos pueden percibir y que son al lenguaje gráfico lo que las letras a la escritura. Estas variaciones se conocen con el nombre de variables visuales y son: posición, forma, orientación, color, textura, valor, grano y tamaño. Todas estas variables pueden aplicarse a geodatos con implantación puntual, lineal o superficial.

Ningún símbolo puede encontrarse en el mapa sin la variable posición, la cual casi siempre se utiliza en combinación con una o varias de las otras variables visuales. Por otra parte, el color es, posiblemente, la más poderosa y la más frecuentemente utilizada de las variables visuales.

En lo que respecta a la percepción que tenemos de los símbolos que se diferencian en una determinada variable visual, ésta puede ser:

a.- Asociativa: los símbolos parecen tener la misma importancia. Esta propiedad la posee la posición, la forma, la orientación, el grano y el color, siendo contrarios a ella el valor y el tamaño, en tanto que la textura no tiene ningún efecto sobre ella.

b.- Selectiva: pueden distinguirse diferentes grupos. La poseen la textura, el valor, el tamaño, el grano y el color (en gran medida), es contraria a ella la forma y no tiene efecto la orientación.

c.- Ordenada: puede reconocerse un orden específico. La posee el tamaño, el grano y el valor (en gran medida), teniendo efecto negativo la forma, la orientación y el color.

d.- Cuantitativa: puede establecerse un orden cuantitativo. La posee, y en gran medida el tamaño y con efecto negativo todas las demás.

En lo que respecta a la combinación de variables visuales, hemos de considerar que una propiedad perceptiva presente en todas las variables que se combinan, queda fortalecida. Una propiedad perceptiva no presente en todas las variables que se combinan, queda debilitada. Si en una combinación de variables, una es disociativa, esta propiedad domina en la combinación. Las variables tamaño, valor y textura pueden combinarse en la misma o en opuesta dirección, si lo hacen en la misma, la percepción ordenada se fortalece, si lo hacen en la opuesta se debilita.

4.4.- CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑO CARTOGRAFICO.

Diseñar es concebir, innovar, crear. Es la utilización óptima de herramientas para la creación de las mejores soluciones al problema que nos ocupa.

El resultado final del diseño es el comienzo de cambio en las cosas artificiales (Jones, 1981).

Los diseñadores hablan del principio de síntesis: "Todas las características de un producto deben de combinarse para satisfacer los requerimientos que esperamos que posea en grado aceptable en relación con nuestros deseos, teniendo en cuenta los recursos disponibles".

El diseño cartográfico es el conjunto de todos los procesos mentales que los cartógrafos llevan a cabo durante la fase de abstracción del proceso cartográfico. En este

caso lo que se busca es un conjunto organizado de elementos gráficos sobre el mapa, con el fin de realizar una eficiente y precisa transmisión de conocimientos entre autor y usuario del mapa. (Dent).

La mayor parte de los diseñadores consideran que el proceso de diseño tiene lugar de una forma secuencial, en una serie de fases ordenadas, tales fases son (Hanks, 1978):

- a.- Identificación del problema.
- b.- Ideas preliminares.
- c.- Concreción del diseño.
- d.- Análisis.
- e.- Decisión.
- f.- Implementación.

En la fase (a) se establecen las necesidades, limitaciones y los criterios de diseño, en cartografía se incluyen en este apartado la identificación de la finalidad del mapa y del usuario, así como costes y consideraciones técnicas. En (b) se formulan ideas preliminares basadas en pensamientos creativos e imaginativos. En la fase (c) se analizan las ideas preliminares y se aceptan o rechazan, las ideas deben de ser perfiladas y concretadas, en cartografía, en este momento, se realiza una redacción detallada del proyecto cartográfico. En (d) suelen realizarse modelos del producto final, actualmente asistidos por ordenador, pueden hacerse estudios de mercado, teniendo en cuenta el prototipo y en su caso realizar las modificaciones correspondientes. En (e) basándonos en la fase anterior, puede realizarse alguna modificación. Por último tienen lugar, en cartografía, todas las tareas propias de impresión y reproducción.

Con todo el proceso de diseño se produce una acumulación de conocimientos que puede realimentar futuros procesos (Feedback) desde el comienzo. Así mismo, desde el principio del proceso puede preverse cual puede ser la solución final, teniendo en cuenta experiencias anteriores (proyección).

No es fácil evaluar el resultado final de un proceso de diseño, a no ser que se haya participado estrechamente en el mismo y se conozcan todos los factores condicionantes. Sin embargo, pueden darse algunas orientaciones para la evaluación de mapas (Southworth, 1982):

- Un mapa debe adecuarse a las necesidades de sus usuarios.
- Un mapa debe de ser fácil de usar.
- Los mapas deben de ser precisos, presentando la información sin error, distorsiones o representaciones inadecuadas.
- El mapa debe de ajustarse al entorno representado (el usuario del mapa debe de ser capaz de conectar el entorno con el mapa y el mapa con el entorno).
- El lenguaje del mapa debe de estar relacionado con los elementos o cualidades representados.
- Un mapa debe de ser claro, legible y atractivo.
- Muchos mapas deberían, idealmente, permitir interacción con el usuario, posibilitando cambios, actualización o personalización.

No debe de olvidarse la componente artística del mapa (Wright, 1944): "La calidad de un mapa es también, en parte, una cuestión estética. Los mapas deberían poseer armonía dentro de ellos mismos. Un mapa feo, con colores chillones, desagradable, rótulos mal situados, ... puede ser tan preciso como un bello mapa pero es menos adecuado para inspirar confianza".

El cartógrafo británico J. S. Keates en su libro *Understanding Maps*, afirma que "El arte de la cartografía... no es solamente un anacronismo superviviente de una era pre-científica, es una parte integral del proceso cartográfico".

4.5.- DATOS CUANTITATIVOS PUNTUALES.

Los mapas pueden clasificarse de acuerdo a la forma en que se utilizan los puntos (Towards the Improvement of the Dot Maps, International Yearbook of Cartography 7, 1967):

a.- Puntos iguales a la unidad. Hay una correspondencia uno a uno entre objeto y símbolo. Puede haber o no un control preciso sobre la posición del punto.

b.- Puntos con valor superior a la unidad. En las diferentes formas de este grupo, un símbolo se refiere a más de un objeto.

- Los puntos se sitúan de forma que los datos originales quedan recubiertos por el conteo de los puntos.

- Los puntos se posicionan en el centro de gravedad de los objetos que representan.

- Los puntos se utilizan como símbolos de sombreado, bien en una distribución uniforme, o a través de una unidad estadística para representar transiciones suavizadas.

- Los puntos representan una parte de datos estratificados, tal como poblaciones rurales. Con poblaciones urbanas representadas mediante símbolos proporcionales.

- Puntos que representan una gran parte del total de los datos son bastante grandes. Los puntos pueden distribuirse para el conteo más que con la finalidad de ilustrar una posición precisa.

- En el mismo mapa se muestran dos distribuciones, cada una representada por símbolos puntuales.

- Los puntos representan una distribución cartografiada a lo largo de otra característica, con el fin de mostrar interrelaciones funcionales.

El número de mapas de puntos dibujados ha disminuido en las dos últimas décadas, probablemente por su alto coste de producción, se tarda mucho tiempo en realizarlos y requieren un considerable conocimiento de la zona.

Las principales ventajas de este tipo de mapas son:

- La racionalidad de la representación se comprende fácilmente por el lector del mapa.

- Es una forma muy efectiva de mostrar la densidad espacial, especialmente adecuada para mostrar fenómenos geográficos discontinuos.

- Los datos originales pueden obtenerse a partir del mapa, si éste se ha diseñado con esa finalidad.

- Sobre un mismo mapa pueden ilustrarse más de un conjunto de datos.

- La ejecución final, en lo que respecta al consumo de tiempo, es muy directa y presenta pocos problemas de producción o reproducción.

Entre las posibles desventajas se encuentran:

- La interpretación del mapa no es uno a uno, la percepción de la densidad relativa no es lineal.

- El método consume mucho tiempo y, por tanto, es relativamente costoso. Se necesita un considerable conocimiento de los factores que controlan la distribución.

- Cuando el mapa se ha diseñado para una presentación máxima de la densidad espacial relativa, es prácticamente imposible para el lector obtener los valores originales de los datos.

El cartógrafo debe ponderar estas ventajas y desventajas cuidadosamente antes de decidir aplicar esta representación.

A.- Símbolos con valor unitario.

En este caso se asigna un determinado valor unitario para el punto. Pueden considerarse dos principios básicos, el de repetición y el del punto.

El símbolo con valor unitario se repite tantas veces como sea necesario para cubrir el valor del dato. Este principio causará problemas si el rango de valores a representar es grande. Con el fin de representar cantidades pequeñas, el valor unitario no debe tomarse demasiado grande. Pero, consecuentemente, los grandes valores van a necesitar un gran número de símbolos, con la consiguiente necesidad de espacio. Para lugares como grandes ciudades, donde debe repetirse un cierto número de veces diferentes símbolos, el conjunto del grupo de símbolos se sitúa, frecuentemente, dentro de un rectángulo, para dejar claro que todos los símbolos se refieren al mismo lugar.

El principio del punto, es un método básico para mostrar distribución de fenómenos (población, ganado, cosechas agrícolas, etc.), el usuario del mapa no puede obtener los valores originales de los datos. Existen tres problemas básicos para este tipo de representación, tamaño, valor y posición del punto.

En lo que respecta a tamaño y valor del punto, el criterio básico es que, en primer lugar, el mapa debe proporcionar una buena impresión visual de la distribución y la densidad relativa de la característica, por otra parte, deberá considerarse el momento de coalescencia (solape) entre puntos en las áreas más densas. Para mapas en los que los puntos representan una cantidad superficial, el tamaño del punto debe corresponder con dicha superficie, considerando la escala. Así: $R=0.564*\sqrt{D}/S$, donde D es la superficie y S la escala. También puede obtenerse el tamaño y valor del punto a través de un nomograma.

En lo que respecta a la posición del punto, el criterio es situarlo en el centro de gravedad del conjunto de unidades elementales que constituyen el valor. En los mapas de pequeña escala, la superficie del punto puede cubrir el área donde se distribuyen las unidades, con lo que el posicionamiento no es un problema. Básicamente, existen dos principios para el posicionamiento, distribución regular sobre el área y distribución basada en los factores geográficos. En el primer caso, el número de puntos que representa la cantidad debe distribuirse regularmente sobre el área a que correspondan. En el segundo caso debe poseerse un conocimiento complementario sobre la forma en que se distribuye un fenómeno, para lo cual pueden resultar muy útiles los mapas topográficos, en este último caso, dependiendo del tipo de característica, deben identificarse factores geográficos indicadores de las zonas en las que el fenómeno en cuestión no puede producirse, dichos factores se conocen con el nombre de factores posicionales negativos.

Para la construcción de mapas de puntos, se necesitan los límites de las unidades administrativas. Sin embargo, deben borrarse con posterioridad, debe cuidarse la representación en el límite de zonas, con el fin de que no aparezcan bandas vacías ni demasiado densas. Por otra parte, no deben presentarse "patrones" ficticios, tales como hileras de puntos, agrupamientos no deseados ni otras composiciones que no correspondan con la realidad.

B.- Símbolos proporcionales.

El cartografiado de símbolos puntuales proporcionales se basa en una idea muy simple, el cartógrafo selecciona una forma de símbolo (círculo, cuadrado o triángulo) y varía su tamaño de un lugar a otro, proporcionalmente a las cantidades que representa. El lector del mapa puede formarse una imagen de la distribución cuantitativa, examinando la disposición de símbolos y su diferencia de tamaño. Este simple principio puede verse distorsionado sobrecargando el mapa con demasiada información o seleccionando métodos de escalado inapropiados con los principios perceptuales.

Hay dos casos, generalmente aceptados, en los que el cartógrafo selecciona puntos graduados para la representación, tales son, cuando los datos se refieren a puntos o cuando se asignan a puntos correspondientes a áreas. Prácticamente cualquier magnitud puede simbolizarse de esta forma, incluyendo, totales, ratios y proporciones. Sin embargo, la densidad suele representarse mediante la técnica de coropletas. Siempre que la finalidad del mapa sea mostrar magnitudes relativas de fenómenos en posiciones específicas, resulta apropiado utilizar símbolos graduados.

El tipo de datos que pueden representarse son variados: población total, porcentaje de población, población negra, valor añadido por elaboración, ventas al por menor, empleo, cualquier producto agrícola, toneladas embarcadas en puertos, etc. Este tipo de símbolos se han utilizado básicamente para presentar datos económicos, sin embargo también pueden ilustrarse magnitudes de los mundos físico y cultural.

La primera historia de símbolos puntuales proporcionales coincide con la historia del uso del círculo graduado, otras formas de símbolos se utilizaron posteriormente. En 1801, William Playfair utilizó círculos graduados para presentar datos estadísticos no cartográficos, Playfair utilizó el escalado de la superficie de los círculos, en vez de el diámetro de las circunferencias, hoy día seguimos utilizando este método de escalado. A partir de 1837 empezaron a utilizarse los círculos, Henry Drury Harness los utilizó para cartografiar poblaciones de ciudades. En 1851, se utilizaron por August Peterman en el cartografiado de la población de ciudades en las islas británicas.

A partir de estos comienzos, se incrementó el uso de los símbolos proporcionales en mapas temáticos. Los círculos graduados continúan siendo la forma más frecuentemente utilizada, aunque son posibles otras elecciones. Muchos cartógrafos utilizan gráficos de barras, gráficos de líneas u otros gráficos como símbolos proporcionales. Sin embargo, este tipo de representaciones parecen menos adecuadas debido a la superficie que ocupan en el mapa. Los símbolos proporcionales requieren formas geométricas compactas.

Círculos, cuadrados y triángulos constituyen las formas más comunes de símbolos proporcionales, con el círculo como forma dominante. En cada caso, es el área la característica geométrica que se escala en relación a las magnitudes geográficas. Los círculos poseen una serie de ventajas respecto de los otros símbolos:

- a.- Su forma geométrica es compacta y se construye más fácilmente que otras formas.
- b.- El escalado del círculo es más fácil que con otras formas geométricas, puesto que puede usarse la raíz cuadrada del radio.
- c.- Los círculos son más estables visualmente que otras formas.

Los cuadrados se utilizan cada vez más, pero son más difícil de construir que los círculos. Debido a que poseen lados rectos, deben de ser orientados con el margen del mapa, con otros símbolos o con elementos estructurales del mapa. Esto requiere mayor coste y tiempo, proporcionando la oportunidad de cometer más errores. El cuadrado se considera menos estable visualmente que el círculo. El triángulo presenta similares desventajas que los cuadrados y se utilizan, incluso menos.

No es raro que en un mismo mapa aparezcan dos formas distintas para expresar las variaciones proporcionales de dos distribuciones. Esto es una mala práctica porque introduce demasiada complejidad que puede disminuir la eficiencia de la comunicación. Una solución mejor es realizar dos mapas separados.

Los cartógrafos y los geógrafos han experimentado con símbolos puntuales de aspecto tridimensional, tales como esferas, cubos y otros volúmenes geométricos. Esto conduce a un aspecto muy agradable y atractivo de los mapas, su inconveniente principal se debe a la incapacidad, de la mayor parte de los lectores de mapas, para calibrar correctamente los valores escalados. En este caso el volumen de los símbolos se corresponde con la raíz cúbica de los datos, consecuentemente, hay un menor rango de tamaño de símbolos, y por

ello, puede manejarse un mayor rango de datos cuando se utilizan símbolos tridimensionales.

La relación existente entre estímulo visual y respuesta, puede ser descrita por la fórmula $R = K \cdot S^n$, donde S es el estímulo, R es la respuesta, n es un exponente que describe la función matemática entre S y R, en tanto que K es una constante de proporcionalidad definida para una investigación concreta (Chang, 1980). Esta relación se conoce como "ley potencial psicofísica".

Los resultados de los esfuerzos de los investigadores sugieren que la mayor parte de la gente no responde (o no puede responder), a las propiedades geométricas de símbolos cuantitativos, de una forma lineal. La superficie de los símbolos es tanto más subestimada cuanto mayor es el símbolo. El volumen es subestimado en mayor medida que la superficie. Estos descubrimientos condujeron a los cartógrafos a compensar, mediante un aumento superficial, tal subestimación, lo que se conoce como "escalado de magnitud aparente", en este sentido cabe citar al profesor James Flannery, cuya contribución al escalado aparente ha sido un estándar durante casi 30 años (Flannery, 1956). La ley potencial, expresada anteriormente puede expresarse como $\log R = \log K + n \cdot \log S$. El profesor Flannery obtuvo, experimentalmente, para los círculos que $n=0.8747$, omitiendo K por simplicidad, si un círculo tiene superficie 2, será percibido como $2^{0.8747}=1.833$, sucede que $n \cdot \log S = \log R$ luego $\log(r^2) = \log S = \log R/n$, por tanto $\log r = (\log R)/(2 \cdot n)$ como $n=0.8747$, por tanto $\log r = 0.57 \cdot \log R$. Para obtener el radio que corresponde a los círculos, se calcula el radio de 4 o 5 círculos, incluidos en el rango, se dibujan tangentes a una recta graduada con el rango de valores del conjunto de datos, se sitúa el punto de tangencia en el lugar que corresponda a la circunferencia, por último, se dibuja la curva envolvente a las circunferencias.

Recientes estudios psicofísicos sugieren que el escalado de magnitud aparente debe de ser abandonado en favor del "escalado absoluto", pero con una atención mas cuidadosa al diseño de la leyenda (Chang, 1980). Escalado absoluto, significa simplemente la proporcionalidad directa entre magnitudes y superficie del símbolo. Algunos de los estudios también indican que el escalado de magnitud aparente no es mucho mas eficiente que el escalado absoluto siempre que el número de tamaños diferentes, para cubrir el rango sea de 10 o menos (Griffin, 1985). Por otra parte, seleccionando el escalado de magnitud aparente se necesita mucho más espacio en el mapa, puesto que el rango de superficies de los símbolos es mayor en dicho sistema. El cartógrafo debe de tener todos estos aspectos en cuenta y decidir en consecuencia.

Por otra parte, cuando un círculo está rodeado por círculos de menor tamaño aparece un 13% mayor que cuando lo está por círculos de mayor tamaño que él, este efecto se ve disminuido cuando los puntos aparecen separados entre sí por una línea (p. ej. límite administrativo).

Respecto de la utilización de los cuadrados, debe indicarse, que sus superficies proporcionales se perciben casi perfectamente. En algun estudio, el exponente n de la ecuación exponencial adquiere un valor de 0.93 (Crawford, 1973). Esto no significa que los círculos deben de ser abandonados en favor de los cuadrados. Con las apropiadas leyendas, ambos símbolos pueden comunicar suficientemente bien el mensaje del mapa.

El valor unitario debe de elegirse de forma que el total de la imagen proporcione una buena impresión visual de la distribución cuantitativa del fenómeno.

En lo que respecta al diagrama de la clave, los círculos pueden disponerse anidados (tangentes interiores), concéntricos o externos, se aprecian mejor los tamaños en el primer caso que en el segundo. Así mismo, los círculos pueden representar intervalos de valores, en este caso, para calcular el radio se utiliza la media o la mediana de los valores del intervalo.

4.6.- GRAFICOS Y DIAGRAMAS.

Es un sistema de representación generalizado a partir de 1920. Sus funciones son de presentación y análisis.

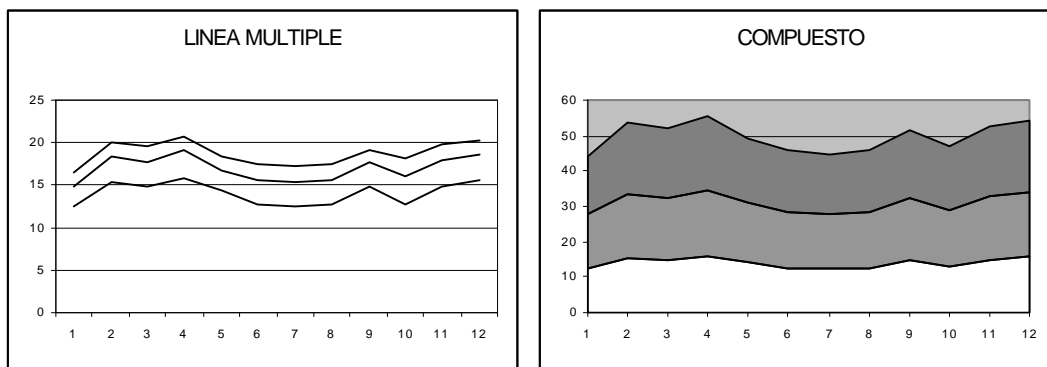
Debe de considerarse la calidad de los mismos, entre tales factores se encuentran los siguientes. Precisión, dentro de los límites del sistema, no debe de inducir a interpretaciones erróneas. Simplicidad, no sobrecargada con elementos inútiles, debe maximizarse la información comunicada y minimizarse el ruido. Claridad, sin ambigüedad con facilidad de lectura y comprensión. Apariencia, composición armónica y aspecto atractivo y profesional. Estructura bien diseñada considerando la interdependencia de los componentes, la importancia aparente de cada elemento debe de ser la adecuada al mensaje a comunicar.

La ubicación puede ser un problema dada la superficie que ocupan.

El tipo de datos a representar son datos multivariantes, en principio puntuales con caracteres múltiples, pero también se usan para datos con carácter territorial (superficial).

A.- Gráficos de línea.

Representación cartesiana bidimensional en la cual, el eje de las X suele ser el tiempo, es decir, suelen aplicarse a series temporales. En el eje de las Y se representa el valor de un dato (gráfico simple), de varios datos utilizando diferentes tipos de línea (gráfico múltiple) o la suma de varios datos, por ejemplo correspondientes a diferentes tipos de producto, de manera que la ordenada entre cada dos líneas se refiere a la cantidad de un producto determinado (gráfico compuesto). Los gráficos de línea simples pueden utilizarse para representar crecimientos de población con valores absolutos o en porcentaje. Los gráficos múltiples p. ej. para tasas de natalidad y mortalidad o tasas para diferentes países o, también, para producción de diferentes productos.



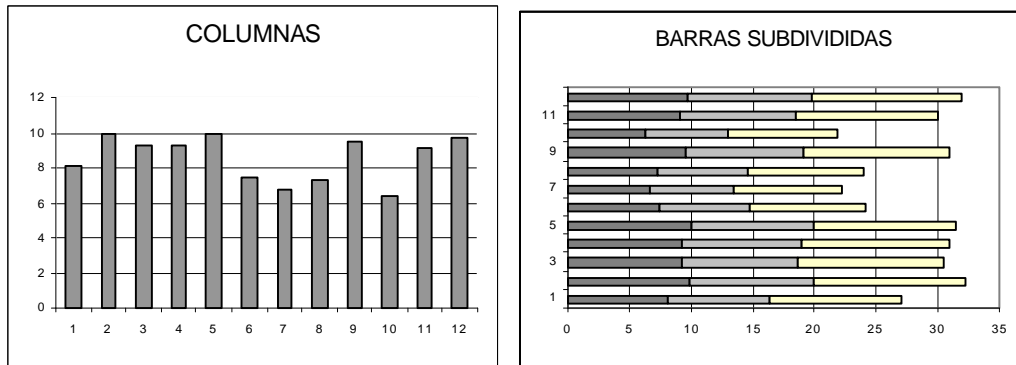
B.- Gráficos de barras y columnas.

Entran en esta categoría una diversidad de gráficos en los cuales se utilizan segmentos con disposición vertical (columnas) o vertical (barras), el valor o valores representados están en relación con la longitud del segmento y la situación de los extremos. La finalidad de todos ellos es la comparación de cantidades.

Las barras se utilizan para una comparación directa entre magnitudes de categorías etiquetadas descriptivamente (una sola escala), por ejemplo, comparación de tasas, poblaciones, etc. de diferentes lugares. Las columnas se utilizan para comparación de una o más series de variables a lo largo del tiempo, por ejemplo, evolución de tasas con el tiempo. Dentro de esta clase de gráficos se encuentran diferentes tipos, como simples, agrupadas, subdivididas, de desviación (neta o bruta), de columnas flotantes, etc.

Un tipo particular de gráfico de barras es la pirámide de población que es un histograma pareado de población (absoluta o en porcentaje) en función de la edad. Creciendo hacia la izquierda se encuentran valores masculinos y hacia la derecha femeninos. Muestra la estructura de la población por sexo y edad, usualmente, los intervalos de edad son iguales. Pueden representarse, superpuestas, varias fechas, lugares o condiciones (solteros, viudos, casados).

El conocido histograma (distribución de frecuencias) también entra dentro de este tipo de gráficos, en este caso, de columnas.



C.- Gráficos de tarta.

También se les llama círculos divididos. En una serie de clases, representan valores porcentuales de cada clase respecto del conjunto. Las cantidades relativas son proporcionales al ángulo. Pueden representarse, también, cantidades absolutas utilizando gráficos de tarta proporcionales. También pueden considerarse dos fechas incluyendo un gráfico en el interior de otro. Suele tomarse como origen de sectores el radio orientado a la parte superior. En todos los gráficos debe de mantenerse el mismo orden.

D.- Gráficos triangulares.

Se utilizan tres ejes, formando un triángulo, cada uno de ellos escalado de uno a cien. Para representar un dato con los tres valores (cuya suma sea 100), se traza una perpendicular a cada lado por el valor correspondiente y la intersección de tales perpendiculares, en el interior del triángulo, se produce en un punto que muestra la posición relativa del dato. Se clasifica cada punto, en función de la región del triángulo donde se encuentra.

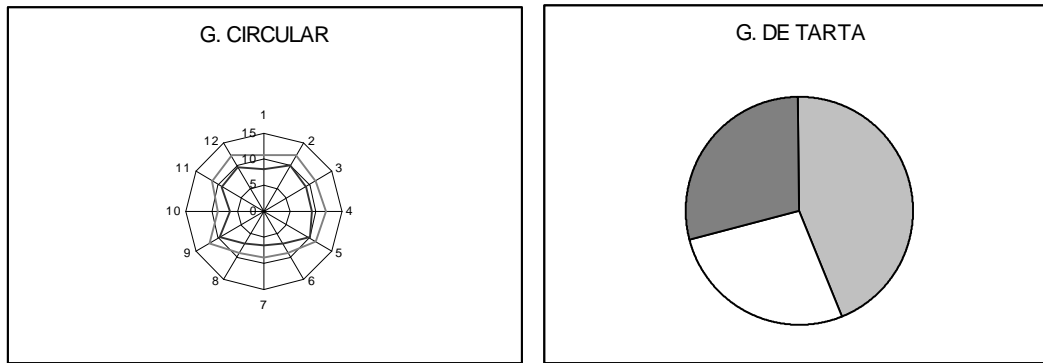
Se utiliza cuando la característica está definida por tres variables, por ejemplo, porcentaje de superficie (secano, forestal, regadío), porcentaje de empleo por sectores (primario, secundario, terciario), porcentaje de explotación de régimen de explotación de tierras (propiedad, aparcería, renta), distribución de la población (solteros, viudos y casados).

E.- Gráficos circulares.

Se utilizan para la representación de características que tiene periodicidad (p. ej. 12 meses) o variables direccionales (vientos). Pueden utilizarse direcciones (radios) o sectores.

Dentro de este tipo de gráficos se encuentran los climatogramas que muestran (mediante una curva en el interior de un círculo) la evolución de una variable climática (p. ej. temperatura) a lo largo de los doce meses del año.

También a esta categoría de gráficos pertenecen los ergogramas que son curvas que representan la cantidad de trabajo (horas/día) realizado en los diferentes periodos del año para cada ocupación, representándose cada una de tales ocupaciones con una línea de diferente simbología.



F.- Símbolos adyacentes.

En su forma más usual, se trata de dos semicírculos proporcionales, situados a ambos lados de un eje vertical con la finalidad de realizar comparaciones, en este caso entre dos cantidades. También pueden compararse cuatro cantidades utilizando cuatro sectores circulares de los cuatro cuadrantes en que se divide el plano por dos rectas perpendiculares, en este caso, en vez de círculos pueden utilizarse cuadrados.

En el caso de semicírculos proporcionales adyacentes, cada semicírculo puede estar dividido en diferentes categorías.

G.- Rectángulos divididos.

Se utiliza un cuadrado cuya superficie es proporcional a la cantidad total y se divide, vertical u horizontalmente, en rectángulos cuya superficie es proporcional a los componentes. La división de superficie puede hacerse basándose en unidades elementales, p. ej. el cuadrado total se divide en 10x10 celdas y se toma un cierto número de ellas para cada categoría.

H.- Representaciones perspectivas.

Se trata de representaciones tridimensionales de los gráficos citados anteriormente.

I.- Gráficos pictóricos. Caras de Chernoff.

Los gráficos pictóricos son representaciones realistas de la entidad a la que se refieren (espigas, fábricas, vehículos, etc.).

Las caras de Chernoff se utilizan para variables multidimensionales. La forma de la cara proporcional a una variable, el tamaño a otra, el tamaño de ojos a otra, la inclinación a otra, el tamaño de la nariz a otra variable, etc. Es decir, cada característica de la cara es proporcional a una variable. La expresión final de la cara puede mostrar, por ejemplo, la bondad del clima de un lugar teniendo en cuenta el valor de las diferentes variables que lo determinan.

4.7.- DATOS CUANTITATIVOS LINEALES.

A.- Representación con símbolos de flecha.

Mediante un símbolo con implantación puntual, se indica la dirección del movimiento en cada punto, la anchura y, en general el tamaño del símbolo, es proporcional al valor que representa. Es frecuente el escalado en clases. Se utiliza, por ejemplo, para dirección y velocidad de vientos y para movimientos de “no residentes” en los entornos de las ciudades.

B.- Líneas de flujo.

Indican movimiento entre dos lugares, los mapas que las utilizan reciben el nombre de mapas dinámicos.

Pueden utilizarse en mapas de carácter cualitativo o cuantitativo.

En los mapas cualitativos se utilizan líneas de espesor uniforme, con puntas de flecha para indicar la dirección. Pueden usarse diferentes tipos de flujo en un mapa usando diferentes símbolos lineales. Ejemplos de mapas cualitativos de líneas de flujo son rutas de navegación, líneas aéreas, corrientes oceánicas, etc.

En los mapas cuantitativos, la anchura de las líneas es proporcional a la cantidad. El sentido a veces se indica y a veces no, aunque suele ser importante. Hay dos tipos, mapas de flujo de tráfico donde se expresan cantidades por unidad de tiempo y en los que, a veces, no se indica dirección y líneas rectas origen destino. Estas últimas se utilizan, frecuentemente, para indicar interacción social o económica y pueden, a su vez, ser de dos tipos, movimiento de una persona (líneas de igual anchura) o agregación de datos en movimiento (anchura proporcional a la cantidad).

En lo que respecta al diseño, deben de tenerse en cuenta una serie de recomendaciones. Las líneas deben de tener la máxima jerarquía visual. Cuando dos líneas se cruzan, las de menor anchura deben de situarse sobre las de mayor anchura. Es fundamental el contraste agua/tierra. Debe de elegirse correctamente la proyección cartográfica. La información debe de ser simple, la leyenda clara, sin ambigüedades y, si es necesario, incluir unidades.

Respecto al escalado, debe de considerarse que al seleccionar la anchura máxima, no debe de sobrepasarse el punto en el que una línea aparece como una superficie. Se elige una anchura máxima y una mínima, por fuera de las cuales todos los valores se representan con igual anchura, los valores intermedios pueden ir reescalados de forma continua o por intervalos.

4.8.- DATOS CUANTITATIVOS CON DISTRIBUCION SUPERFICIAL.

A.- Introducción. Terminología.

Llamamos superficie estadística a la información cuantitativa referida a la superficie bidimensional del mapa, la representación de la misma puede ser de tres tipos, cartografiado isarítmico, coroplético o dasimétrico.

Llamamos isolíneas, isograma o isarítmos al conjunto de líneas que muestran, mediante sus posiciones absolutas y relativas, la localización y los gradientes referidos a un conjunto de valores. Las isolíneas pueden ser de dos tipos, líneas isométricas o isopletas.

Las líneas isométricas indican distribuciones de valores numéricos absolutos. Los valores pueden existir en cualquier punto de la línea. Por ejemplo, curvas de nivel, isotermas, isobaras, etc.

Las isopletas (plethos, multitud) se asocian a variables que son función del espacio a que se refieren, tales como densidades (habitantes por kilómetro cuadrado). Los valores en que se basan no pueden existir en la realidad. Ejemplo, densidad de población por término municipal. En sus comienzos, el cartografiado por isopletas se utilizaba para producción de cosechas y densidad de población rural. Últimamente, parece declinar el cartografiado isoplético debido al discutible rigor de la representación, por el propio concepto de isopletas.

Corograma (coros, área) se refiere a cualquier símbolo de carácter cuantitativo superficial, puede ser de dos tipos, coropletas y corisograma. Se denomina coropletas cuando el símbolo superficial tiene por contorno límites administrativos y corisograma cuando se refiere al espacio entre isolíneas. Este último puede ser de dos tipos, corisométricas y corisopletas, según las líneas utilizadas sean isométricas o isopletas.

Desde 1584 se tiene referencia del cartografiado con isolíneas representando isobatas (igual profundidad). En 1630, Borri (jesuita italiano) utiliza isogonas (líneas de igual declinación magnética). En 1701, E. Halley utiliza isogonas en mapas temáticos. En 1777, Meusnier propoe representar características superficiales mediante isolíneas. En 1782, Dupain-Triel realiza representaciones por líneas isométricas. En 1845, León Lalane (Francia) realiza las primeras representaciones mediante isopletras.

B.- Cartografiado Isarítmico.

La situación de los puntos de control en cartografiado isométrico suele estar determinada, de forma precisa, debido a la posición conocida de los instrumentos de medida. El problema suele venir del espaciado no uniforme y de la ausencia de puntos.

En el caso del cartografiado isoplético, para obtener la posición de los puntos de control, se selecciona un punto como representante de la unidad superficial, existiendo dos posibilidades. Si se considera una distribución regular del fenómeno en el interior de la unidad superficial, se debe de elegir el centro geométrico para posicionar el punto. Si la distribución es irregular, debe de usarse el centro de gravedad.

Las superficies unitarias en cartografiado isoplético suelen ser unidades administrativas. El tamaño y el número de tales unidades determinan la precisión media, gran número y pequeña escala proporcionan mayor precisión. No existe un estándar sobre el número de isopletras necesario para un nivel dado de precisión a diferentes escalas. En lo que respecta a la forma de las unidades superficiales, es buena práctica elegir aquéllas áreas que son de similar tamaño y forma. Si el cartógrafo puede elegir la forma, conviene que sea hexagonal por cubrir toda el área y producir una red triangular de puntos.

Para realizar la interpolación, con el fin de trazar la isolínea, suelen utilizarse métodos automáticos realizando una triangulación previa.

Respecto del intervalo a que se trazan las isolíneas, usualmente es constante, aunque puede estar basado en discontinuidades estadísticas.

Existen ciertas fuentes de error en este tipo de cartografiado, pueden citarse la recogida, registro y manipulación de datos; el método cartográfico de obtención de las isolíneas; la imprecisión en el dibujo y registro y las limitaciones psicológicas del lector del mapa.

En lo que respecta a la jerarquía visual de la composición gráfica, las isolíneas deben aparecer como dominantes. A veces conviene representar puntos de control (posición y valor) pero con menor jerarquía que las isolíneas.

El conjunto de la representación no debe de estar sobrecargado de rótulos y éstos deben de ser fáciles de leer, sin una jerarquía excesiva y con buena disposición y orientación.

La leyenda debe de contener unidades e intervalo entre isolíneas. Si existe sombreado entre ellas, las tintas deben de aparecer en la leyenda.

El sombreado o coloreado tiene por finalidad hacer el mapa más legible y proporcionar una mejor impresión del gradiente. Si se realiza, el criterio es, para valores positivos, cuanto mayor sea el valor, más oscuro se representa; si los valores son negativos, cuanto menor valor, más oscuro.

Las isolíneas reciben nombres específicos, según el tipo de variable a que se refieren. Por ejemplo; precipitación (isoyetas), temperatura (isotermas), grado de aridez (isoxeras), curvas de nivel (isohipsas), inclinación magnética (isoclinas), presión (isobaras), etc.

C.- Cartografiado coroplético.

Como se indicó anteriormente, las coropletras se refieren a la utilización de simbología superficial en la cual el contorno de las superficies son límites administrativos.

Existen diferentes formas de uso como son obtención de valores de diferentes áreas, obtención de la forma de la distribución o la comparación entre diferentes mapas.

Variabes que sean continuas espacialmente no deben de representarse mediante coropletas, tampoco deben de representarse valores absolutos (población total) ya que el diferente tamaño de las unidades superficiales altera la impresión de la distribución. Es usual utilizar dos tipos de datos; ratios relativos a áreas (densidad de población en habitantes/Km² o productividad en Tn/Km²) o ratios independientes de áreas (ingresos per cápita, tasa de natalidad, etc.).

El supuesto más importante en cartografiado coroplético es que el valor correspondiente a la unidad superficial se distribuye uniformemente sobre la misma.

Para realizar correctamente la representación, el cartógrafo debe de proveerse del máximo conocimiento sobre el tema en cuestión.

La escala del mapa debe de ser suficientemente grande para que el lector perciba las unidades superficiales y pueda expresarse la simbolización. Suele ser frecuente usar escalas inferiores a las ideales.

Cuanto mayor es el número de unidades superficiales, mas detalle tendrá el mapa, pero existe más dificultad para diferenciar símbolos. El tipo y tamaño dependen del coste, finalidad, símbolos, tamaño y escala del mapa.

Suele ser necesario realizar un preproceso de los datos para obtener ratios o tasas y clasificarlos.

En la leyenda, los valores límites de los intervalos de clase, deben corresponderse con valores que realmente existan en la distribución, si no es así, puede inducirse a error. Además, la inclusión de un histograma que contenga simbolización y límites de clases, facilita la interpretación. También puede incluirse la media o mediana de cada clase.

Existen dos condicionantes básicos para el diseño, según sea la finalidad del mapa. Una finalidad puede ser la fácil distinción entre símbolos superficiales e identificación de las unidades, en cuyo caso podría considerarse la utilización de tramas de símbolos. Otra posible finalidad puede ser mostrar la distribución superficial del fenómeno en cuestión sobre el conjunto del mapa, en cuyo caso podría considerarse la eliminación de los límites de unidades y la utilización de niveles de gris.

Pueden utilizarse símbolos superficiales con valor (variable visual) creciente. En la variación de tal valor, los puntos son preferibles a las líneas, por su mejor lectura, si se usan líneas, deben de tramarse.

En la elección de los tonos de gris para simbolización, debe de considerarse que la percepción de los mismos no es lineal, por tanto, para proporcionar una impresión adecuada, debe de tenerse en cuenta la percepción por parte del usuario del mapa y no tanto el valor real (nivel de gris o porcentaje de área entintada) de la simbología superficial. La diferencia entre PAE (porcentaje de área entintada) y valor percibido depende de que los elementos del tramado sean perceptibles o no lo sean.

En el caso de elementos del tramado no perceptibles, C.W. Cox, propone la siguiente relación entre V (valor percibido en %) y R (reflectancia en %, relación directa con el PAE):

$$V=2,467.R^{0,33}-1,636$$

G.R.Williamson propone, la siguiente relación entre Pi (sucesión de valores equiespaciados de 0 a 100) y Wi (siendo 100-Wi el PAE para cada valor):

$$Pi=0,398.Wi^{1,2}$$

Para elementos del tramado perceptibles, Williams, propone curvas que relacionan el PAE con el % de negro percibido.

S. Ormeño. Teledetección.

En la utilización de tramas fotográficas para obtener un valor determinado, a través del correspondiente PAE, A.J.Kimerling propone curvas para la correcta elección de dichas tramas.

En los casos citados anteriormente, deben transformarse los valores que se desean representar al rango de 0 a 100 y después obtener el correspondiente PAE según el gráfico o la fórmula.

En la representación de la base cartográfica de referencia puede existir dificultad para combinar tonos negros u oscuros de la simbología superficial con la información de base. Una alternativa es utilizar símbolos superficiales tramados, aunque deben usarse cuando sean compatibles con la finalidad del mapa.

D.- Cartografiado dasimétrico.

Los límites de simbología no coinciden ni con los de unidades administrativas ni con isolíneas.

Pueden considerarse hasta tres tipos de variables, la principal, las variables limitantes y las variables relacionadas. Las limitantes establecen un límite superior a la cantidad de fenómeno que puede ser cartografiado en un área determinada. Las variables relacionadas permiten hacer una cierta predicción en función del valor de una variable conocida en otra, por ejemplo, cultivos con pendiente, o erosión con cobertura vegetal, etc.

4.9.- EJEMPLOS DE CARACTERIZACION Y REPRESENTACION DEL MEDIO GEOGRAFICO.

A.- El medio físico.

Temperaturas (líneas isométricas); medias mensuales; máximas y mínimas medias; máximas y mínimas absolutas. Precipitaciones (líneas isométricas); totales mensuales; máxima precipitación en un día; días de lluvia, granizo y nieve (símbolo puntual); fechas de primera y última helada (símbolo puntual). Insolación y nubosidad; días despejados, nublados y cubiertos (símbolos puntuales numéricos); insolación en % (líneas isométricas). Aridez; diagrama ombrotérmico. Clasificaciones (cualitativo de áreas o puntos).

Mapa topográfico (cualitativo). Altimetría (tintas hipsométricas, corisométrico). Pendientes (dasimétrico).

Red hidrográfica (cualitativo de línea).

Litología (símbolo superficial cualitativo). Geocronología (símbolo superficial cualitativo).

Estructuras geológicas (símbolos cualitativos puntuales o lineales). Interpretación geomorfológico (símbolos cualitativos, superficiales o lineales).

Edafología (cualitativo superficial).

Vegetación y cultivos (cualitativo superficial).

B.- Población.

Absoluta en entidades puntuales o superficiales (símbolos proporcionales). Relativa, densidad (coropletas).

Pirámides de edad (gráfico). Estructura socioprofesional (gráficos de tarta proporcionales, gráficos de barras divididas)

Variaciones de la población (coropletas). Tasas de natalidad y mortalidad; crecimiento anual vegetativo; % de emigrantes e inmigrantes; saldo migratorio.

C.- Agricultura y pesca.

Tipos y sistemas de cultivos (cualitativo).

S. Ormeño. Teledetección.

Estructura de la propiedad (coropletas, gráficos de tarta, rectángulos divididos, barras divididas).

Producción y productividad por productos (gráficos de tarta y de barras).

Estructura de las explotaciones (gráficos de tarta).

Grado de mecanización agraria (coropletas, símbolos proporcionales).

Consumo de fertilizantes por Ha. (coropletas, símbolos proporcionales).

Ubicación de zonas pesqueras (cualitativo).

Volumen de pesca (gráficos de tarta proporcionales).

Técnicas de pesca (símbolos puntuales cualitativos, gráficos de tarta proporcionales).

D.- Fuentes de energía, recursos naturales e industria.

Localización de regiones industriales (símbolo superficial cualitativo).

Distribución del consumo en unidades por habitante (círculos proporcionales, coropletas).

Distribución de la producción según tipos de energía (símbolos puntuales cualitativos, gráficos de tarta proporcionales, gráficos de barras).

Distribución de producción y consumo de recursos minerales (símbolos adyacentes con círculos proporcionales o gráficos de tarta).

Distribución de la producción por bienes industriales (gráficos de barras).

Distribución y volumen de empresas industriales (gráficos de tartas proporcionales).

Ubicación de las principales empresas industriales (símbolos puntuales cualitativos).

Causas de distribución. Coste de los medios de producción (círculos proporcionales).

E.- Servicios y comercio.

Distribución de servicios según actividades (cualitativo, símbolos puntuales, gráficos de tarta proporcionales).

Educación. Número de alumnos por tipo de enseñanza (gráficos de barras y de tarta o coropletas si se expresa en %).

Servicios hospitalarios, distribución de camas por número de habitantes (coropletas, símbolos proporcionales).

Número de médicos por número de habitantes (coropletas).

Turismo. Número de turistas distribuidos por países (gráficos de tarta).

Ingresos anuales por turismo (gráficos de columnas).

Empresas de comunicación, distribución (símbolos proporcionales, símbolos puntuales cualitativos).

Consumo de papel de periódico por número de habitantes (coropletas).

Importaciones y exportaciones por productos (símbolos adyacentes, gráficos de barras).

Clasificación de países según la balanza de pagos (coropletas).

Bloques comerciales (cualitativo).

Configuración de redes y volumen de transporte (mapas de flujo, cualitativos o cuantitativos).

F.- El medio urbano.

Crecimiento (cualitativo superficial).

Morfología, transporte, funciones urbanas (cualitativo puntual, lineal o superficial).

Distribución y número de habitantes de las ciudades. Poblamiento (círculos proporcionales, mapas de puntos).

4.10.- REFERENCIAS.

Arnberger, E. 1987. Thematische Kartographie. Westermann.

S. Ormeño. Teledetección.

Chang K. 1980. Circle Size Judgment and Map Design, *American Cartographer* 7.

Cox, C.R. 1980. The effects of background on the equal value grey scale. *Cartographica* - 17.

Crawford, P.V. 1973. The Perception of Graduated Squares as Cartographic Symbols, *Cartographic Journal* 10.

Cuff, D.J. and Mattson, M. 1982. *Thematic Maps*. Methuen. N.Y.

Dent, B.D. 1996. *Cartography. Thematic Map Design*. WCM. USA.

Flannery, J.J. 1956. The graduated circle...., dissertation, Dep. of Geography, Univ. of Wisconsin.

Griffin, T.L.C. 1985. Groups and Individual Variations in Judgment and Their Relevance to the Scaling of Graduated Circles, *Cartographica* 22.

Hanks, K., Bellistan, L., Edwards, D. 1978. *Design Yourself*, W. Kaufmann, Los Altos, CA.

Jones, C.J. 1981. *Design Methods: Seeds of Human Futures*. John Wiley. N.Y.

Kimerling, A.J. 1979. Visual values as a function of percent area inked for the cross-screening technique. *The American cartographer* 6.

Martín López, J. 1996. *Cartografía temática*. EUIT Topográfica. Univ. Politécnica de Madrid.

McCall, J. and Marker, B. 1989. *Earth Science Mapping*. Graham-Trotman. London.

Monkhouse, F.J. and Wilkinson, H.R. 1966. *Mapas y diagramas*. Oikos-Tan. Barcelona.

Morrison, J. L. 1978. "Towards a Functional Definition of the Science of Cartography with Emphasis on Map Reading". *American Cartographer* 5 p. 106.

Morrison, A.H. y otros. 1987. *Elementos de cartografía*. Omega. Barcelona.

Southworth, M., Southworth, S., *Maps*. 1982. *A Visual Survey and Design Guide*, Little, Brown and Company, Boston.

Williamson, G.R. 1982. The equal contrast grey scale. *The American cartographer*-9.

Wright, J.K. 1944. Map Makers Are Human, *Geographical Review* 32.

TEMA 5.- MAPAS BASE.

5.1.- DEFINICIONES.

Mapa base, para un mapa temático, es aquél que está constituido de la información topográfica a la cual la componente temática va a referirse. La información del mapa base sirve para ayudar, al lector del mapa, a organizar la información temática respecto del entorno espacial o geográfico.

Un mapa base típico puede ser el propio mapa topográfico oficial del que se eliminan ciertos elementos y colores para facilitar la lectura, pero también puede constituirlo información muy generalizada procedente del mismo. El grado de generalización del mapa base, sea cual sea la fuente que se utilice, dependerá de diversos factores, entre los cuales, los más determinantes serán la escala, la finalidad y el tema del mapa final.

5.2.- COMPILACION Y GENERALIZACION.

En gran medida, el proceso de compilación del mapa base es un proceso de generalización cartográfica lo que implica operaciones de selección, simplificación y armonización. El proceso de generalización es complejo y es necesario tener en cuenta muchos factores para efectuarlo correctamente.

Veamos algunas orientaciones para llevar a cabo las tareas de generalización y compilación, (Lundquist, G. 1959) :

- a.- La finalidad del mapa debe de tenerse siempre presente.
- b.- El factor de reducción de los materiales fuente, a la nueva escala de la hoja de trabajo, debe de considerarse correctamente con el fin de mantener la uniformidad.
- c.- Utilice una evaluación objetiva, para ello, deben de usarse varias fuentes en el proceso de selección.
- d.- Sea consciente del "sesgo local". Evite el uso de fuentes sesgadas localmente para alterar la selección consistente y la aplicación del detalle.
- e.- El "sesgo personal" debe de evitarse. Debe de tenerse en cuenta todos los detalles del conjunto de la región, de manera que aquéllas zonas de las que se posea un especial conocimiento no aparezcan con una precisión y detalle injustificado.
- f.- Determine qué elementos realmente tipifican el carácter de una zona y mantenga solamente esos durante el proceso de selección.
- g.- Haga lo posible por mantener la uniformidad de tratamiento en el nuevo mapa. La uniformidad se refiere al nivel de generalización así como para la cantidad de detalle elegida para el mapa.

En la selección de la información que debe de formar parte del mapa base, deben de recogerse aquéllos elementos que ayuden al lector en el contexto de la finalidad del mapa. Así, por ejemplo, un mapa que muestra empleo urbano en fabricación de aviones, no necesitará ríos en el mapa base, tal vez sólo necesite límites administrativos y alguna ciudad significativa, además de las propias del mapa. Un mapa que incluya rutas ganaderas tradicionales, deberá, probablemente incluir los principales ríos. El diseñador debe de preguntarse si la información en cuestión puede o no orientar al lector en la interpretación del tema objeto del mapa.

Los elementos que usualmente resultan útiles en la interpretación son: líneas de costa, lagos, ríos y arroyos, características físicas, límites administrativos, ciudades y núcleos urbanos. La cuadrícula de referencia suele ser importante, a veces sólo se muestran marcas de referencia sobre el margen, se hace especialmente necesaria cuando las

propiedades del elemento cartografiado dependen de su situación sobre La Tierra, por ejemplo los mapas de pluviometría y temperaturas.

Muchos cartógrafos son remisos a realizar un alto grado de generalización, porque piensan que los mapas obtenidos son poco rigurosos, debe de considerarse que, frecuentemente, las ideas pueden comunicarse con soluciones muy simples.

Precisión en un mapa es el grado en que se ajusta a unos ensayos o pruebas estándar preestablecidas. Esta propiedad sólo puede aplicarse a las características del mapa base, en particular la posición de características o la cuadrícula. Puesto que los mapas temáticos no se pueden referir a un estándar, su precisión no puede evaluarse, al menos con el mismo sistema. Veremos que existen otros medios para estimar la fiabilidad de la información temática de un mapa. Cuando se utiliza un mapa base nuevo, debe de conocerse su precisión y fiabilidad, cuando se realiza una nueva compilación de un mapa base, debe de considerarse que éste no puede ser mas preciso que aquél en el que se basa. La clave fundamental para evaluar la precisión y fiabilidad de mapas fuente, debe ser la comparación entre documentos, la experiencia previa y el conocimiento que se tenga de los organismos productores de cartografía.

Una de las tareas de compilación que consumen mas tiempo es la representación de las proyecciones, sobre todo si no se dispone de la cuadrícula en la proyección deseada, en este caso, el ordenador proporciona una ayuda inestimable. La cuadrícula de la proyección debería incluir únicamente el número de meridianos y paralelos adecuado a la finalidad del mapa, procurando evitar una gran densidad.

5.3.- ELECCION DE LA PROYECCION.

Debido a los centenares de proyecciones cartográficas que se han publicado y al infinito número de las que son teóricamente posibles, se ha prestado gran atención al tema de la clasificación de las mismas con el fin de orientar al usuario y que no se pierda en la diversidad existente.

En el método más usual, existen dos criterios iniciales para realizar dicha clasificación, bien sea en base a las propiedades (conforme, equivalente o autálica y equidistante, recibiendo el nombre de afilácticas aquéllas proyecciones que no son ni conformes ni autálicas) o a la forma de construcción (cilíndrica, cónica, acimutal, pudiendo ser, así mismo directa, transversa, ecuatorial, polar, oblicua, etc.).

En 1962, Waldo R. Tobler propuso un método basado en el sistema de coordenadas, proponiendo cuatro categorías para coordenadas rectangulares y otras tantas para coordenadas polares. La categoría rectangular A incluye las proyecciones en las que tanto x como y varían con la longitud y la latitud. La rectangular B agrupa a aquéllas proyecciones en las que y varía con la longitud y la latitud en tanto que x sólo es función de la longitud. La rectangular C se refiere a las que x depende de longitud y latitud mientras que y depende de la latitud, se refiere a las pseudocilíndricas. La rectangular D se refiere al caso en que x depende de la longitud e y de la latitud, se refiere a las cilíndricas. Las categorías polares se corresponden con las mismas denominaciones y definiciones (considerando el ángulo como x y el radio como y), dentro de la categoría C se encuentran las pseudocónicas (p.ej. de Bonne) y en la D las cónica regular y acimutal regular.

La cuestión de seleccionar una proyección para mapas temáticos, no es problema en escalas grandes y medias (hasta 1:1.000.000), ya que los mapas topográficos disponibles ofrecen suficiente precisión, en general se trata de proyecciones conformes con las menores distorsiones posibles. El problema viene cuando se trata de escalas menores que la citada y, en general en mapas donde se representan superficies muy extensas.

Muchos factores afectan a la elección de la proyección, el cartógrafo puede hacer algunas reflexiones para facilitar la elección (Dent, B.D. 1990):

- a.- Propiedades de la proyección. ¿Se necesita equivalencia, conformidad o equidistancia?
- b.- Deformaciones. Las deformaciones que aparecen, ¿son aceptables para la zona cartografiada?. ¿se encuentra la escala lineal y sus variaciones en la proyección dentro de los límites especificados en los fines del diseño?. Las características de la escala lineal sobre la proyección, ¿benefician la forma del área cartografiada?
- c.- Centro de proyección. ¿Puede la proyección centrarse fácilmente a efectos de dibujo?. ¿puede cambiarse fácilmente el centro?
- d.- Familiaridad. La proyección y el aspecto de meridianos y paralelos, ¿es familiar para los usuarios?. La forma de la red de paralelos y meridianos, ¿puede distraer la atención de la finalidad principal del mapa?
- e.- Coste. La utilización de determinada proyección, ¿es rentable?. ¿Se encuentra disponible o hay que obtenerla?. ¿Se encuentra la información del mapa base representada sobre la red de la proyección?

La finalidad del mapa orienta la elección, ya que deben de seleccionarse proyecciones equivalentes en aquéllos mapas donde sea fundamental la distribución de superficies. Por contra, en mapas donde las direcciones sean importantes (navegación), deben de elegirse proyecciones conformes.

Según sea la posición, la forma y el tamaño de la zona cartografiada, también quedará orientada la selección de la proyección.

Si el área representada no es demasiado grande, lo mas común es utilizar proyecciones plano, cilindro o cono tangentes, bien con disposición normal o transversa. Para la representación de áreas polares, puede utilizarse una acimutal normal, una cónica normal o una transversa cilíndrica. Para áreas ecuatoriales es mejor el uso de una cilíndrica normal o una acimutal transversa. Para áreas de latitudes medias suelen utilizarse cónicas normales y acimutales oblicuas.

Cuando se quiere representar el conjunto del mundo o un área continental muy extensa, la elección queda muy limitada. No pueden utilizarse proyecciones acimutales. Las proyecciones cilíndricas y cónicas presentan grandes distorsiones en áreas alejadas de la línea de tangencia. Por las razones anteriores por las que se han desarrollado proyecciones convencionales, éstas distribuyen las distorsiones mas homogéneamente sobre el conjunto del mapa y bien las sitúan, preferentemente, sobre los océanos.

Teniendo en cuenta las anteriores observaciones, a continuación se exponen algunas recomendaciones sobre la proyección a utilizar en mapas temáticos a pequeña escala:

- a.- Conjunto del mundo en una hoja.
 - a.1.- Conformes (grandes distorsiones superficiales).
 - a.1.1.- Escala constante a lo largo del ecuador.
 - Mercator.
 - a.1.2.- Escala constante a lo largo de meridiano.
 - Transversa de Mercator.
 - a.1.3.- Escala const. a lo largo de un circ. max.
 - Oblicua de Mercator.
 - a.1.4.- Otras.
 - Lagrange, August, Eisenlohr.
 - a.2.- Equivalentes.

S. Ormeño. Teledetección.

- Hammer.
- Mollweide.
- Eckert IV o VI.
- Sinusoidal.
- Pseudocilíndricas.
- a.3.- Equidistantes.
 - a.3.1.- Centradas en los polos.
 - Acimutal equidistante polar.
 - a.3.2.- Centradas en una ciudad.
 - Acimutal equidistante oblicua.
- a.4.- Rumbos líneas rectas.
 - Mercator.
- a.5.- Compromiso de distorsiones.
 - Cilíndrica de Miller.
 - De Van der Grinten.
 - De Robinson.

- b.- Hemisferio.
 - b.1.- Conformes.
 - Estereográfica (cualquier aspecto).
 - b.2.- Equivalentes.
 - Lambert acimutal equivalente.
 - b.3.- Equidistantes.
 - Acimutal equidistante (cualquier aspecto).
 - b.4.- Vista global.
 - Ortográfica (cualquier aspecto).

- c.- Continente, océano o regiones menores.
 - c.1.- Longitud Este Oeste dominante.
 - c.1.1.- A lo largo del Ecuador.
 - Conforme: Mercator.
 - Equivalente: cilíndrica equivalente.
 - c.1.2.- Fuera del Ecuador.
 - Conforme: cónica conforme de Lambert.
 - Equivalente: cónica equivalente de Albers.
 - c.2.- Longitud Norte Sur dominante.
 - Conforme: transversa de Mercator.
 - Equivalente: cilíndrica equivalente transversa.

 - c.3.- Longitud dominante oblicua.
 - Conforme: oblicua de Mercator.
 - Equivalente: cilíndrica equivalente oblicua.
 - c.4.- Similar extensión en todas las direcciones.
 - c.4.1.- Centro en el polo.
 - Conforme: estereográfica polar.
 - Equivalente: acimutal equivalente de Lambert.
 - c.4.2.- Centro en el Ecuador.
 - Conforme: estereográfica ecuatorial.
 - Equivalente: acimutal equiv. de Lambert.
 - c.4.3.- Centro fuera del polo o el Ecuador.

S. Ormeño. Teledetección.

- Conforme: estereográfica oblícua.
- Equivalente: acimutal equiv. de Lambert.
- c.5.- Rumbos líneas rectas.
 - Mercator.
- c.6.- Círculos máximos líneas rectas.
 - Gnomónica (para menos de un hemisferio).
- c.7.- Escala correcta a lo largo de los meridianos.
 - c.7.1.- Centro en el polo.
 - Acimutal equidistante.
 - c.7.2.- Centro a lo largo del Ecuador.
 - Cilíndrica equidistante.
 - c.7.3.- Centro fuera del polo o del Ecuador.
 - Cónica equidistante.

Es frecuente encontrar en mapas temáticos y atlas, las siguientes proyecciones:

España. E 1/1000000. Cónica conforme de Lambert.
Europa. E 1/15000000. Cónica conforme de Lambert.
Mediterráneo. E 1/10000000. Cónica conforme de Lambert.
Oriente próximo. E 1/5000000. Cónica conforme de Lambert.
URS-EURASIA. Acimutal equivalente de Lambert.
Océano Indico. E 1/25000000. Acimutal equivalente de Lambert.
Oceanía. E 1/25000000. Acimutal equivalente de Lambert.
Pacífico-Polinesia. E 1/27000000. Mercator.
Africa. E 1/25000000. Estereográfica ecuatorial.
EEUU. 1/25000000. Bipolar de Miller (cónica oblícua, conforme).
Sudamérica. 1/25000000. Bipolar de Miller (cónica oblícua, conforme).
Antártida. Acimutal equidistante.
Mundo político. Van der Grinten.
Mundo población. Van der Grinten.
Mundo clima. Van der Grinten.
Mundo geología. Van der Grinten.
Mundo pesca – ciclones (direcciones). Mercator.
Mundo economía y rutas de transporte marítimo. Mercator.

5.4.- REFERENCIAS.

Dent, B.D. 1990. Cartography. Thematic Map Design, W.C.B. Publishers.

Lundquist, G. 1959. Generalization. A Preliminary Survey of an Important Subject, Canadian Survey.

Snyder, J.P. 1987. Map Projections a Working Manual. Professional paper 1395. U.S. Geological Survey.

TEMA 6.- BIOSFERA Y ECOLOGÍA. CONCEPTOS BASICOS.

6.1.- LA MORADA DE LOS SERES VIVOS.

La biosfera es la envoltura de la Tierra, en la cual se desarrolla la actividad de los seres vivos. Se extiende entre los, aproximadamente, 8 Km. de altitud del Himalaya donde suben algunas aves, hasta los, aproximadamente, 11 Km. de profundidad de las grandes fosas marinas en que viven algunos invertebrados. Ocupa mares, ríos, lagos y continentes y en ella encontramos multitud de especies que han colonizado los diferentes medios de la misma a lo largo de toda la historia evolutiva durante los últimos 3500 millones de años. La vida se desarrolló, primero, en el mar y hasta hace unos 400 millones de años no se logró con éxito la colonización en tierra seca. Desde entonces han surgido varios centenares de millones de especies animales, la mayoría de las cuales se extinguieron posteriormente. Hoy vive sólo el uno por ciento de todas las especies animales que han existido; sin duda, el destino último de la mayoría de las especies es la extinción (Leakey R.). Algunas sobreviven quizás unos millones de años, otras mucho más tiempo, pero lo probable es que la mayor parte de las especies que llegan a aparecer sean borradas finalmente de la faz de la Tierra. Los antepasados de nuestra especie se remontan a unos millones de años, pero, el hombre moderno sólo posee unos 100000 años. El ser humano es mucho más capaz de controlar el medio ambiente que cualquier otra especie.

En la Tierra viven especies tan sencillas como las bacterias o las algas cianofíceas, y otras tan complejas como las aves y los mamíferos. Todas las especies comparten un mundo, unas posibilidades y unos recursos limitados, se desarrollan y mueren en un continuo proceso de relación con el resto de las especies e individuos que las rodean, y están obligadas a adaptarse a las condiciones ambientales de su entorno.

Entre las especies que viven en proximidad o entre las que se produce cierto encuentro, son posibles muy diversos tipos de relaciones. Desde el extremo de la predación, en la que una especie (predador) se alimenta de otra (presa), hasta el caso en que ambas especies resultan beneficiadas por su encuentro (simbiosis) y continúan juntas su ciclo vital, son posibles un amplio abanico de posibilidades. En el caso de las relaciones de naturaleza trófica se producen relaciones como el comensalismo (una especie se beneficia y la otra no se ve afectada), el mutualismo (ambas especies se favorecen), el parasitismo (una de ellas se beneficia y la otra se perjudica), etc. Existen relaciones no tróficas, como la competencia entre especies vegetales, que pueden producir sustancias químicas antigerminantes o fitotóxicas. La mayoría de las veces, la competencia se establece por el alimento, pero esto no sucede siempre, también puede ser por el espacio. Las plantas también compiten por sus insectos polinizadores, con evolución de características atractivas en sus flores. El resultado de la competencia suele consistir en la sustitución de una especie por otra, pero, en la naturaleza, este proceso es relativamente lento.

También se producen interacciones de condicionamiento ambiental, como las producidas por las hayas de un bosque sobre el resto de especies a las que sitúan en un microclima húmedo, relativamente termoestable.

6.2.- ECOLOGÍA. CIENCIA DE SISTEMAS.

De forma sintética, un sistema es un conjunto de partes que interactúan entre sí con una finalidad específica. Imaginemos todas las especies que viven juntas en un determinado lugar y momento así como los diversos factores ambientales (temperatura, pluviometría,

edafología, geología, etc.) y con todas las interrelaciones entre especies y factores. Llamamos al conjunto ecosistema si, tal sistema, posee las siguientes propiedades:

a.- Es “abierto”, es decir, mantiene un intercambio de información o de materia con los ecosistemas vecinos.

b.- Es “autorregulable”, es decir, cuando sucede algún cambio en determinado elemento del sistema, aparece una onda de información que provoca un reajuste interno de cada uno de los componentes del sistema (homeostasis).

El conjunto de seres vivos se llama biocenosis y el conjunto de factores ambientales recibe el nombre de biotopo. Así pues, ecosistema es el conjunto formado por la biocenosis y el biotopo.

Cualquier unidad ambiental de la biosfera puede servirnos como ejemplo de ecosistema: un bosque, un lago, un río, una zona litoral marina, un tronco de un árbol, los primeros centímetros de suelo forestal e incluso la biosfera en su conjunto puede ser objeto de estudio como ecosistema.

Hay tres niveles de complejidad en los seres vivos que forman parte de los ecosistemas:

a.- Población. Es el conjunto de individuos de la misma especie que ocupan un lugar lo suficientemente conexo como para que la reproducción se realice generalmente entre ellos mismos.

b.- Comunidad. Es el conjunto de especies (cada una de ellas caracterizada por un tamaño de población) que viven en continua interacción en un tiempo y lugar determinado.

La ecología es la ciencia que estudia los sistemas ecológicos e integra muchos puntos de vista diferentes. Analiza los sistemas naturales para conocer el funcionamiento de los mismos, su distribución, susceptibilidad y predecir las consecuencias que sobre ellos tendrá la introducción, por parte del hombre, de cierta transformación (pastoreo, tala, caza, agricultura, obras, etc.). Necesita del concurso de especialistas en muy diferentes materias. Aunque ninguna profesión puede incautarse en exclusividad el dominio de una ciencia, es claro que en el caso de la ecología esto resulta imposible.

Los campos de aplicación del trabajo e investigación del ecólogo son enormes. Citaremos algunos de ellos.

- Determinación de las productividades de los ecosistemas naturales.
- Ordenación del territorio. Valoración del interés y susceptibilidad de las unidades naturales ante los posibles cambios introducidos por el hombre.
- Metodología del control de la erosión.
- Control de la contaminación.
- Conservación de los recursos naturales.
- Determinación de la “calidad de vida” adecuada para el perfecto desarrollo del ser humano.

6.3.- ESTRUCTURA Y DINAMICA DEL ECOSISTEMA.

La forma clásica de definir la estructura de un ecosistema consiste en clasificar los factores que interaccionan en abióticos y bióticos. Los primeros son la temperatura, salinidad, pluviometría, pH, profundidad del suelo, viento, corrientes, etc. Los factores bióticos los clasificamos en productores y consumidores. Son productores los seres fotosintéticos y quimiosintéticos que incorporan materia orgánica al sistema.

Los consumidores pueden ser de primer orden (herbívoros), de segundo y tercer orden (carnívoros) o desintegradores que convierten, de nuevo, la materia orgánica en mineral (bacterias y hongos del suelo).

Ahora bien, la estructura del ecosistema puede caracterizarse de otras muchas formas. Por ejemplo, en ecología vegetal, se suelen estudiar las estructuras fisonómicas de la comunidad, representando cada formación mediante espectros en los que se determinan los distintos estratos de vegetación (arbóreo, arbustivo, herbáceo, muscinal, ..), la diversidad de cada uno de ellos, las formas de atravesar la estación desfavorable, su biotipo característico, fenología, etc. Se puede proceder al estudio de la corología (distribución biogeográfica) de cada una de las especies presentes, analizando los factores ambientales que más influyen en su distribución. La fitosociología nos permite averiguar el grado de asociacionismo entre las especies de plantas, analizando su tendencia a presentarse juntas.

La ecología animal utiliza los “cenogramas”, en los que se representan, por ejemplo, las especies de vertebrados que forman la comunidad, en función de sus dimensiones y de su régimen alimenticio.

Otro procedimiento tradicional de representación estructural consiste en construir las llamadas pirámides ecológicas (de biomasa, de energía, del nº de individuos, de productividad, etc...). Para ello, se representan (mediante rectángulos con áreas función de la biomasa o del número de individuos totales que la componen) cada uno de los niveles tróficos existentes en la comunidad. La forma apuntada de estas pirámides viene condicionada por las diferentes pérdidas experimentadas al pasar de un nivel a otro.

Un índice de gran significación es la diversidad taxonómica de la biocenosis. Una fórmula muy utilizada se basa en conceptos de informática (fórmula de Shannon) y ha sido propuesta por R. Margalef para estimar el citado índice.

$$D = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad \text{siendo} \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i es el tamaño de la población de la especie i .

N es el número total de individuos de la comunidad.

Otro concepto importante es el de “nicho ecológico” que es la forma de explotar y utilizar el medio por parte de cada especie. Suele considerarse que el “habitat” de una especie equivale a su domicilio y el nicho ecológico a la función o trabajo que desarrolla en el medio.

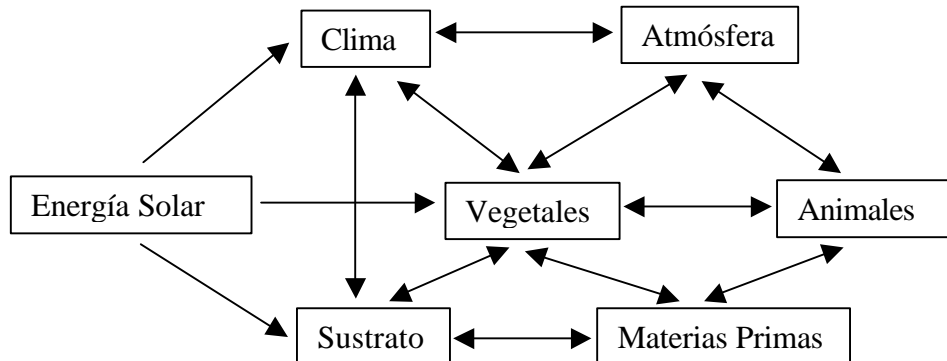
Los sistemas ecológicos no son estáticos ni permanecen invariables a lo largo del tiempo, son entidades continuamente cambiantes. La dinámica de los ecosistemas se traduce en un sinfín de procesos como fluctuaciones de población, migraciones, cadenas tróficas, flujos de energía, productividad, sucesión, etc.

Sucesión es el proceso de continua transformación que los ecosistemas experimentan como respuesta a un medio siempre cambiante. Ejemplo de sucesión es el conjunto de fases de colonización de una plataforma rocosa en la cual, al principio sólo existen líquenes y algunas algas cianofíceas, después musgos, luego se establece una incipiente pradera que continua la edafogénesis, mas tarde un pastizal sobre el que crecen ya algunos arbustos, finalmente puede llegar a aparecer un bosque.

A pesar de la variación continua de las biocenosis, puede hablarse de ciertas etapas mucho mas estables que reciben el nombre de climax (p. ej. el bosque del ejemplo anterior).

6.4.- COMPONENTES DE LA BIOSFERA. EL ECOSISTEMA GLOBAL.

El conjunto de la biosfera tiene una serie de reinos o sectores interconectados entre sí en mayor o menor medida, todos ellos dependen, de forma más o menos directa, de la energía solar. El siguiente gráfico es una simplificación del propuesto por F.J. Enebral en 1981.



La radiación solar incide en dos áreas de nuestro planeta, el sustrato y su envoltura. Al sustrato le afecta mediante las contracciones y dilataciones que provoca y que llevan a la disgregación y meteorización del mismo.

El clima está constituido por el conjunto de energía residente en la envoltura del planeta, incluye los fenómenos meteorológicos y las corrientes marinas así como las relaciones entre ambas formadas por el ciclo hidrológico con procesos como los de evaporación y precipitación. El clima afecta al sustrato, entre otras formas erosionando el relieve. El sustrato, así mismo, a través del relieve también influye sobre el clima.

Evidentemente, el clima, también está conectado con la atmósfera, condicionando muchas de sus variables y propiedades.

El sustrato meteorizado libera materias primas como arcillas y nutrientes para vegetales, microorganismos y animales del suelo.

El reino vegetal es el único capaz de absorber, directamente, la energía radiante procedente del sol, captando directamente componentes del clima, atmósfera y suelo e influyendo, de una u otra forma, en todos ellos.

Por último, el reino animal, absorbe energía fundamentalmente desde el reino vegetal y sólo muy débilmente la intercambia con la atmósfera y las materias primas. No obstante ejerce una fuerte incidencia en el aire y la geología, como consecuencia de su actividad (minería y contaminación).

Hemos de tener en cuenta que la humanidad, incluida en el reino animal, posee una enorme capacidad para alterar las relaciones con el resto de componentes, provocando desequilibrios que afectarían a todo el sistema. Dado que los ecosistemas poseen mecanismos para corregir desviaciones indeseables del equilibrio (mecanismos homeostáticos), los efectos de tales mecanismos podrían ser catastróficos para la humanidad, como podría suceder con el cambio climático, consecuencia del efecto invernadero.

Es muy importante estudiar en detalle todos los componentes del engranaje ecológico de la biosfera para conservarlos con la plenitud de sus propiedades y evitar el riesgo que una homeostasis global podría significar para la especie humana. Dado que el medio ambiente natural fluctúa con el tiempo, no siempre es fácil distinguir los efectos producidos por el hombre. Por ejemplo, es posible que una gran estructura viaria pueda alterar las condiciones de medio de forma significativa, pero, para valorar objetivamente tales efectos, habría que conocer la situación que existiría si no se construyese tal obra.

Entre los métodos de evaluación de los efectos que puedan producir las modificaciones hechas por el hombre, se encuentran los modelos de simulación y las matrices de impacto.

6.5.- MODELOS AMBIENTALES.

Los métodos para la elaboración de modelos de simulación de sistemas físicos, biológicos y socioeconómicos varían desde documentos cartográficos y ecuaciones simples, hasta la utilización de sistemas informáticos con programas muy complejos que consideran gran cantidad de variables y procesos. La aplicación potencial de tales modelos de simulación varía, así mismo, desde la predicción del comportamiento celular bajo ciertas influencias, hasta previsiones dinámicas a escala global.

En el caso de las matrices de impacto, una de las más conocidas es la matriz de Leopold (1971), en la cual se consideran en cabecera de columnas las diferentes acciones proyectadas y en cabecera de filas las diferentes características y condiciones ambientales. En cada una de las celdas de la matriz se sitúa un valor numérico, entre 1 y 10, estimativos, a juicio del especialista, de la magnitud que se adjudique al impacto correspondiente.

En general, los modelos ambientales simulan el funcionamiento de procesos ambientales. Puede haber dos motivaciones diferentes cuando se formula un modelo:

a.- Explicación de las, mas o menos, complejas relaciones en los sistemas ambientales o mejorar el conocimiento de los mismos.

b.- Predicción de condiciones ambientales futuras extrapolando el modelo a través del tiempo.

Un mismo modelo no debe utilizarse conjuntamente para ambos fines.

Los modelos pueden ser de naturaleza muy diversa, A.K. Skidmore establece una taxonomía basada, por una parte, en el tipo de lógica utilizada (deductiva o inductiva) y por otra, en el método de procesamiento (determinístico o estocástico).

En los modelos deductivos se obtiene una conclusión específica (que puede constituir una nueva premisa) a partir de un conjunto de verdades generales o premisas. Este tipo de razonamiento procede de lo general a lo particular. La conclusión sigue a las premisas, si se aceptan las premisas, sería contradictorio rechazar la conclusión.

Un ejemplo de modelo deductivo es el clasificador bayesiano en imágenes multispectrales en la fase de asignación del píxel, es decir conocemos características de cada una de las clases, entonces, teniendo en cuenta la fórmula de Bayés, un píxel determinado pertenece a una clase específica. Otro ejemplo de lógica deductiva es el estado de la cubierta vegetal para una cierta intensidad de pastoreo y de pluviometría. Conocidos estos factores (premisas) se deduce un cierto estado de la vegetación.

En los modelos de tipo inductivo, se procede de lo particular a lo general. Es decir se comienza con una serie de hechos particulares que sirven como evidencia para una conclusión. Frecuentemente, la observación de hechos concretos (lugares en que crecen ciertas especies forestales), conduce al establecimiento de reglas generales (en qué condiciones de medio se encuentran las especies). La fase de entrenamiento del clasificador bayesiano es un ejemplo de este tipo de lógica, conocido un conjunto de píxeles de una clase de ocupación determinada, entonces, las características espectrales, de la clase en cuestión, quedan establecidas.

Ambos tipos de modelos, deductivos e inductivos, se utilizan en modelización ambiental, aunque son más frecuentes los segundos.

Los modelos deterministas tienen una salida fija para una entrada específica. La mayor parte de los modelos deterministas se obtienen empíricamente a partir de medidas de

campo, reglas de pensamiento o conocimiento pueden encapsularse en un sistema experto y producirán una salida dada para una entrada determinada.

Los modelos deterministas pueden ser de tres tipos, empíricos, dirigidos por el conocimiento o dirigidos por procesos.

Los modelos empíricos se formulan a partir de datos obtenidos en campo. Un modelo puede ser inductivo-empírico, aunque no todos los modelos inductivos son empíricos. Un ejemplo de modelo empírico es la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE), basado en una ecuación de regresión desarrollada empíricamente utilizando la representación gráfica de datos correspondientes al suelo, la pluviometría, el relieve, etc.

Los modelos dirigidos por el conocimiento utilizan reglas para encapsular relaciones entre variables dependientes e independientes. Las reglas pueden obtenerse a partir de la opinión de expertos o, alternativamente, a partir de datos utilizando inducción estadística. Las reglas pueden clasificar directamente objetos espaciales bien por deducción o bien, las reglas pueden formar parte de un sistema experto que realiza dicha tarea de clasificación. Un sistema experto es un ejemplo de este tipo de modelos.

Los modelos dirigidos por procesos se conocen, también como modelos conceptuales, modelos físicos, modelos de caja blanca, etc. Utilizan las matemáticas (frecuentemente con apoyo de ejemplos gráficos) para describir los factores que controlan un proceso. Este tipo de modelos describe procesos sobre la base de la comprensión y de conceptos establecidos (preposiciones), aunque los valores de los parámetros pueden estimarse a partir de los datos. Estos modelos son, en su mayoría, de tipo deductivo. Un ejemplo de modelo de este tipo es la estimación de la escorrentía superficial $Q = (P-I)*A$, siendo P la pluviometría, I la infiltración y A la superficie de la cuenca de recepción.

Los modelos estocásticos se caracterizan por una salida variable. Un ejemplo típico de estos modelos son las redes neuronales artificiales (ANN), particularmente la estructura de cálculo conocida como Back-Propagation que se encuentra implementada en SOV para la clasificación automática de imágenes.

6.6.- SATELITES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA Y CONTROL AMBIENTAL.

Con el lanzamiento de los satélites de la serie NOAA en 1981 se hizo posible el seguimiento de los cambios en la vegetación a una escala global en todo el planeta. Ello es posible por la capacidad del sensor AVHRR, que tales satélites llevan, con registro de radiación en el verde e infrarrojo próximo además de la térmica. Por otra parte, NOAA tiene dos pasadas diarias, una nocturna y otra diurna, lo que posibilita una supervisión diaria. Las imágenes de NOAA tienen una resolución espacial de 1.1 Km y combinando las bandas 1 (rojo) y la 2 (IR próximo) se obtiene el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Se ha demostrado (Tucker. 1989) que la suma estacional de NDVI está relacionada con la producción de biomasa (o producción de cosechas).

Otro ejemplo de la aplicación de los datos de NOAA para en control ambiental, es el seguimiento de los cambios interanuales de clima y vegetación debidos al fenómeno de El Niño. Tal fenómeno consiste en un calentamiento de la región ecuatorial este del océano Pacífico y se ha asociado con alteraciones de la pluviometría en grandes áreas, sobre todo en los trópicos. Dichas alteraciones producen cambios en la vegetación que pueden detectarse mediante satélite como han demostrado varios autores, ente ellos Myneni et al. en 1997. Otros autores han estudiado los efectos de la vegetación sobre el

balance global del carbono, del vapor de agua y de la energía, proponiendo modelos climáticos y biogeoquímicos, como Sellers et al. en 1996

Además de los citados canales del óptico, los canales térmicos de AVHRR permiten la obtención de temperaturas de la superficie terrestre y, entre otras aplicaciones, la capacidad para la detección de incendios.

Desde principios de los años setenta, los satélites de la serie Landsat ofrecen posibilidades del seguimiento de las cubiertas terrestres en zonas localizadas y en un instante dado, ya que las imágenes tienen una resolución espacial de 30 m y una frecuencia de paso de 16 días.

Un ejemplo de la utilización de los datos ofrecidos por Landsat es el programa LACIE (Large Area Crop Inventory Program) utilizado por los Estados Unidos para estimar la producción de trigo en la antigua Unión Soviética y, ajustar mejor los precios de tal producto en el mercado internacional. Otro ejemplo del uso de datos Landsat es el control de la deforestación en selvas tropicales, lo cual influye en el ciclo del carbono e influye decisivamente en la diversidad biológica. Pero los ejemplos de aplicaciones ambientales pueden ser múltiples y variados dadas las posibilidades de un sensor como Thematic Mapper (TM), con 6 bandas en el intervalo óptico que permiten la estimación de firmas espectrales en dicho número de puntos. Además posee una banda en el IR térmico y otra más en el intervalo visible (ETM) con 15 m de resolución.

Otros satélites como Terra, Spot, Ikonos, Quick Bird, etc. ofrecen diferentes posibilidades en lo que respecta a resolución espacial y espectral (número de bandas) que permiten cierto seguimiento de procesos ambientales. Una mayoría ofrecen, al menos, una banda en el rojo y otra en el IR próximo para la obtención de índices de vegetación.

6.7.- REFERENCIAS.

Enebral, F.X. 1981. El hombre y la biosfera. El Campo. 81.

Leakey R. 1993. La formación de la humanidad. RBA editores. Barcelona.

Leopold, L.B., Clarke, F.E., Hanshaw, B.B. and Balsey, J.R. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. Geological Survey Circular 645. U.S.Dept. Interior. Washington, DC.

Margalef, R. 1977. Ecología. Ed. Omega. Barcelona.

Myneni et al. 1997. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991, Nature, 386, 698-702.

Sellers et al. 1996. The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from satellite data. Climate, 9, 706-737.

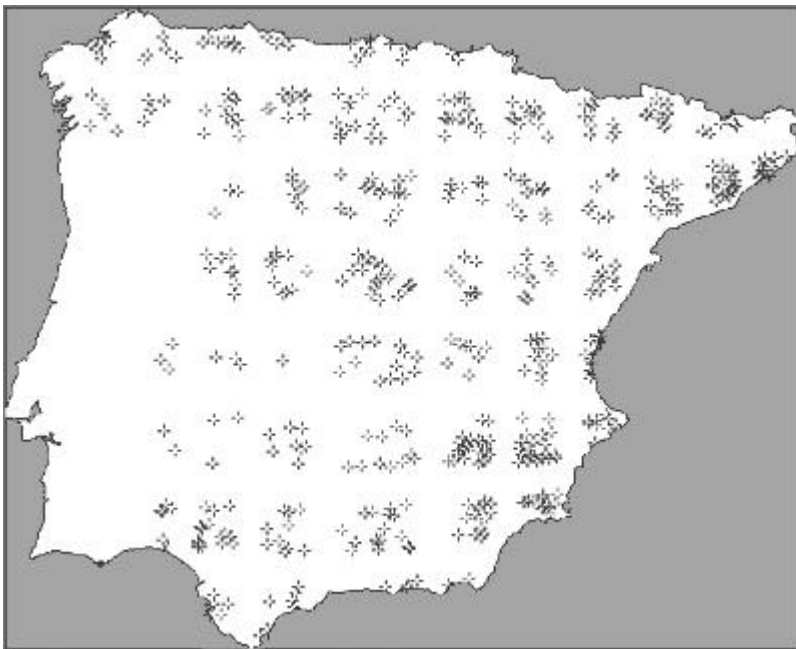
Skidmore A.K. 2002. Environmental Modelling with GIS and Remote Sensing. Taylor and Francis. London.

Tucker. 1989. Red and photographic infrared linear combinations monitoring vegetation. Remote Sens. Environ., 8, 127-150.

TEMA 7.- MODELOS Y CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS.

7.1.- ESTACIONES CLIMATOLOGICAS.

En el caso de España, los datos son registrados por las estaciones del Instituto Nacional de Meteorología (INM). Tales estaciones pueden ser de tres tipos, completas o de primer orden, termoplumiométricas o de segundo orden y pluviométricas o de tercer orden, todas ellas constituyen la Red Climatológica. Las del primer tipo son unas 110, se encuentran en las capitales de provincia y otras poblaciones, son las mejor dotadas de instrumental y recogen una gran diversidad de observaciones y registros. Las de segundo orden poseen termómetro, higrómetro y pluviómetro. Las de tercer orden solamente disponen de pluviómetro.



Estaciones termoplumiométricas del INM en la península.

El INM tiene un descriptor alfanumérico para las diferentes estaciones, en la utilización automática de los datos, por comodidad, se suele asignar un identificador entero para cada una de ellas.

1350	ZUFRE
1351	ALCÁZAR DE SAN JUAN
1352	ALMADÉN "MINAS"
1353	ARGAMASILLA DE ALBA
1354	CAMPO DE CRIPTANA
1355	CIUDAD REAL "INSTITUTO"
1356	DAIMIEL "I.L."
1357	EL MOLINILLO
1358	E. DE MUDELA "CASTILLO"
1359	FONTANOSA
1360	FUENCALIENTE

7.2.- VARIABLES.

S. Ormeño. Teledetección.

En las diferentes estaciones se recogen, para cada mes, un conjunto de variables. Entre las más características de las estaciones completas, se encuentran:

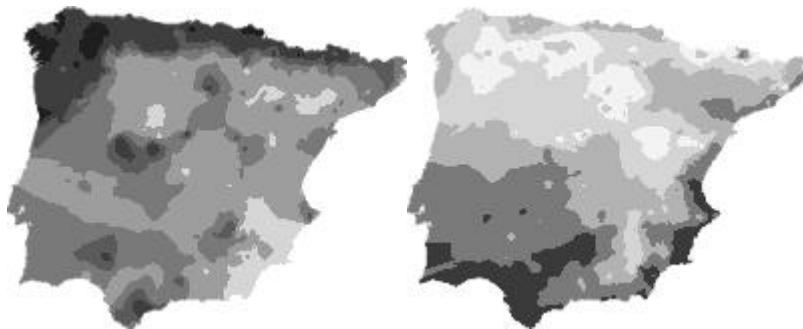
Temperatura máxima absoluta en °C.
Temperatura media de máximas en °C.
Temperatura media de mínimas en °C.
Temperatura media mensual en °C.

Humedad relativa mensual en %.

Precipitación total en mm.
Precipitación máxima en un día en mm.
Nº total de días de precipitación.
Nº de días de lluvia, granizo, nieve, tormenta, niebla, rocío y escarcha.
Tensión media de vapor de agua en mm.
Punto de rocío medio mensual en °C.
Evaporación total del mes en mm.

Nubosidad en octavas partes del cielo.
Número de días despejados, nubosos y cubiertos.
Insolación total mensual (horas de sol).

Frecuencia (días) para dirección y velocidad (Km/h) de vientos.



Pluviometrias totales anuales y temperaturas medias anuales.

7.3.- CONCEPTO DE EVAPOTRANSPIRACION .

El término evapotranspiración se refiere al conjunto de pérdidas de agua, transferida a la atmósfera, por la acción conjunta de la evaporación y la transpiración de las plantas. Este término es de gran interés práctico y se utiliza frecuentemente en agricultura y estudios forestales. En la planificación de cultivos, se comparan las precipitaciones con las pérdidas por evapotranspiración y por percolación (drenaje) a lo largo de todo el ciclo de cultivo, la diferencia entre una y otras hay que aportarla por riego.

Con el fin de simplificar los cálculos, se utiliza el concepto de evapotranspiración potencial (ETP) que se define como el agua devuelta a la atmósfera, en estado de vapor, por un suelo que tenga la superficie completamente cubierta de vegetación y en el supuesto de no existir limitación en el suministro de agua (por lluvia o riego) para obtener un desarrollo vegetal óptimo.

Un método sencillo para obtener el valor de la ETP es el de Thornthwaite, el cual se basa, exclusivamente en la temperatura media mensual.

S. Ormeño. Teledetección.

$$ETP = 1.6 \left(\frac{10t}{I} \right)^a$$

Siendo:

ETP: evapotranspiración potencial mensual en mm.

t: temperatura media mensual en ° C.

I: índice de calor anual.

$$a = 0.492 + 0.0179I - 0.0000771I^2 + 0.000000675I^3$$

El índice de calor anual I se calcula a partir de las temperaturas medias de los 12 meses:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1.5}$$

Los valores de ETP, calculados por las fórmulas anteriores, se refieren a un mes estándar de 360 h. de luz. Para otros valores de duración de la insolación (función de la latitud del lugar), se utilizan tablas de coeficientes, por los cuales multiplicar la ETP calculada para obtener la ETP corregida.

7.4.- INDICES Y DIAGRAMAS CLIMÁTICOS.

Se refieren a relaciones numéricas entre variables climáticas con el fin de caracterizar globalmente el clima y evaluar la influencia sobre determinados fenómenos como puede ser el desarrollo vegetal o la capacidad erosiva del mismo.

Índice de pluviosidad de Lang:

$$IL = P/t$$

P: precipitación media anual en mm.

T: temperatura media anual en °C.

Las zonas climáticas respecto a IL son:

0 < IL < 20: Desiertos.

20 < IL < 40: Zona árida.

40 < IL < 60: Zona húmeda de estepa y sabana.

60 < IL < 100: Zona húmeda de bosques ralos.

100 < IL < 160: Zona húmeda de bosques densos.

IL ≥ 160: Zona hiperhúmeda de prados y tundras.

Índice de aridez de De Martonne:

$$IM = P/(T+10)$$

P: precipitación media anual en mm.

T: temperatura media anual en °C.

Las zonas climáticas respecto a IM son:

0 < IM < 5: Desierto.

5 < IM < 10: Semidesierto.

10 < IM < 20: Estepas y países secos mediterráneos.

20 < IM < 30: Región del olivo y de los cereales.

30 < IM < 40: Regiones subhúmedas, prados y bosques.

IM ≥ 40: Zonas húmedas a muy húmedas con exceso de agua.

Indice termopluviométrico de Dantin Cereceda y Revenga:

$$ICR=100T/P$$

P: precipitación media anual en mm.

T: temperatura media anual en °C.

Las zonas climáticas respecto a IM son:

$ICR \geq 4$: Zonas áridas.

$2 < ICR < 4$: Zonas semiáridas.

$ICR \leq 2$: Zonas húmedas y subhúmedas.

Indice de Fournier o de agresividad del clima:

$$IF = p^2/P$$

p: precipitación del mes mas lluvioso del año en mm.

P: precipitación del año correspondiente al dato anterior en mm.

Indice modificado de Fournier FAO (1977):

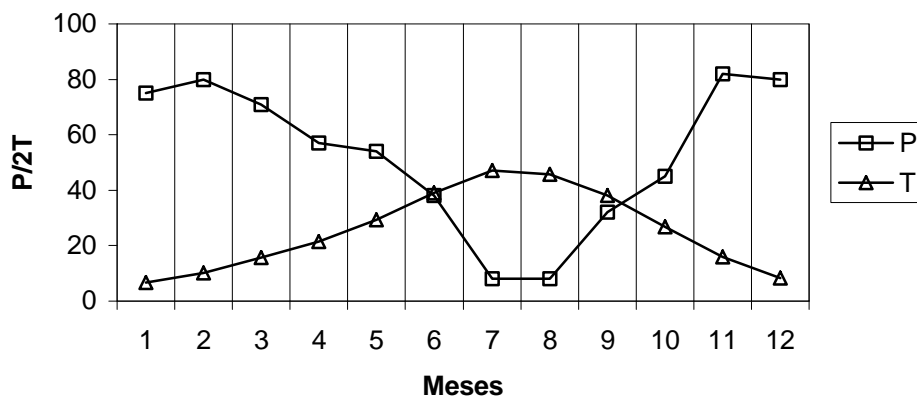
$$IMF = \frac{\sum_{1}^{12} p^2}{P}$$

p: pluviometría mensual en mm.

P: precipitación total anual en mm.

El diagrama ombrotérmico o de Walter-Gausson es un gráfico cartesiano, en el cual el diagrama de las X se corresponde con los 12 meses del año, en el eje de las Y se representan superpuestas 2 curvas, la de P (precipitación mensual en mm.) y la de $2 \cdot T$ (el doble de la temperatura media mensual en °C.). El periodo en el cual $P < 2T$ recibe el nombre de periodo de aridez. En la figura inferior, son meses secos junio, julio, agosto y septiembre (si un mes tiene un día seco, todo el se considera seco), son meses húmedos el resto. El periodo de aridez es, aproximadamente, desde el 1 de junio al 20 de septiembre. El número de días de tal periodo se denomina índice xerotérmico o índice de Gausson.

Diagrama ombrotermico de El Molinillo



7.5.- CLASIFICACION DE THORNTHWAITE.

La precipitación que cae sobre un suelo, se almacena en el propio suelo hasta una cantidad que para Thornthwaite es constante para todo tipo de suelos y con un valor

máximo de 100 mm. Tal cantidad almacenada en el suelo se llama reserva, R. Cuando en un suelo se supera el valor de la reserva máxima, se produce un exceso (E) que percola (drena) en profundidad. Cada mes, así mismo, se producen unas necesidades de agua consecuencia de la ETP, si estas necesidades no pueden ser cubiertas por la reserva disponible más las aportaciones (P), entonces se produce una falta (F) de agua. Para cada mes se produce un balance hídrico considerando la reserva, la ETP y las precipitaciones. Thornthwaite va a utilizar los parámetros de exceso y de falta de agua para caracterizar climatológicamente la zona a que se refieren, utilizando un sistema de siglas y subíndices para representar tal caracterización.

Sean P_i la precipitación mensual en mm. y ETP_i la precipitación mensual, ambas referidas a un mes i .

Reserva (mm):

$$R_i = R_{i-1} + P_i - ETP_i$$

$$\text{Si } R_i > 100 \rightarrow R_i = 100$$

$$\text{Si } R_i < 0 \rightarrow R_i = 0$$

Variación de la reserva (mm):

$$VR_i = R_i - R_{i-1}$$

Evapotranspiración actual (mm):

$$\text{Si } P_i > ETP_i \rightarrow ETA_i = ETP_i$$

$$\text{Si } P_i \leq ETP_i$$

$$\text{Si } R_{i-1} + P_i > ETP_i \rightarrow ETA_i = ETP_i$$

$$\text{Si } R_{i-1} + P_i \leq ETP_i \rightarrow ETA_i = R_{i-1} + P_i$$

Falta de agua (mm.)

$$F_i = ETP_{i-1} - ETA_i$$

Exceso de agua (mm.)

$$E_i = P_i - (VR_{i-1} + ETA_i)$$

$$ETP = \sum ETP_i$$

Indice de exceso:

$$I_e = 100 \sum E_i / ETP$$

Indice de aridez:

$$I_e = 100 \sum F_i / ETP$$

Indice de humedad:

$$I_h = I_e - 0.6 * I_a$$

La primera de las siglas de la clasificación depende del valor del índice de humedad.

$$I_h \geq 100 \rightarrow \text{Perhúmedo: sigla A}$$

$$100 > I_h \geq 80 \rightarrow \text{Húmedo: sigla B}_4$$

$$80 > I_h \geq 60 \rightarrow \text{Húmedo: sigla B}_3$$

$$60 > I_h \geq 40 \rightarrow \text{Húmedo: sigla B}_2$$

$$40 > I_h \geq 20 \rightarrow \text{Húmedo: sigla B}_1$$

$$20 > I_h \geq 0 \rightarrow \text{Subhúmedo: sigla C}_2$$

$$0 > I_h \geq -20 \rightarrow \text{Seco-subhúmedo: sigla C}_1$$

S. Ormeño. Teledetección.

$-20 > I_h \geq -40 \rightarrow$ Semiárido: sigla D
 $-40 > I_h \rightarrow$ Árido: sigla E

En el caso de climas húmedos, es decir A,B y C₂ se estudia I_a.

$I_a \leq 16.7 \rightarrow$ Pequeña o ninguna falta de agua en verano: sigla r
 $33.3 \geq I_a > 16.7 \rightarrow$ Falta moderada de agua en verano: sigla s
 $I_a > 33.3 \rightarrow$ Gran falta de agua en verano: sigla s₂

En el caso de climas secos, es decir C₂ y D,E, se estudia I_e.

$10 \geq I_e \rightarrow$ Pequeño o ningún exceso de agua en invierno: sigla d
 $20 \geq I_e > 10 \rightarrow$ Exceso moderado de agua en invierno: sigla s
 $I_e > 20 \rightarrow$ Gran exceso de agua en invierno: sigla s₂

Eficacia térmica, se mide en valores de la ETP en cm.

$ETP \geq 114 \rightarrow$ Megatérmico A'
 $114 > ETP \geq 99.7 \rightarrow$ Mesotérmico B'₄
 $99.7 > ETP \geq 85.5 \rightarrow$ Mesotérmico B'₃
 $85.5 > ETP \geq 71.2 \rightarrow$ Mesotérmico B'₂
 $71.2 > ETP \geq 57 \rightarrow$ Mesotérmico B'₁
 $57 > ETP \geq 42.7 \rightarrow$ Microtérmico C'₂
 $42.7 > ETP \geq 28.5 \rightarrow$ Microtérmico C'₁
 $28.5 > ETP \geq 14.2 \rightarrow$ Tundra D'
 $14.2 > ETP \rightarrow$ Glacial E'

Necesidades de agua en verano:

$N_v = (ETP_{junio} + ETP_{julio} + ETP_{agosto}) * 100 / ETP_{total}$

$48 > N_v \rightarrow$ sigla a'
 $51.9 > N_v \geq 48 \rightarrow$ sigla b'₄
 $56.3 > N_v \geq 51.9 \rightarrow$ sigla b'₃
 $61.6 > N_v \geq 56.3 \rightarrow$ sigla b'₂
 $68 > N_v \geq 61.6 \rightarrow$ sigla b'
 $76.3 > N_v \geq 68 \rightarrow$ sigla c'₂
 $88 > N_v \geq 76.3 \rightarrow$ sigla c'₁
 $N_v > 88 \rightarrow$ sigla d'

Ejemplos:

Pontevedra \rightarrow A B'₂ r a'
Sevilla \rightarrow D B'₃ s b'₄
Almería \rightarrow D B'₃ d a'

7.6.- CRITERIO UNESCO FAO.

T₁ : Temperatura media del mes más frío

T₁ > 0 : Grupo I

T₁ ≥ 15 \rightarrow Cálido

S. Ormeño. Teledetección.

$15 \geq T_1 > 10 \rightarrow$ Templado cálido
 $10 \geq T_1 > 0 \rightarrow$ Templado medio

$T_1 \leq 0$: Grupo II

$0 \geq T_1 > -5 \rightarrow$ Templado frío.
 $-5 \geq T_1 \rightarrow$ Frío.

T_2 : Temperatura media de las mínimas del mes más frío

$T_2 > 11 \rightarrow$ Sin invierno
 $11 \geq T_2 > 7 \rightarrow$ Invierno cálido
 $7 \geq T_2 > 3 \rightarrow$ Invierno suave
 $3 \geq T_2 > -1 \rightarrow$ Invierno moderado
 $-1 \geq T_2 > -5 \rightarrow$ Invierno frío
 $-5 \geq T_2 \rightarrow$ Invierno frío

7.7.- ESTRUCTURAS DE DATOS Y FICHEROS.

Para modelar los procesos climáticos es necesario disponer de un fichero DBV con el identificador y las coordenadas de las estaciones climatológicas. Puede importarse a partir de un fichero de texto tal como el siguiente:

```
1350 388733.9503 325551.719 0.000
1351 625013.5187 514649.6 0.000
1352 504955.1891 430904.219 0.000
1353 631118.4179 498037.147 0.000
1354 629321.945 515773.8 0.000
1355 586905.1875 421461.1 0.000
1356 603459.6019 493539.151 0.000
1357 573280.7016 520200.202 0.000
1358 605239.4203 419233.561 0.000
1359 554650.1783 429346.253 0.000
1360 567630.4789 404879.774 0.000
```

A partir del fichero de texto Id X Y Z , puede formarse el DBV mediante (Archivo – Importar – IdXYZToVec). Obteniéndose un DBV con las coordenadas de las estaciones tal como el siguiente:

RNDEF

```
158325.688 1154571.375
176317.375 999732.313
1.000 1.000
1350 1
378435.094 345295.188 0.000
1351 1
627052.688 540741.375 0.000
1352 1
498853.625 456234.906 0.000
1353 1
633882.625 523851.750 0.000
1354 1
631724.625 541820.750 0.000
```

S. Ormeño. Teledetección.

```
1355 1
 586414.063  446504.594  0.000
1356 1
 603895.813  519606.313  0.000
1357 1
 570954.625  547129.188  0.000
1358 1
 606273.250  444250.406  0.000
1359 1
 551678.500  454569.969  0.000
1360 1
 565597.250  429629.250  0.000
0 0
```

Por otra parte deben de tenerse tablas SMP con las diferentes variables de cada estación, por ejemplo puede tenerse una tabla con los datos de los 12 meses de pluviometría más otra columna para el total anual, tal como la siguiente:

MODA SNDEF

```
5 5.00
5 13 1
1350 141 120 141 83 69 30 2 5 36 99 121 135 982 1
1351 37 41 43 45 40 25 6 9 24 36 41 42 389 1
1352 78 74 80 62 49 32 8 7 36 56 67 80 629 1
1353 43 44 49 51 44 23 7 12 26 43 42 52 436 1
1355 47 48 50 50 41 26 4 9 29 40 45 53 442 1
```

De la misma forma se puede tener otra tabla con las temperaturas, con las ETPs, etc.

7.8.- PROCEDIMIENTOS A APLICAR CON SOV.

Para realizar algún modelo climático, normalmente, lo primero que hay que hacer es disponer en una tabla de atributos las diferentes variables con las que hay que operar, en este caso, la primera columna de dicha tabla, contendrá los identificadores enteros de las diferentes estaciones. La tabla SMP con las variables de interés se carga en una hoja de cálculo, como Excel, en la cual se realizan las operaciones necesarias con las diferentes variables o columnas hasta que en una de las columnas tengamos la variable resultado o bien, en configuremos una nueva tabla con nuevas variables derivadas de las iniciales. Hemos de recordar que las nuevas variables deben situarse en las columnas intermedias, ya que la primera son los identificadores y la última se reserva con valores enteros que indican la clase de pertenencia del dato.

Una vez realizadas las operaciones con la hoja de cálculo, se vuelve al formato de texto SMP sin mas que añadir las primeras tres filas de texto. La primera línea de este fichero es irrelevante a estos propósitos y contiene los identificadores MODA SMP, la segunda línea también es irrelevante en estos métodos y contiene un valor entero y otro decimal, el primero se refiere a tamaño de áreas de entrenamiento en píxeles y el segundo a tasa de muestreo en %. En la tercera línea, el primer valor indica número de datos, en este caso número de estaciones, el segundo valor es un entero que indica el número de variables intermedias y el último valor entero se refiere al número de posibles clases de pertenencia indicadas por la última columna.

Llegados a este punto disponemos de un fichero SMP con una o varias de las variables con las que queremos realizar un modelo raster. También disponemos de un fichero DBV con las coordenadas de las estaciones.

El siguiente paso es situar la variable de interés como coordenada Z en el fichero DBV. Esto se hace con (Vector – SetCotaVec – VecSmpToCota).

Ahora aplicaremos un procedimiento de interpolación y formación del raster que puede ser uno de los contemplados en el tema de Modelos Digitales Superficiales, en este caso, normalmente, será un krigado.

En algunos de los modelos y clasificaciones anteriormente expuestos, a partir de un modelo digital de una variable determinada, debe de obtenerse otro documento de un número discreto de clases en una operación de reclasificación. En este caso a cada intervalo de valores de la variable se asigna un valor entero (1, 2, 3 ...) que indica la clase o intervalo de pertenencia. En el tema de Análisis Raster se describe el procedimiento en el apartado de clasificación de capas simples.

El resultado obtenido, bien sea un modelo superficial de la variable o ésta misma reclasificada el categorías o tipos, normalmente hay que enmascararlo para que quede, tal resultado, limitado a una entidad territorial determinada. Esta operación se describe en el mismo tema de análisis raster en el apartado de enmascarado de orc.

7.9.- REFERENCIAS.

Aguilo , Miguel y otros. 2000. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

Elias, F y Jiménez, R. 1965. Evapotranspiraciones potenciales y balance de agua en España. Ministerio de Agricultura. Madrid.

Fournier, F. 1960. Climat et erosion. Presses Univ. Paris.

Gausсен, H. 1954. Théories et classification des climats et microclimats, VIII Congrès Inter.. CNRS, Bot.Act. 7 et 3. Pag. 1225-1230.

Gausсен, H. 1955. Expresión des milieux par des formules écologiques, Colloque Inter.. CNRS. Pag. 257-269.

Lang, R. 1915. Versuch einer exakten klassifikation der Boden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Int. Mitt. F. Bodenkunde. 5, 312-346.

Revenga, A. 1941. Mapa de isoxeras de España. Rev. de Est. Geogr.. Madrid.

Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev. 38, 55-94.

Thornthwaite, C.W. and Mather, J.R. 1955. The water budget and its use in irrigation. USDA Yearbook of agriculture. USDA. Washington. Pags. 346-358.

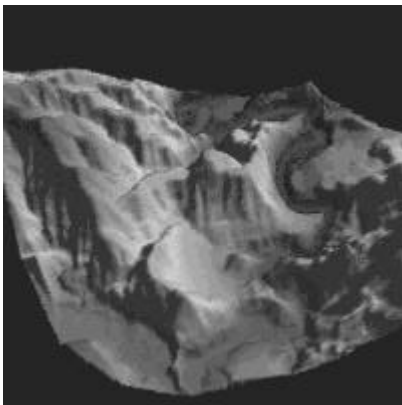
Walter, H., and Lieth, H. 1960. Klimadiagramm Weltatlas. Fischer Verlag. Jena.

TEMA 8.- MODELOS DIGITALES SUPERFICIALES.

8.1.- CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

La modelización matemática del territorio tiene varias aplicaciones clave, entre ellas, la representación de intervisibilidad (telecomunicaciones), estudios hidrológicos, cartografiado del relieve, obtención de ortofotografías, etc.

Un modelo digital de elevaciones (MDE) es una representación matemática de un objeto virtual y su entorno p. Ej ondulaciones del terreno en un área determinada. MDE es un concepto genérico que puede referirse a elevación del terreno pero a cualquier capa situada por encima, como, por ejemplo cubiertas vegetales o edificios. Cuando la información se refiere a la elevación del terreno, entonces, el MDE se denomina modelo digital del terreno (MDT) y proporciona información de cualquier punto en el terreno o de la superficie de agua. Cuando la información contiene la más alta elevación de cada punto, bien sea el propio terreno o por encima del mismo, entonces el MDE se llama modelo digital de superficie (MDS).



Vista perspectiva de un MDS.

Las superficies naturales son demasiado complejas para ser modeladas analíticamente, de forma que la información, frecuentemente, está constituida por muestras. Teóricamente, un modelo genuino debería, también, incluir una ley de interpolación que pudiera dar acceso a cualquier valor de elevación entre las muestras, pero tal tarea, generalmente, se deja al usuario.

Junto con los datos de elevación, es necesario proporcionar un conjunto de información que constituye la especificación del MDE .

La especificación de un MDE incluye, generalmente, dos tipos de parámetros. Por una parte parámetros geodésicos (elipsoide, proyección, datum,...) y geográficos (p. Ej. coordenadas de las esquinas). Por otra parte un conjunto de datos, consecuencia, en parte, del carácter digital, entre ellos:

- Formato digital, es decir tipo (entero, real, carácter,) y longitud (2 bytes, 4 bytes,..).
- Significación de los valores numéricos es decir, unidad (metros, otra) y, a veces, los coeficientes de una ley de conversión, por ejemplo una transformación lineal que ajusta los datos a un rango determinado.
- Estructura de la retícula de puntos, que puede ser irregular (p. Ej. triangular o puntos de curvas de nivel) o regular (típicamente una red cuadrada o grid regular).
- El tamaño de cada cuadrado de la red, en su caso.

Los modelos digitales más extendidos son de tres tipos, malla regular raster, redes irregulares con elementos triangulares (TIN) y curvas de nivel más líneas de ruptura.

8.2.- METODOS DE INTERPOLACIÓN.

En ciencias de La Tierra y en análisis relativos al territorio, suele plantearse con frecuencia el problema de reconstruir todos los valores de variables con distribución superficial, a partir de un conjunto limitado de observaciones disponibles. Con esta reconstrucción puede perseguirse el objetivo de conocer cómo se comporta la variable considerada en conjunto o bien obtener el valor de la misma en puntos diferentes de los de medida.

Hay diferentes algoritmos que resuelven el problema, todos ellos se diferencian entre sí en la forma en que obtienen el valor de la variable en un punto cualquiera a partir de todos o algunos de los puntos de muestreo conocidos. Es decir, la diferencia fundamental en los algoritmos es el método de interpolación que se utiliza.

En definitiva, se pretende obtener una función interpoladora que asigne un valor real a todos los puntos del espacio bidimensional, evidentemente dentro de un límite o ámbito territorial. Para que tal función tenga una naturaleza realmente interpolatoria, en los puntos de muestreo debe de recuperarse exactamente el valor medido.

Los métodos de interpolación deben de cumplir una serie de condiciones para que sean válidos desde un punto de vista tecnológico y científico. Entre tales condiciones están las siguientes.

- Los métodos deben de ser generales.
- Complejidad razonable.
- La superficie construida debe de ser suave preferiblemente de clase C1 (primeras derivadas continuas).
- Invariante respecto del sistema de referencia.
- Se supone la existencia y unicidad de la solución.
- El efecto de los parámetros libres sobre el comportamiento de la función interpoladora debe de ser bien conocido.

Los métodos de interpolación pueden clasificarse atendiendo a diferentes criterios. A continuación se citan algunos de ellos.

Según el número de puntos considerados en la interpolación:

- Locales: al obtener la interpolación sólo se tiene en cuenta un subconjunto de los puntos de muestreo, usualmente los más próximos.
- Globales: se consideran todos los puntos de muestreo.

Según la distribución espacial de los puntos de muestreo:

- Métodos aplicados a mallas regulares.
- Métodos aplicados a mallas irregulares.

Según el patrón de distribución en mallas irregulares:

- Aleatorio.
- Por perfiles.
- Con agrupamientos.

Según la naturaleza del método:

- Métodos geométricos. Basados en triangulación de Delone.
- Métodos algebraicos. Emplean funciones polinómicas o racionales definidas.
- Métodos estadísticos. Obtienen las funciones por medio de estadísticos.

8.3.- REPRESENTACION DIGITAL DE MODELOS.

Las mallas raster regulares (MRR) se adaptan muy bien a la representación de superficies 2.5D, es decir, superficies que pueden describirse por una función matemática 3D de la forma $z=f(x,y)$. Las mallas regulares raster describen una representación, muestreada regularmente, de dicha función f , la cual, implícitamente, asume una proyección en un sistema cartesiano de referencia.

Las MRR tienen la geometría de una imagen en la cual, los pixels son los nodos de la malla y los valores digitales de los pixels representan las elevaciones. Una de las principales ventajas es que pueden ser visualizadas como imágenes en niveles de gris o bien, en color con determinada paleta, como la de Himhof o la de Peucker.

Uno de los problemas, con las MRR es que el muestreo espacial de la malla es regular y, por ello, algunas características del territorio quedan correctamente descritas, mientras que otras, pueden no ser adecuadamente muestreadas y, por tanto, suavizadas o incluso quedan sin representación. Una de las limitaciones de ese modelo es la utilización de una misma densidad de muestras sobre un territorio que puede ser muy variable en el espacio. Para la descripción de una realidad irregular, son más adecuadas redes de muestreo adaptativo, con densidades más altas en los lugares con cambios abruptos del relieve y menos densas en aquellas zonas con cambios suaves. En realidad, la cuestión está en que los puntos de muestreo sean bien elegidos, de acuerdo con puntos significativos en el terreno.

Además, un supuesto en fotogrametría es que la superficie que intentamos modelizar puede describirse mediante un gráfico de la forma $[x,y,f(x,y)]$. Ahora bien, esta hipótesis no siempre es válida, como sucede, por ejemplo en zonas urbanas debido a discontinuidades 3D (en un punto (x,y) pueden haber dos o más cotas y no una sola).

Las MRR son una forma fácil pero no general para modelizar superficies.

Para almacenar los valores correspondientes al modelo podemos utilizar un archivo ORC, usualmente de tipo real. En este caso, el ámbito en que está definido el modelo queda establecido por los valores X_{max} , X_{min} , Y_{max} , Y_{min} . Al igual que en todo raster, también existe una resolución geométrica implícita que se obtiene teniendo en cuenta el número de filas y de columnas. Por tanto, a cada celda elemental o píxel, direccionada tanto por la fila y columna a que pertenece como por las coordenadas X e Y de su centro, le corresponde un valor (usualmente real) de la función interpoladora.

El modelo raster se obtiene aplicando (Modelos – SetModelo), para algunos modelos hay que introducir el fichero de puntos (mínima distancia y inversa a la distancia), para todos los demás, el raster se obtiene a partir de la triangulación.

Téngase en cuenta que se genera una imagen raster de tipo real, el usuario debe de especificar la resolución en metros que desea. Al comienzo del fichero DBV que se va a utilizar para obtener el raster aparecen las coordenadas X_{max} , X_{min} , Y_{max} , Y_{min} , el número de columnas del raster se obtiene mediante $(X_{max} - X_{min})/\text{resolución}$ y el número de filas mediante $(Y_{max} - Y_{min})/\text{resolución}$.

En la obtención del raster, usualmente se necesita especificar, así mismo, la Z por defecto, esto es la que se asigna en un punto en el que no se puede interpolar, SOV permite asignar la media, la mínima o la máxima de las que tiene el DBV.

La mayoría de los sistemas convencionales de adquisición de datos proporcionan medidas en puntos dispersos, con separación irregular. La idea de las redes triangulares irregulares (TIN – triangular irregular networks) es adaptar, completamente, el modelo a las muestras, describiendo la superficie mediante triángulos elementales en los cuales, los vértices, son las propias muestras. Los citados triángulos pueden formarse a partir de los componentes planimétricos de las muestras (x,y) mediante una triangulación 2D de Delone si la superficie es de tipo 2.5D. Si la superficie es de tipo 3D puede realizarse una triangulación 3D de Delone, proceso conocido como tetraedralización. Esta

modelización triangular está muy extendida y se utiliza ampliamente en realidad virtual y en sistemas CAD.

Los triángulos construidos mediante un proceso de triangulación tienen la única finalidad de definir la vecindad en la cual puede calcularse la elevación utilizando una función interpoladora entre los tres vértices del triángulo, ello para determinado punto (X,Y).

Al contrario de las MRR, las muestras y el conjunto de triángulos pueden no estar ordenados y ello conduce a un mayor consumo de tiempo en operaciones de interpolación. La inclusión de algún tipo de topología (información sobre el orden) puede disminuir el tiempo de operaciones de búsqueda.

En SOV podemos almacenar un modelo TIN en un archivo DBV, formado por polígonos que son triángulos, es, por tanto un modelo vectorial.

Un fichero DBV que contenga un modelo, está constituido por bloques de 4 coordenadas X,Y,Z, la primera y la última coordenada de cada bloque coinciden, para indicar que el polígono está cerrado. Cada bloque representa una cara de la superficie poliédrica (triángulo).

Una superficie puede también describirse mediante puntos característicos o líneas (líneas de ruptura) juntamente con curvas de nivel. Esta modelización es válida si la superficie es 2.5D. Las curvas de nivel pueden obtenerse directamente a partir de un par estereoscópico en fotogrametría, a partir de una TIN, o de una MRR o mediante digitalización de mapas escaneados.

La reconstrucción de una superficie a partir de curvas de nivel puede realizarse, con cierto rigor, si la superficie es suave, si no es así, deben de utilizarse las citadas líneas de ruptura (líneas de cambio de pendiente).

La modelización de una superficie mediante curvas de nivel puede considerarse como una compresión de datos de la superficie verdadera y la densidad de curvas (equidistancia) está relacionada con la compresión y con la pérdida de información.

Para concluir, la elección de uno de los modelos citados y de sus parámetros, dependerá de las particularidades geométricas del objeto a modelizar, de los requerimientos de la aplicación que utilice el modelo y tendrá cierto impacto sobre la precisión de la aproximación a la superficie real y sobre el espacio que ocupan los datos almacenados.

8.4.- PRECISION DE MODELOS DIGITALES SUPERFICIALES.

Para obtener un MDS, pueden utilizarse muchas técnicas diferentes, dependiendo de los datos disponibles y las herramientas informáticas, como, por ejemplo, digitalización de mapas e interpolación, correlación automática de imágenes estereoscópicas, interferometría radar, altimetría laser, levantamientos GPS, etc. A pesar de su variedad, cada una de estas técnicas puede describirse como un proceso de dos pasos, el primero consiste en obtener posiciones 3D para un gran número de puntos del terreno; el segundo paso consiste en remuestrear los datos resultantes para ajustarlos a una estructura de malla determinada y a un formato particular.

Por tanto, la calidad de un MDS es el resultado de la forma en que se han llevado a cabo estos dos pasos.

¿En que consiste la calidad de un MDS?, básicamente en su capacidad para describir la superficie real, pero los criterios de calidad no pueden establecerse sin tener en cuenta los requerimientos de los usuarios. La influencia de la calidad de los MDS sobre la validez de la información derivada se ha analizado por diversos autores y esto contribuye a clarificar el significado de tal calidad.

Como se indicó anteriormente, la calidad está afectada tanto por la precisión en la ubicación de los puntos como por las operaciones de remuestreo (interpolación en su caso).

Existen dos tipos de metodología para validar los MDE, estas son validación interna y validación externa.

La interna se refiere al propio análisis del MDE sin compararlo con datos de fuentes externas, así, por ejemplo, pueden realizarse operaciones como detección de artefactos visuales, detección de texturas no realistas, presencia de picos o “embudos” afilados, trazado realista de cauces y vaguadas, etc.

La validación externa consiste en comparar el MDS con un conjunto de datos de referencia y es la forma más común de evaluar la calidad de los modelos. Esta forma de evaluación se encuentra, a veces, con el inconveniente de la disponibilidad de datos y la fiabilidad de los mismos, ya que estos puntos de referencia, a veces, tienen su propio error que no suele ser conocido, en este último caso se debe de hablar de precisión relativa del modelo obtenido respecto de la referencia. Cuando se comparan ambos datos, se suelen utilizar parámetros estadísticos para mostrar las diferencias. Así suele obtenerse un modelo de diferencias del cual se calculan media, raíz del error medio cuadrático, desviación típica, máximo error, etc. Puede hacerse una representación gráfica del modelo de diferencias para analizar la distribución espacial de las mismas.

Para evitar problemas en lo que respecta a valores positivos y negativos de las diferencias entre datos, debe de utilizarse la raíz del error medio cuadrático (RMSE), si llamamos d_i al valor de la diferencia y comparamos n valores:

$$RMSE = \sqrt{\sum \frac{d_i^2}{n-1}}$$

Si md es la media, entonces la desviación típica es:

$$s = \sqrt{\sum \frac{(d_i - md)^2}{n-1}}$$

Para una distribución normal, en el intervalo $(md - A.s, md + A.s)$, se encuentra un porcentaje de los puntos, que depende del parámetro A , si $A = 1$, se encuentra el 68.27%, si $A=2$ el 95.5%, si $A=3$ 99.7%.

Como puede verse, cuando $md=0$ entonces $RMSE = s$, lo que explica la aparente confusión que puede derivarse del hecho de que ambas expresiones se denominen, frecuentemente, como error estándar en el contexto de la precisión cartográfica.

En los primeros años del S. XX, Koppe presentó un trabajo en el cual se especificaban precisiones en la representación de altimetría en los mapas. Demostró que los errores altimétricos crecían proporcionalmente a la pendiente del terreno y estableció las siguientes expresiones, en las que α es el ángulo de la pendiente:

$$RMSE \text{ en altimetría } M_h = A+B.tg\alpha$$

$$RMSE \text{ en planimetría } M_p = B+A.cotg\alpha$$

en ellas, A y B son constantes que se establecen en relación con la escala (y requerimientos de precisión) del cartografiado.

Las anteriores fórmulas se han cuestionado varias veces, pero aún constituye una referencia para la cartografía moderna.

Imhof, en 1982, estableció valores de A y B para distintas escalas:

Escala	Equidistancia (m)	A	B
1:1000	1	0.1	0.3
1:5000	5	0.4	3
1:10000	10	1	5
1:25000	10	1	7
1:50000	20	1.5	10

A veces, en las series cartográficas en uso, difieren de estos valores, según los países. En la estimación de precisiones de MDE, se han realizado muchos trabajos, con el fin de evaluar la incidencia de los diferentes factores y metodologías. En el caso de los modelos derivados de fotogrametría, de los diferentes trabajos, parecen deducirse las siguientes conclusiones (J.W. Shearer. The accuracy of dtm):

- El error estándar está en el rango de 0.2 al 0.4 por mil de la altura de vuelo.
- En zonas muy abruptas este valor puede ascender a un intervalo entre el 1 y el 2 por mil de la altura de vuelo.
- El error máximo puede ascender a entre 4 y 8 veces el error estándar.
- El muestreo estático (medida de cota en un punto) produce mejores resultados que los métodos dinámicos de medida (curvado, perfiles).
- La precisión de los MDE se incrementa, en relación con la densidad de los puntos medidos.

En fotogrametría digital desde avión o en escáner de línea desde satélite, el error en altimetría está directamente relacionado con la relación entre la altura de vuelo (H) y la distancia entre las dos posiciones de la cámara para ambas tomas del par estereoscópico, distancia conocida como base aérea (B), siendo:

$$eh = (H/B).res$$

res es el tamaño de un pixel en campo, es decir, la resolución del fotograma.

Si los puntos homólogos se obtienen por un método de correlación automática, existe un error de posicionamiento entre puntos homólogos, sea este em, entonces:

$$eh = (H/B).res.em.$$

El error planimétrico depende, del anterior y del ángulo (ϕ) que forma la visual con la vertical, es decir:

$$ep = eh.tg\phi.$$

En lo que respecta al método de obtención, pueden hacerse una serie de comentarios, basados en diferentes publicaciones.

El levantamiento de campo es el método más preciso, sin embargo, hay que contraponer la gran cantidad de tiempo y coste, necesario para esta metodología.

Las medidas fotogramétricas producen datos de aceptable precisión y, en términos prácticos de tiempo y coste, la fotogrametría (aérea o por satélite) es, realmente el método más factible para proporcionar datos de alta precisión para los MDE.

La digitalización cartográfica es el menos preciso de los métodos. Obviamente, la precisión del mapa fuente es un factor crítico y además, el proceso de digitalización introduce errores añadidos a la precisión original. Los MDE obtenidos por este método, deben de utilizarse con precaución y siendo conscientes de las limitadas precisiones de los mismos.

8.5.- METODOS DE ADQUISICIÓN DE LOS PUNTOS.

Existen diferentes posibilidades de muestrear en campo una variable, dependiendo de la naturaleza de la misma.

En el caso de variables climáticas, se utilizan las estaciones meteorológicas que permiten obtener bastantes de ellas (temperatura, pluviometría, dirección y velocidad del viento, etc.). Un caso similar es el de la red de estaciones para vigilancia de la contaminación atmosférica o las estaciones de aforo en hidrología. Los datos de las estaciones suelen distribuirse a los usuarios organizados en bases de datos u hojas de cálculo, con un identificador que corresponde a la estación y un cierto número de columnas correspondientes a las diferentes variables. A partir de tales documentos, puede utilizarse, por ejemplo Excel para exportar a un formato ascii y construir una tabla que se almacene en un fichero SMP de SOV. Hay que tener, por otra parte, un fichero DBV que, contenga las coordenadas de cada estación, con el identificador entero que corresponda a cada una de ellas. Una vez que tenemos el fichero SMP con los valores de la variable y el fichero DBV con las coordenadas de las estaciones. Produciremos un fichero DBV que contenga las X,Y del DBV inicial y como valor Z el valor de la variable de la que quiero construir el modelo, esto se hace en (Vector – SetCotaVec – VecSmpToCota), también se describe el método en el apartado 4.6 de Proceds.

Si se quiere obtener la altimetría del terreno, puede utilizarse un GPS y obtener las coordenadas X,Y,Z en el terreno. También puede disponerse de un archivo digital con las coordenadas. En estos casos, pueden exportarse las observaciones al formato de ascii (Id X Y Z) e importar a DBV mediante (Archivo – Importar – IdXYZToVec). Otra posibilidad es utilizar un mapa o plano sobre papel y obtener los puntos a partir de las curvas de nivel, tal posibilidad se describirá con detalle en el siguiente apartado. También pueden obtenerse puntos con las cotas a partir del modelo estereoscópico en fotogrametría mediante correlación automática, tal método se describirá en el capítulo correspondiente.

8.6.- OBTENCIÓN DE PUNTOS A PARTIR DE CURVAS SOBRE PAPEL.

El procedimiento 4.7 del Proceds describe la metodología a seguir en este caso.

En primer lugar hay que escanear el documento, la resolución de escaneado depende de la anchura de la línea, en general suele ser suficiente con 300 ppp, e incluso puede valer con 150 ppp, para importar directamente a SOV, debe de escanearse a BMP o TIF de tipo paleta (256 colores, 8 bits).

Una vez importada a SOV como ORC se realiza la corrección geométrica mediante un ajuste polinómico, tal como se expone en el tema de teledetección en el apartado correspondiente o en Proceds, apartado 2.4.

Una vez corregida geoméricamente, el documento queda georreferenciado, de manera que las coordenadas que tomemos sobre el documento son coordenadas terreno. Ahora estamos en condiciones de realizar la digitalización tal como se indica en 2.3 de Proceds. La digitalización conviene de realizarse con la opción punto e introducir como identificador de cada uno de ellos la cota entera de la curva en cuestión. Al digitalizar no es necesario seguir toda la curva de principio a fin (complicado por el scroll y por las limitaciones del entorno de digitalización de SOV), téngase en cuenta que lo único que necesitamos son puntos situados sobre la línea, si hay que interrumpir la digitalización porque hay que hacer scroll, no importa que el siguiente tramo enlace exactamente con el anterior, es decir el ultimo punto de un tramo de curva no tiene porqué coincidir exactamente con el primer punto del siguiente tramo. Tras digitalizar cada tramo debe

de almacenarse el mismo, pulsando sobre el botón derecho. En resumen, tras el proceso de digitalización tengo un fichero DBV con puntos que contienen las coordenadas X e Y correctas, pero las Z están a cero, cada uno de tales puntos tiene por identificador la cota del mismo.

El siguiente paso es obtener un DBV que contenga como cotas los identificadores del fichero anteriormente citado, esto se hace mediante (Vector – SetCotaVec – VecIdToCota).

El siguiente y último paso, es filtrar y preparar el DBV tal como se indica en el siguiente apartado. Ahora, el DBV contiene una serie de puntos cada uno con su X,Y,Z.

8.7.- FILTRADO Y PREPARACIÓN.

Este procedimiento, tiene por objeto principal evitar puntos dobles o muy próximos que pueden producir problemas en la obtención del modelo. Se realiza mediante (Modelos – SetDbvforMod). También se eliminan cotas que estén fuera del rango que especifica el usuario, con el fin de prevenir errores.

Tras la aplicación de este proceso, se obtiene un DBV de puntos, en principio sin errores de cotas y con una separación mínima entre ellos.

8.8.- UTILIZACIÓN DE ARCHIVOS SMP.

Tal como se explicó en el apartado 4 del presente tema, es posible utilizar como cotas para un modelo, cualquier columna de un SMP, excluida la primera (que es el identificador y la última, que es la clase de pertenencia).

Debe de disponerse de un DBV de puntos, con los mismos identificadores que los que contiene SMP, en dicho DBV se asignarán como Z los valores de la columna en cuestión de SMP.

Este procedimiento se aplica en (Vector – SetCotaVec – VecSmpToCota), también se describe el método en el apartado 4.6 de Proceds.

8.9.- MINIMA DISTANCIA.

Este primario método de interpolación, asigna a cada punto el mismo valor que tiene el más próximo de los puntos muestreados. Se producen polígonos de valor homogéneo en su interior, conocidos como polígonos o celdas de Voronoi que se corresponden con los clásicos polígonos Thiessen de climatología o transformada de Blur en biología. La segmentación del espacio que produce, se denomina teselación de Dirichlet. La función interpoladora presenta discontinuidades en el perímetro de tales polígonos.

Este método puede tener aplicación en variables cualitativas, es decir que no son de tipo cuantitativo, por ejemplo tipo de clima o de suelo. También puede aplicarse a variables con un comportamiento como el descrito.

El procedimiento se aplica a partir del fichero de puntos (sin triangular), utilizando (Modelos – SetModelo – MinDist). Debe de elegirse la resolución de manera que se controle el número de filas y columnas que se van a producir. El valor de Z por defecto aquí no tiene sentido, ya que va a interpolar en todos los puntos del raster, asignando el valor del punto más próximo.

8.10.- PONDERACIÓN INVERSA A LA DISTANCIA.

Pertenece este método al grupo conocido como métodos de Shepard que tienen en común la formulación de funciones de ponderación para cada punto de muestreo que describen su influencia en el espacio como un campo que se atenúa con la distancia.

Para obtener el valor en un punto, se tienen en cuenta los 5 o 10 más próximos, teniendo en cuenta la distancia de los mismos para obtener la contribución de cada uno de ellos al valor que se desea calcular.

Este método de interpolación es especialmente adecuado para el caso de fenómenos que se propagan en el espacio a partir de un punto, como pudiera ser el caso del efecto de los terremotos o de la emisión de contaminantes a partir de fuentes puntuales.

La expresión que proporciona el valor estimado de Z es la siguiente:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i * Z_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad W_i = 1/d_{i0}^p$$

en ella, n son los vecinos a considerar, d es la distancia euclídea entre el punto de muestreo y el vecino i

Como puede apreciarse, el peso de cada vecino se atenúa en función de la distancia según un exponente p que indica la rapidez con que decrece el peso de un nodo con la distancia. Es decir, cuanto mayor es p, menos influencia ejercen los puntos alejados y más, proporcionalmente, los cercanos. Un valor bajo del exponente limita el predominio de cada nodo a un corto radio de influencia, dando lugar a afilados embudos y agujas en las inmediaciones de los puntos de muestreo. Por el contrario, una sobrevaloración de p produce mesetas alrededor de cada nodo, en las que el fuerte peso que éste recibe gobierna por completo la interpolación. El exponente debe de ser mayor que 1 para que la contribución total disminuya con la distancia y, efectivamente, lo más usual es utilizar el valor de 2, numerosos investigadores lo han propuesto como el más apropiado para gran variedad de casos, aunque no se puede afirmar, a priori, que vaya a ofrecer buenos resultados para un particular conjunto de datos.

En cuanto a la elección de los puntos circundantes que intervienen en la ponderación, inicialmente puede parecer razonable usar todos los datos disponibles, convirtiendo así el método en uno de interpolación global. Sin embargo, el coste operacional puede ser muy alto con grandes conjuntos de datos, además, tal gasto de tiempo puede ser inútil cuando se maneja un exponente de atenuación lo suficientemente elevado para hacer insignificante la contribución de los puntos alejados y, si no es así, se producirá un irreal suavizamiento de la superficie de interpolación. El valor más adecuado respecto del número de puntos vecinos a considerar depende estrechamente de las características del conjunto de datos y deberá ser fijado a partir de la experiencia.

Cuando la concentración de los datos produce distorsiones en el método de ponderación, es necesario recurrir a técnicas especiales de desagregación, que consisten en revisar a la baja el peso de ciertos datos cuando muchos de ellos se encuentran próximos sin que realmente existan en ese lugar significativos cambios de tendencia de la magnitud medida que justifiquen semejante aumento en la densidad de muestreo. Esa circunstancia se produce en la distribución de estaciones de medida de magnitudes ambientales, que suelen localizarse en las proximidades de las ciudades, dejando una cobertura más dispersa en el medio rural. Tal concentración de estaciones urbanas desequilibra la media a su favor, introduciendo un notable sesgo en la función de interpolación. Existen varias técnicas de desagregación. Un método común consiste en superponer una cuadrícula uniforme sobre la malla de muestreo y asignar a cada celda un peso de desagregación inverso al número de estaciones contenidas en ella. Otra

técnica, llamada de separación de polígonos, pondera cada estación proporcionalmente a la superficie de su celda de Voronoi, con lo que las estaciones dispersas adquieren mucha más representatividad que las concentradas. El Kriging también se utiliza para desagregación. Otros métodos consideran dos tipos de distancias para determinar si una estación de medida pertenece a un agrupamiento: las distancias entre las estaciones de medida y la distancia de la estación al punto en el que se desea estimar la función. Si la relación de la primera frente a la segunda es pequeña, el grupo de estaciones es tratado como una sola unidad para reducir su influencia en la interpolación. En caso contrario, cada estación será considerada individualmente. Esto permite estimar también la función dentro del área de alta densidad de muestreo.

En SOV, el procedimiento se aplica a partir del fichero de puntos (sin triangular), utilizando (Modelos – SetModelo) con las opción INVDIST. Debe de elegirse la resolución de manera que se controle el número de filas y columnas que se van a producir. El valor de Z por defecto aquí aquí tampoco tiene sentido, ya que va a interpolar en todos los puntos del raster, asignando el valor a partir de los 5 o 10 más próximos. En lo que respecta a posibilidad de desagregar, como se indicó anteriormente, SOV permite eliminar puntos próximos con la opción (Modelos – SetDbvforMod).

8.11.- METODO CUADRÁTICO DE SHEPARD.

Este método trata de construir una función suave (con la primera derivada continua) que reproduzca el valor medido en los nodos. Para ello introduce unas funciones cuadráticas que modelizan el comportamiento alrededor de cada nodo de la función muestreada.

El segundo elemento del modelo lo constituyen las funciones de ponderación. La fórmula de interpolación es la siguiente:

$$f(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i(x, y) \cdot q_i(x, y)}{\sum_{i=1}^n w_i(x, y)}$$

donde n es el número de puntos de muestreo, q_i es la función cuadrática de forma para el nodo i y w_i es el peso correspondiente a ese mismo nodo.

Las funciones q_i tienen la forma:

$$q_i(x, y) = a_i(x-x_i)^2 + b_i(x-x_i)(y-y_i) + c_i(y-y_i)^2 + d_i(x-x_i) + e_i(y-y_i) + f_i$$

y sus coeficientes a_i, b_i, \dots, f_i , se determinan, para cada nodo, por un ajuste mínimo-cuadrático de la función q_i a los valores medidos en los nodos más cercanos, imponiendo, además, la condición de que la función q_i , evaluada en el nodo, tome el valor medido. El número de nodos que intervienen en este ajuste es variable (obviamente mayor que 5) aunque el autor del método recomienda que sean 13 puntos. La función de ponderación del ajuste se define de igual modo que la matriz w_i ; es decir:

$$w_i(x, y) = \frac{r_i - \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}{r_i \cdot \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}}$$

siendo r_i el radio alcance que se atribuye a cada nodo, el cual suele definirse a partir del número de nodos que debe contener. Aquí, también el autor da una recomendación respecto a este número y da el valor de 19. Cuando la distancia entre el nodo y el punto

(x,y) es mayor que el radio de alcance, se toma un peso nulo y ello es lo que convierte a este método en uno de interpolación local.

8.12.- TRIANGULACION DE DELONE.

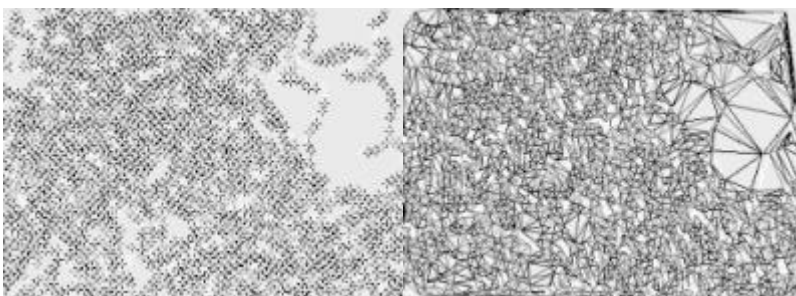
Se trata de una construcción geométrica íntimamente relacionada con el diagrama de Voronoi. El nombre se debe a su autor Boris Nikolaevich Delone (1890 –1980) que nació en San Petersburgo (Rusia). Trabajó principalmente en Álgebra y Geometría de los números. Hizo un trabajo importante en análisis estructural de los cristales. Además de un matemático importante fue un famoso escalador.



Boris Nikolaevich Delone

Dado un conjunto de puntos y los correspondientes polígonos de Voronoi, la triangulación de Delone (Delone) une con segmentos todos aquéllos puntos cuyos polígonos de Voronoi son adyacentes. En definitiva, los lados de los polígonos son las mediatrices de los triángulos.

La triangulación de Delone puede definirse como la de mejor apariencia de todas las triangulaciones posibles, ya que reduce al mínimo posible la presencia de triángulos estrechos y alargados. La regla principal para su formación se basa en el criterio del círculo vacío, en una construcción de este tipo los triángulos no están solapados y el círculo que circunscribe a cada uno de ellos no contiene en su interior ningún punto de la red.



Puntos y triangulación de Delone.

En este caso, para obtener el valor interpolado, se utiliza el método de interpolación bilineal, que consiste en una interpolación polinomial de grado uno a trozos, de tal manera que el valor de la función dentro de cada triángulo de Delone se obtiene por simple interpolación lineal entre los valores medidos en los tres vértices. El valor interpolado para cualquier punto (x,y) del interior del triángulo viene dado por la expresión bilineal:

$$f(x,y) = c_1x+c_2y+c_3$$

donde los coeficientes c_1 , c_2 y c_3 se han obtenido como solución del sistema de ecuaciones:

$$f_i = c_1x_i+c_2y_i+c_3 \quad i=1,2,3$$

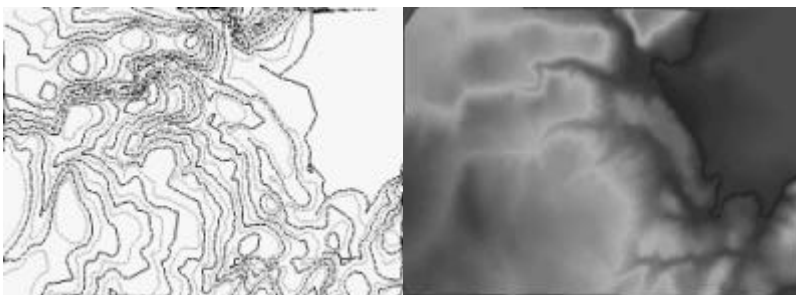
siendo f_i el valor conocido de la función en cada vértice del triángulo.

En una representación gráfica, la superficie interpoladora obtenida con el método bilineal presenta forma poliédrica, con un plano interpolador para cada triángulo de Delone. La continuidad en todo punto está garantizada, pero la función no es derivable en el perímetro de los triángulos y las derivadas segundas dentro de cada recinto son cero. Por lo tanto, este procedimiento no es aplicable cuando se exige un mayor grado de suavidad a la función de interpolación.

Antes de realizar la triangulación, es necesario filtrar y preparar el DBV como se indicó en el apartado 6. Con el fichero de puntos preparado se entra en el procedimiento (Modelos – Triangulación – Triángulos), el resultado es un DBV de polígonos, cada uno de los cuales tiene 4 coordenadas X,Y,Z con los vértices del triángulo (el primero y el último punto tienen las mismas coordenadas, para indicar que el triángulo está cerrado).

Una vez obtenido el DBV con la triangulación, puede obtenerse el modelo raster mediante (Modelos – SetModelo), deberá elegirse la resolución teniendo en cuenta las coordenadas extremas del raster, también deberá elegirse la Z por defecto que puede ser la cota mínima, la media, la máxima u otra seleccionada por el usuario.

Las opciones posibles de interpolación son dos, MDTTri o MDTLin. En el primer caso se realiza una interpolación bilineal, rigurosa, pero puede tardar mucho tiempo en realizarse si el número de triángulos es elevado. La segunda posibilidad utiliza un algoritmo mucho más rápido, aunque pudiera producir efectos extraños cuando el valor elegido para la resolución es muy grande, en relación con el tamaño de los triángulos. Lo normal (y obligado si el número de puntos es muy grande) es utilizar la opción MDTLin, pero debe de elegirse un valor de la resolución suficientemente pequeño en relación con el tamaño de los triángulos, por ejemplo que tal valor sea como mínimo 5 o 10 veces más pequeño que el lado de los triángulos.



Curvas de nivel y modelo raster.

Se ha expuesto cómo obtener un modelo raster previa triangulación, pero, la propia triangulación en sí puede considerarse un modelo raster. Por ejemplo, podemos exportar el DBV con la triangulación a DXF mediante (Archivo – Exportar – VecToDxf) seleccionando la opción triángulos a caras, el resultado puede visualizarse en AutoCad o

en ArcView. Pero si se quieren realizar análisis en SOV, sobre el modelo, éste deberá estar en formato raster, como ORC.

8.13.- METODOS CARACTERÍSTICOS DE MALLAS RECTANGULARES.

Se refiere, en este apartado dos métodos basados en la interpolación polinomial clásica, la interpolación bilineal y la interpolación bicúbica.

Esta familia de métodos forma la superficie de interpolación a base de parches polinómicos soportados en los nodos de muestreo, la disposición cartesiana de los datos, proporciona los cuadriláteros que van a convertirse en soporte de la interpolación. Estos métodos tienen las siguientes propiedades:

- La función de interpolación, evaluada en los puntos de muestreo, produce el valor medido.
- Existe continuidad a lo largo de todo el espacio.
- Existe continuidad en la primera derivada dentro de cada pieza individual de interpolación, pero no en los límites entre unas y otras.
- La derivada segunda y sucesivas pueden ser distintas de cero en el interior de los recintos si el grado del polinomio es suficientemente elevado.
- El valor de la función de interpolación no tiene por qué estar comprendido, en todo punto, dentro del rango de valores de los datos observados.

La interpolación bilineal consiste en ajustar un polinomio de grado uno en ambas direcciones (paraboloide hiperbólico) a cada celda de la cuadrícula, haciendo que contenga las imágenes de los cuatro vértices. El valor que se interpola para un punto (x,y) contenido en la celda cuyo nodo inferior izquierdo es (x_k,y_l) es:

$$f(x, y) = \sum_{i=k}^{k+1} \sum_{j=l}^{l+1} l_{ij}(x, y) f(x_i, y_j)$$

donde $l_{ij}(x,y)$ es una función bilineal que vale 1 en el nodo (x_i,y_j) y cero en los otros tres. Su expresión es del tipo:

$$l_{ij}(x, y) = \frac{(x - x_{i+1})(y - y_{j+1})}{(x_i - x_{i+1})(y_j - y_{j+1})}$$

Desarrollando:

$$f(x, y) = \frac{1}{(x_k - x_{k+1})(x_l - x_{l+1})} (f(x_k, y_l) \quad f(x_k, y_{l+1}) \quad f(x_{k+1}, y_l) \quad f(x_{k+1}, y_{l+1}))$$

$$\begin{pmatrix} (x - x_{k+1})(y_l - y_{l+1}) \\ (x_{k+1} - x)(y - y_l) \\ (x_k - x)(y - y_{l+1}) \\ (x - x_k)(y - y_l) \end{pmatrix}$$

En la interpolación bicúbica se amplía el soporte hasta 16 puntos (marco de 4x4) para adaptar una función de grado tres en cada dimensión. Este suele ser el límite máximo, dado el conocido comportamiento de las funciones polinómicas de interpolación, que, a partir de cierto grado, empiezan a describir formas caprichosas. Por este motivo, se descarta la construcción de una interpolación polinómica global continua y derivable en todo el dominio, que ofrecería resultados poco fiables en puntos distintos de los de muestreo.

Veamos la interpolación unidimensional (es decir a lo largo de una línea o de una columna) entre los cuatro vecinos más próximos. Sea x el punto en el que se desea interpolar, siendo n la posición anterior y $n+1$ la posición posterior.

Sea $a = x - n$ entonces:

$$f(x) = (\alpha^3 - \alpha^2)f(n+2) - (\alpha^3 - \alpha^2 - \alpha)f(n+1) + (\alpha^3 - 2\alpha^2 + 1)f(n) - (\alpha^3 - 2\alpha^2 - \alpha)f(n-1)$$

Se interpola, unidimensionalmente, en sentido horizontal y posteriormente en vertical.

8.14.- OBTENCIÓN DEL SEMIVARIOGRAMA.

Un semivariograma es una función o gráfica que permite realizar cierto análisis de la variación espacial de una variable de la que se dispone de un cierto número de puntos muestreados. Nos muestra la influencia del valor en un punto sobre el valor de los puntos próximos.

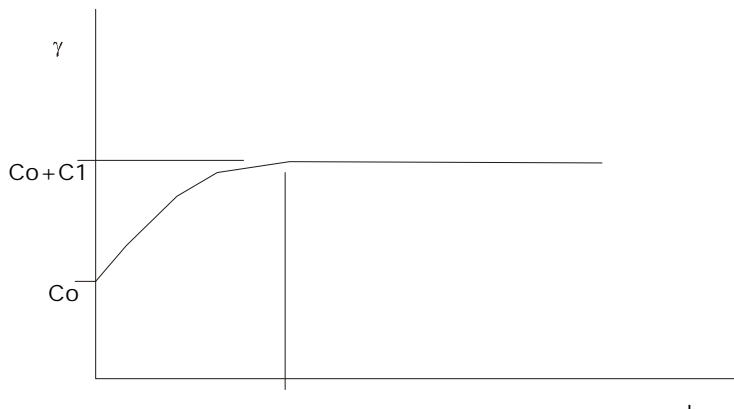
La variable del eje de las X posee las distancias desde cada uno de los puntos, medidas en las unidades en que estén las coordenadas X e Y (usualmente metros), los cálculos se realizan para ciertos intervalos de distancia, la magnitud de tal intervalo o lag es fundamental en el análisis. En SOV se selecciona el lag como un cierto número de veces la distancia entre los vecinos más próximos. Esto es, supongamos que la menor distancia entre vecinos es de 5 metros y que elegimos como lag 2 veces tal distancia, pues bien, el cálculo del semivariograma se realiza calculando la influencia de cada punto en los que están alejados 10 metros, 20 metros, 30 metros, etc.

El valor que nos indica la “influencia” se denomina momento de inercia y es similar a la varianza, cuanto más pequeño sea el momento de inercia (γ) tanto mayor es la influencia del valor del punto en su vecindad.

La expresión analítica del semivariograma o momento de inercia es:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (Z_{t_i} - Z_{t+hi})^2$$

La representación gráfica del semivariograma es una curva que tiene un valor en el origen (pepita o nugget, C_0), que va creciendo conforme aumenta la distancia, a una distancia conocida como range o alcance (a), el valor de γ adquiere un valor máximo, este valor máximo se conoce como sill o meseta ($C_0 + C_1$). A partir de cierta distancia el comportamiento de la gráfica se hace errático, con subidas y bajadas, indicando que a partir de tal valor el semivariograma no es significativo.



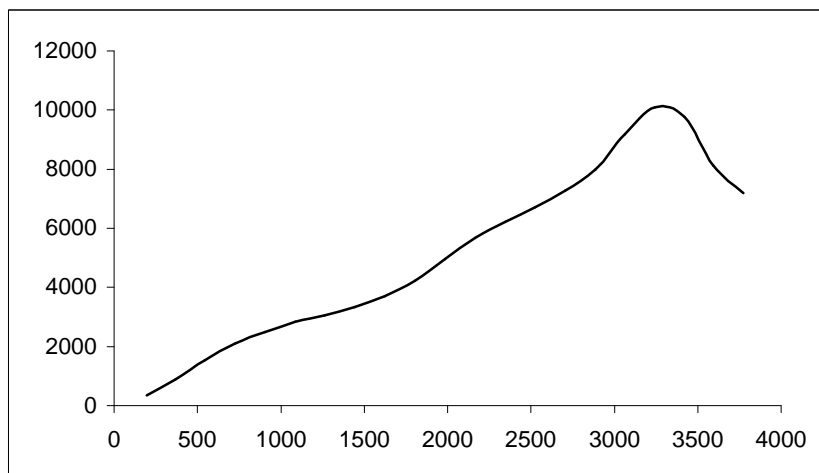
El semivariograma se almacena en un fichero de texto con extensión TXT. Veamos un ejemplo de tal tipo de archivo.

Total coordenadas=1070
Distancia media entre vecinos= 45.189
Maxima distancia= 3960.230
Incremento = 180.758
Tolerancia en el entorno de un punto= 90.379
Numero de pares de distancias=21

Distancia(lag) Momento de inercia(gamma)

0	195.568	353.463
1	367.722	883.295
2	544.901	1543.972
3	725.286	2102.581
4	904.893	2487.648
5	1084.876	2841.997
6	1264.859	3054.201
7	1444.687	3336.289
8	1624.858	3702.751
9	1805.048	4226.437
10	1984.455	4965.630
11	2164.888	5675.439
12	2345.994	6212.875
13	2525.997	6707.385
14	2706.943	7280.604
15	2886.217	7987.708
16	3064.261	9175.151
17	3243.386	10097.940
18	3419.324	9762.135
19	3594.505	8132.240
20	3773.114	7181.547

La representación gráfica de los datos (semivariograma experimental) es el que aparece en la figura, como puede verse, en este caso, difiere bastante de una curva teórica.



El valor de nugget (pepita) puede estimarse en 353. El alcance (range) en unos 2500 y la meseta o sill en 7000 aproximadamente.

El procedimiento 4.9 de Proceds muestra la forma de operar. En (Modelos – Kriging – SVariograma) se selecciona el procedimiento.

En SOV se limita la aplicación del método a un máximo de 4000 puntos, ahora bien, si se tienen más puntos, puede filtrarse el fichero, eliminando puntos, seleccionando una cierta distancia mínima tal que se obtenga una muestra de puntos mas separados entre sí. Esto se hace en (Modelos – SetDbvforMod) tal como se indica en el apartado 6 del presente tema.

8.15.- OBTENCIÓN DEL CROSVARIOGRAMA.

Si en el caso anterior analizábamos la influencia del valor de una variable sobre el valor de la variable en los puntos vecinos, en el caso del crosvariograma se obtiene un análisis del valor de una variable sobre el valor de otra variable en su vecindad. Por lo demás todo es igual.

La ecuación que permite obtener el crosvariograma es:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (Z_{t_i} - Z_{t+hi})(Y_{t_i} - Y_{t+hi})$$

Por ejemplo puede hacerse un variograma para ver cómo varía la variable Pluviometría en el espacio y puede hacerse un crosvariograma para ver cómo influye la variable Altimetría sobre los valores de la Pluviometría.

Al igual que en el caso anterior se obtiene un crosvariograma experimental, a partir del cual pueden estimarse los valores de pepita (nugget), sill (meseta) y range (alcance).

El procedimiento 4.9 de Proceds muestra, también la forma de proceder. En (Modelos – Kriging – CrosVariograma) se selecciona el procedimiento.

El límite de puntos para aplicar el procedimiento es 4000, pero, como en el caso anterior puede hacerse un muestreo de los mismos mediante (Modelos – SetDbvforMod).

8.16.- INTERPOLACIÓN POR KRIGEADO ORDINARIO.

Es un método desarrollado por Georges Matheron en su teoría de las variables regionalizadas (1971) y aplicado después en prospección minera por Krige, como interpolador óptimo de la ley de un yacimiento. En esencia, es un método más de medias móviles (como el de Shepard, por ejemplo), pero en el que las funciones de ponderación se determinan globalmente, sujetas a ciertas condiciones de tipo estadístico, relacionadas con la covarianza espacial entre los puntos de control.

El kriging se asocia, a veces, a las siglas inglesas B.L.U.E. (best linear unbiased estimator) o mejor estimador lineal centrado, en las que quedan recogidos los principios del método: es lineal porque los valores estimados se obtienen por combinación lineal de los datos disponibles, es centrado porque se construye para que la esperanza del error sea cero y es el mejor porque minimiza la varianza de la estimación.

La estimación del valor interpolado, se realiza mediante la expresión:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n W_i Z_i$$

Obteniéndose W_i de:

$$\begin{pmatrix} C11 & C12 & \dots & C1n & 1 \\ C21 & C22 & \dots & C2n & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Cn1 & Cn2 & \dots & Cnn & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} W1 \\ W2 \\ \dots \\ Wn \\ \mu \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C10 \\ C20 \\ \dots \\ Cn0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

o, de una forma compacta:

$$(C)*\bar{W} = \bar{d}$$

μ , recibe el nombre de multiplicador de Lagrange y fuerza a los W_i a sumar 1.

C es la covarianza espacial entre pares de puntos vecinos, d es la covarianza espacial entre el punto a estimar y sus vecinos.

El valor de la covarianza, viene dado por la expresión:

$$C(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_{ti} - \bar{Z}_t)(Z_{t+hi} - \bar{Z}_{t+h})$$

Como se indicó anteriormente, el momento de inercia es:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (Z_{ti} - Z_{t+hi})^2$$

siendo h el desplazamiento o lag.

Existen diferentes modelos para el cálculo de C , uno de ellos es el exponencial y es el que utiliza SOV:

$$C(h) = C_0 + C_1 \quad \text{Si } h=0$$

$$C(h) = C_1 e^{\left(-3\frac{h}{a}\right)} \quad \text{Si } h>0$$

C_0+C_1 : es la meseta o sill.

C_0 : pepita o nugget.

a : alcance o range.

Los valores de pepita, meseta y alcance se obtienen a partir del semivariograma.

En SOV, el método de kriging ordinario (ordinary kriging) permite obtener un modelo digital raster, de tipo real, introduciendo los siguientes parámetros, resolución, número de vecinos, nugget, sill y range. Por lo que hay que obtener previamente el semivariograma. La principal limitación en el tiempo de cálculo es la resolución, si el número de filas y columnas es muy grande, la aplicación del método se hace inviable.

Esto hace que no sea usual utilizar este procedimiento para modelos digitales de elevación, sino para variables, como por ejemplo las ambientales, donde el número de puntos no suele ser de muchos miles, como es el caso de la altimetría.

En el apartado 4.10 de Proceds se expone la aplicación del método. En (Modelos – Kriging – OKriging) se selecciona el procedimiento.

Cuanto mayor sea el número de vecinos considerado en la interpolación, más suavizada será la superficie del modelo.

Estos modelos presentan un grado de suavizado mayor que los obtenidos por triangulación.

8.17.- INTERPOLACIÓN POR COKRIGEADO.

Obtiene un modelo digital de cierta variable teniendo en cuenta los valores de otra, como por ejemplo, un modelo de pluviometría teniendo en cuenta la altimetría.

En este caso hay que obtener previamente el semivariograma de la variable1, el semivariograma de la variable2 y el crosvariograma de la variable1 con la variable2. Con ello, obtenemos tres valores, de nugget, otros tres de sill y otros tres de range.

En el apartado 4.11 de Proceds se expone la aplicación del método. En (Modelos – Kriging – Co En (Modelos – Kriging – OKriging) se selecciona el procedimiento.

Kriging) se selecciona el procedimiento.

Cuanto mayor sea el número de vecinos considerado en la interpolación, más suavizada será la superficie del modelo.

8.18.- VISUALIZACION DE MODELOS RASTER.

Los modelos ORC obtenidos en los apartados anteriores son de tipo real y pueden visualizarse con SOV de una forma directa, pero no son exportables a BMP o TIFF (como imágenes). Para exportarlos será necesario obtener una versión, que deberá ser de tipo byte.

Una de las formas de pasar a tipo byte es utilizar las opciones de realce, que siempre producen ORCs de tal tipo, para ello abriremos la ORC real y a continuación (Imagen – Realce – Expansión), si no se quieren perder datos debe de utilizarse la opción MinMax, si se quiere obtener más realce puede utilizarse, por ejemplo 2.8StDev.

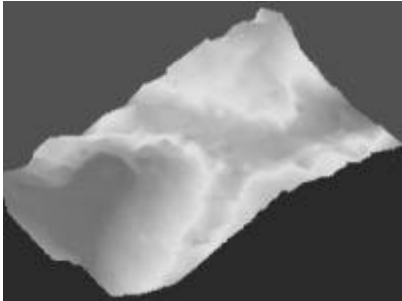
Otra posibilidad de pasar a tipo byte es mediante (Imagen – ConvTipo). También puede usarse la reclasificación, para ello, una vez abierta la ORC real, a continuación se selecciona (Análisis – SmpReclas) indicando que se desean 255 intervalos o clases, se producirá un archivo SMP con los límites de los intervalos. Posteriormente se aplica (Análisis – Reclas) se introduce el fichero obtenido con anterioridad y se obtiene una ORC de tipo byte.

La visualización presenta una imagen con una paleta de niveles de gris, para visualizar los modelos, SOV dispone de las paletas Peucker e Himhof que proporcionan visualizaciones más agradables. Para vincular estas paletas al modelo visualizable de tipo byte, puede copiarse, el fichero himhof.pal o el peucker.pal que se encuentran en c:\palette, y grabarlos en el directorio en que está la ORC y ponerle el mismo nombre que el ORC pero con extensión pal. Ahora, al visualizar el modelo, aparecerá con la paleta que se le haya asignado.

8.19.- FORMACIÓN DE PERSPECTIVAS.

Supongamos que tenemos un modelo raster real y una ORC de tipo byte que podemos superponer sobre el modelo, podría ser la propia versión visualizable del modelo, pero también puede ser una imagen corregida geoméricamente o una ortofotografía.

La imagen debe de ser superponible con el modelo píxel a píxel, por tanto, debe de tener el mismo número de filas y de columnas. Si no fuese así habría que remuestrear el tipo byte mediante (Imagen – Georref – Remuestreo), para conseguir que el modelo y la imagen a superponer tengan las mismas coordenadas extremas y el mismo número de filas y columnas.



Vista perspectiva de MDE.

El apartado 4.8 de Proceds describe la forma de obtener la perspectiva, que se realiza en (Modelos – Perspectiva), debe de abrirse la imagen a superponer previamente.

8.20.- CURVADO A PARTIR DE TRIANGULACION.

Una forma clásica de representación gráfica de modelos es el curvado. Para aplicar este método hay que disponer previamente de un DBV con la triangulación. Se obtiene otro DBV que contiene las líneas que son las curvas de nivel de la variable.

El procedimiento se aplica en (Modelos – Curvado - VectriCur), hay que introducir la equidistancia o separación en Z entre cada dos curvas de nivel.

El 4.12 de Proceds expone el procedimiento a seguir. El DBV obtenido puede exportarse vía DXF a AutoCad o Microstation mediante (Archivos – Exportar – VecToDxf).

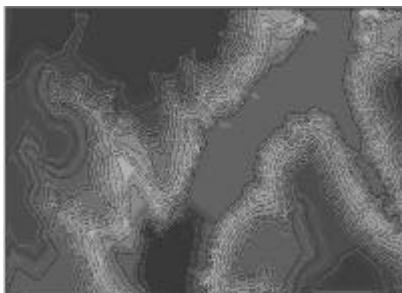
8.21.- CURVADO A PARTIR DE MODELO RASTER.

Supongamos que disponemos de un modelo raster que no procede de triangulación como podría ser uno procedente de krigeado ordinario.

Para obtener el curvado debemos cargar el modelo raster (Archivo – AbrirOrc) y curvar en (Modelos – Curvado - OrcCur).

Cuando se curva un modelo obtenido por krigeado se obtienen líneas más suaves que las que se obtienen por curvado a partir de triangulación directa.

En 4.13 de Proceds se expone detalladamente el procedimiento.



Curvas de nivel de un MDE.

8.22.- MODELOS VECTOR. LOS FICHEROS X.

Los ficheros con extensión X se utilizan en la tecnología DirectX de Microsoft. En nuestro caso se trata de ficheros que contienen las caras y vértices de un modelo vector. Para obtener un modelo de este tipo, debemos de tener un DBV previamente filtrado por (Modelos – SetDbvforMod), a continuación, se exporta directamente el DBV mediante (Archivo – Exportar – VecToXfiles).

Este tipo de ficheros, únicamente se obtienen con la finalidad de su análisis visual.

8.23.- VISUALIZACION DE FICHEROS X. SOV3D.

En 4.14 se expone la forma de visualizar los fichero X. Para ello se utiliza la opción (Modelos – SOV3D) esto da acceso al programa SOV3D que constituye el entorno de visualización de tales ficheros. Tal como se expone en el Proceds, la operación de SOV3D es la siguiente.

En primer lugar (Archivo – CargarXFile) , aparecerá en pantalla el objeto o modelo. Picamos con el botón derecho del ratón para que quede seleccionado.

A continuación podemos dar a las siguientes teclas y opciones:

Z o K : Zoom +.

X o L : Zoom -.

P : disminución del relieve.

Q: aumento del relieve.

Con el boton derecho pulsado sobre el objeto y desplazando el ratón, se desplaza el objeto.

Con el boton izquierdo pulsado sobre el objeto y desplazando el ratón, el objeto gira.

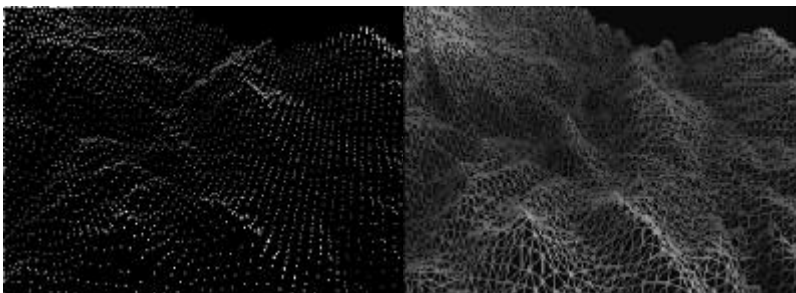
En el menú (Interpolación – Puntos) : aparecen los vertices del modelo.

En el menú (Interpolación – Triangilos): aparecen los triangulos del modelo.

Con (Interpolación – Solido) , seleccionando (Interpolación – Caras) aparecen las caras triangulares del modelo.

Con (Interpolación – Solido) , seleccionando (Interpolación – Gouraud) un modelo suavizado.

En la opción (Archivo – ComprimirXFile), puede obtener ficheros .X mas comprimidos.



Visualización de MDE con SOV3D.

8.24.- PENDIENTE, ASPECTO Y CURVATURA.

Dado que la superficie de una malla regular raster (MRR) se supone que es matemáticamente continua, es posible aplicar la derivada en cualquier posición. En la práctica, las derivadas se aproximan, bien calculando las diferencias dentro de una

máscara o filtro cuadrado, o bien ajustando un polinomio a los datos, dentro de tal máscara.

La pendiente y el aspecto u orientación son derivadas de primer orden mientras que la convexidad del perfil y la convexidad plana son derivadas de segundo orden.

Se define la pendiente a partir de un plano tangente a la superficie representada por el MDE, en un punto dado, y comprende dos componentes, por un lado el gradiente que es la máxima tasa de cambio de altitud y, por otro, el aspecto, que es el acimut de dicha tasa de cambio. Tal terminología sigue el criterio de Evans I.S. (An integrated system of terrain análisis and slope mapping. Zeitschrift für Geomorphologie Supl. 36: 274 – 95). Muchos autores utilizan pendiente, para indicar gradiente y exposición u orientación por aspecto. El gradiente, normalmente se mide en grados o radianes, el aspecto en grados.

Las derivadas se calculan, para cada celda, centrando en la misma, una ventana de tamaño 3*3. Sean los valores de tal ventana los siguientes:

$$\begin{bmatrix} z_1 & z_2 & z_3 \\ z_4 & z_5 & z_6 \\ z_7 & z_8 & z_9 \end{bmatrix}$$

Si w es la distancia entre el centro de las celdas (resolución).

Zevenbergen, L.W. and Thorne, C.R. (Quantitative analysis of land surface topography. Earth Surface Processes and Landforms, 12, 47-56), propone las siguientes expresiones para calcular las citadas derivadas:

$$\delta z / \delta x = [z_6 - z_4] / 2w = p$$

$$\delta z / \delta y = [z_2 - z_8] / 2w = q$$

$$\delta^2 z / \delta x^2 = [z_6 + z_4 - 2z_5] / 2w^2 = r$$

$$\delta^2 z / \delta x \delta y = [z_3 + z_7 - z_1 - z_9] / 4w^2 = s$$

$$\delta^2 z / \delta y^2 = [z_2 + z_8 - 2z_5] / 2w^2 = t$$

Si llamamos G a la pendiente y A al aspecto:

$$G = \arctg [(\delta z / \delta x)^2 + (\delta z / \delta y)^2]^{0.5}$$

$$A = \arctg [(\delta z / \delta y) / (\delta z / \delta x)]$$

Llamamos curvatura en una dirección determinada al cambio de la pendiente en la citada dirección, se mide en grados por unidad de distancia (p. Ej en grados por 100 m.).

Si representamos por k_h y k_v , respectivamente, las curvaturas horizontal y vertical, según los anteriores autores:

S. Ormeño. Teledetección.

$$k_h = -\frac{q^2 r - 2pqs + p^2 t}{(p^2 + q^2)\sqrt{1+p^2+q^2}}$$

$$k_v = -\frac{p^2 r + 2pqs + q^2 t}{(p^2 + q^2)\sqrt{(1+p^2+q^2)^3}}$$

Patrick Julien, en el libro (Kasser, M. and Egels, Y. (2002). Digital Photogrammetry. Taylor and Francis. London.), demuestra que la curvatura en un punto dado de la superficie, se mide mediante:

$$\delta^2 z / \delta x^2 + 2\delta^2 z / \delta x \delta y + \delta^2 z / \delta y^2$$

Los puntos que presentan máximos locales como picos, verifican que:

$$\delta z / \delta x = 0$$

$$\delta z / \delta y = 0$$

$$\delta^2 z / \delta x^2 < 0$$

$$\delta^2 z / \delta y^2 < 0$$

Los puntos que presentan mínimos locales como depresiones, verifican que:

$$\delta z / \delta x = 0$$

$$\delta z / \delta y = 0$$

$$\delta^2 z / \delta x^2 > 0$$

$$\delta^2 z / \delta y^2 > 0$$

Los puntos de paso como collados, si no son máximos, verifican que:

$$\delta z / \delta x = 0$$

$$\delta z / \delta y = 0$$

$$\delta^2 z / \delta x^2 \cdot \delta^2 z / \delta y^2 < 0$$

Para aplicar los procedimientos correspondientes con SOV se carga, en primer lugar, la ORC (Archivo – AbrirOrc), posteriormente se aplica (Modelos – PenOriSom – Pend/Ori), se obtiene una imagen ORC de cinco bandas, la primera de ellas con la pendiente en tanto por ciento, la segunda con el aspecto, en grados sexagesimales, la tercera con el sombreado, la cuarta con la curvatura horizontal y la quinta con la curvatura vertical, calculadas como se expone anteriormente. La ORC obtenida es de tipo real.

8.25.- OBTENCIÓN DE REDES DE DRENAJE.

Los cursos de agua, vaguadas, divisorias, etc. son propiedades muy importantes cuyo conocimiento permite la comprensión de los flujos de agua y sedimentos sobre el terreno. Tales redes pueden deducirse, directamente, a partir de los MDE.

En primer lugar debe determinarse la dirección del flujo en cada celda, considerando el mayor descenso en el entorno correspondiente, existen diferentes algoritmos para llevar

a cabo tal operación, el más usual es el llamado D8, el cual considera una ventana de 3*3 celdas, centrada en el punto de interés. Se analiza el mayor descenso, en términos de pendiente, en cada una de las 8 direcciones, con ello se discretiza la dirección del flujo cada 45°, esta circunstancia es considerada, por algunos autores, como un serio inconveniente. Según la dirección que sigue el flujo, a la celda (píxel) se le asigna un valor que depende de la dirección, pudiendo, adoptarse la siguiente matriz para adoptar el valor digital:

$$\begin{bmatrix} 7 & 8 & 9 \\ 4 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 3 \end{bmatrix}$$

Es decir, si en el punto hay un hundimiento se asigna un 5, si el flujo transcurre hacia arriba, se asigna un 8, etc.

La nueva malla obtenida, se denomina documento de dirección local de drenaje.

En un documento como el citado puede producirse una circunstancia indeseada, esta es la presencia de depresiones o sumideros ficticios que hacen perder la continuidad de la red de dirección de drenaje, es necesario, por tanto eliminar tales puntos, para ello se suele seguir una de las dos estrategias siguientes, pasar a través o rellenar.

La primera de ellas, significa el paso a través de una o mas capas de celdas vecinas, para encontrar la más proximas corriente descendente, lo que implica aumentar progresivamente el tamaño de la ventana de búsqueda hasta encontrar una celda o serie de celdas, de la misma elevación o una inferior a la correspondiente a la depresión. Una vez que se ha encontrado el camino se establecen y escriben las correspondientes direcciones a lo largo del mismo, independientemente de su verdadera elevación. La técnica de relleno supone el aumento de la cota de la celda de interés hasta que iguala a una o mas de sus vecinas, y entonces se analiza si tal vecina drena aguas a bajo hasta otro destino, si esto no sucede, la elevación se incrementa hasta que se encuentra una conexión.

La eliminación de las depresiones ficticias, es una tarea necesaria para realizar correctamente el análisis de flujos.

Para obtener el modelo de flujos acumulados o modelo de caudales máximos (MDF), en una red de drenaje, debe de estar establecida completamente la conectividad de la red, para ello, cada celda debe de estar conectada a una corriente descendente vecina.

La cantidad acumulada de material que pasa a través de cada celda se calcula, sumando al valor de cada celda, la suma de los elementos que se encuentran aguas arriba y que drenan hacia la celda en cuestión.

$$S(c_i) = S(c_i) + \sum_u^n (c_u)$$

Si el material de cada celda se supone de valor 1, el resultado es un mapa de elementos aguas arriba, documento que suele visualizarse en una escala logarítmica. Si el valor del material viene dado por otra variable o capa, por ejemplo, la precipitación, entonces, el algoritmo de acumulación calcula el flujo para la superficie. Es muy sencillo calcular un balance de masas para cada celda, en términos de:

$$S = P - I - F - E$$

S. Ormeño. Teledetección.

Siendo:

S: cantidad de agua por celda:

P: precipitación.

I: cantidad interceptada (no llega al suelo).

F: infiltración.

E: evaporación.

El documento de elementos aguas arriba puede utilizarse para calcular otros índices del terreno, por ejemplo los siguientes.

Un documento de índices de humedad (Wim) puede obtenerse mediante:

$$\text{Wim} = \ln(A_s/\tan\beta)$$

Donde A_s es el área de captación en m^2 (número de elementos aguas arriba multiplicados por la superficie de cada uno) y β es la pendiente, medida en grados.

El Índice de potencia de arroyada (ω) se define como:

$$\omega = (A_s * \tan\beta)$$

Este índice es directamente proporcional a la potencia de arroyada (P):

$$P = \rho g q * \tan\beta$$

Siendo ρ la densidad del agua, g es la aceleración de la gravedad y q es el flujo superficial descargado por unidad de anchura. Tal índice es una medida del poder erosivo del flujo de escorrentía.

El índice de transporte de sedimentos (τ) se define como:

$$\tau = [A_s/22.13]^{0.6} * [\text{sen}\beta/0.0896]^{1.3}$$

Este índice caracteriza el proceso de erosión y deposición, en particular, los efectos de la topografía sobre la pérdida de suelo, es parecido al factor de longitud de pendiente (L) de la ecuación USLE (Universal Soil Loss Equation).

Un modelo de arroyos puede definirse como celdas que tienen mas de N contribuyentes aguas arriba y puede determinarse mediante una operación booleana tal como:

Arroyo = Si(ElementosAguasArriba mayor o igual que 50) caso contrario 0.

Divisorias, por definición, son celdas sin elementos aguas arriba.

Captación de una celda determinada. Dado que todas las celdas que drenan hacia una determinada forman parte de la captación de dicha celda, contando aguas arriba sobre el documento de dirección local de drenaje, se calcula automáticamente el área y se define la captación de la celda en cuestión. Una máscara de captación puede establecerse asignando 1 a todas las celdas de la captación y 0 a las restantes.

El operador longitud de pendiente es similar al de acumulación pero calcula un nuevo valor para la celda como la suma del valor original y las celdas aguas arriba multiplicadas por la distancia recorrida sobre la red (du):

$$S(c_i) = \sum_u^n (c_u * d_u)$$

8.26.- CUENCAS VISUALES, SOMBREADO E IRRADIANCIA.

La intervisibilidad, de un conjunto de puntos respecto de uno dado, se codifica como una variable binaria (visible, invisible). El conjunto de zonas visibles desde determinado punto se denomina cuenca visual.

Una vez que se dispone de un MDE, para calcular la cuenca visual desde determinado punto, se trazan líneas desde el punto en cuestión hasta cada una de las celdas del modelo. Los puntos de cada línea que no están ocultos por otras precedentes, se codifican como visibles, hay que tener cuidado con este análisis debido a la posible existencia de edificios o arbolado que pueden no encontrarse reflejados en el MDE. En ciertos casos, tales elementos se añaden al DEM original para analizar su efecto sobre la visibilidad. La estimación de la intervisibilidad es una operación muy importante en SIG, en aplicaciones tales como simuladores de vuelo, alteraciones del paisaje, transmisión de señal en telecomunicaciones, ubicación de torres de vigilancia para incendios, et.

El sombreado de mapas es una técnica de gran tradición en la representación cartográfica del relieve. Mediante tal técnica, se obtienen representaciones muy descriptivas de las características altimétricas del territorio. A partir de un MDE puede obtenerse un modelo de sombreado de manera automática, suele considerarse la posición del sol con 45° sobre el horizonte en dirección noroeste. Para el cálculo automático se necesita estimar la orientación de cada celda del MDE y modelar la reflectividad de la misma, considerando dicha posición del sol. El concepto de reflectividad se refiere a la cantidad de radiación reflejada, en relación con la incidente. El primer paso en el cálculo es calcular la pendiente de cada celda en las direcciones sur-norte y este-oeste, tales valores se convierten a reflectividad conforme a determinado modelo, Horn (1981), propone:

$$R(p,q) = 1/2 + 1/2(p'+a)/b$$

$$p' = (p_0p + q_0q)/\text{SQRT}(p_0^2+q_0^2)$$

Donde p' es la pendiente en dirección hacia la fuente de luz. Para una posición de la fuente de 45° sobre el horizonte situada al NO $p_0 = 1/\text{SQRT}(2)$ $q_0 = -1/\text{SQRT}(2)$. Los parámetros a y b permiten la elección de niveles de gris para superficies horizontales y la tasa de cambio del nivel de gris con la inclinación de la superficie. Se recomienda $a=0$ y $b=1/\text{SQRT}(2)$.

La siguiente fórmula representa el sombreado de todas las posibles pendientes en el rango de 0 a 1.

$$R(p,q) = 1/2 + 1/2(p'+a)/\text{SQRT}(b^2 + (p'+a)^2).$$

El sombreado también se obtiene en estructuras vectoriales (TIN), con la diferencia de que la reflectividad se calcula para cada uno de los triángulos.

Como se indicó en el apartado de Pendiente y Orientación, para obtener el sombreado con SOV, una vez cargada la ORC que contiene el MDE, se aplica el procedimiento

(Modelos – PenOriSom – Pend/Ori), la banda tercera, de la multibanda resultante es el sombreado.

El cálculo de la irradiancia constituye una generalización del principio de sombreado, pero se calcula la cantidad de energía solar incidente, pero ahora no se supone fija la posición del sol sino que toma una posición dependiendo de la latitud, la hora del día, y el día del año. Para proceder rigurosamente, sería necesario considerar los efectos atmosféricos teniendo en cuenta la radiación absorbida y la reflejada de forma difusa hacia el terreno, así como el sombreado del propio relieve. La reflexión difusa es muy difícil de estimar. La cantidad de radiación recibida en cualquier punto es función de ángulo cenital solar, flujo incidente al exterior de la atmósfera (flujo exoatmosférico), transmitancia de la capa de atmósfera (flujo transmitido en relación con el incidente), ángulo solar de iluminación e intercepción de la radiación incidente. El ángulo cenital y el flujo exoatmosférico varía con la hora y el día del año y la transmitancia atmosférica es una función compleja que varía con la presencia de nubes, polvo y otros elementos y que se incrementa con la altitud. Para una transmitancia de T_o , la irradiancia I sobre una pendiente viene dada por:

$$I = S_o \cos i \cdot \exp(-\theta_o / \cos \theta_o) \\ = [\cos \theta_o \cos \beta + \sin \theta_o \sin \beta \cos(\phi_o - A)] S_o \cdot \exp(-T_o / \cos \theta_o)$$

donde:

I : iluminación solar en la pendiente.

S_o : flujo solar exoatmosférico.

θ_o : ángulo cenital solar.

ϕ_o : acimut solar.

A : acimut de la pendiente.

β : ángulo de la pendiente.

Los valores de A y β se obtienen a partir del MDE. Dado que $\cos i$ varía con la hora y el día del año, es posible calcular la variación temporal de la irradiancia, además de su distribución espacial.

8.27.- REFERENCIAS.

Albertz, J. und Kreiling, W. 1989. Photogrammetrisches Taschenbuch. Wichmann. Karlsruhe.

Felicísimo, A.M. Modelos Digitales del Terreno. A.M.Felicísimo. Oviedo.

Horn, B.K.P. 1981. Hill shading and the reflectance map. Proc. IEEE 69

Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press. New York.

Petrie, G. and Kennie, T.J.M. 1990. Terrain modelling in surveying and civil engineering. Whittles Publishing. London.

TEMA 9.- VEGETACIÓN. CLASIFICACIONES. INDICES Y MODELOS.

9.1.- EL REINO VEGETAL.

El reino vegetal está constituido por una serie de unidades de nivel jerárquico máximo que reciben el nombre de divisiones. Tales son Talofitas (algas, hongos y líquenes), Briofitas (hepáticas y muscíneas), Pteridofitas (helechos) y Espermafitas (angiospermas y gimnospermas).

Las Talofitas y Briofitas no poseen tejidos vasculares (liber y leño). Las Pteridofitas y Espermafitas sí poseen tales tejidos y estos dos grupos reciben el nombre de Cormofitas.

Las Pteridofitas también reciben el nombre de criptógamas vasculares.

Las Espermafitas también se llaman Fanerógamas y poseen aparato reproductor visible.

Las Angiospermas tienen las semillas encerradas en un ovario que da lugar a un fruto y pueden ser de dos tipos, Dicotiledóneas (semilla con dos cotiledones) y Monocotiledóneas (un solo cotiledón).

Las Gimnospermas tienen la semilla desnuda sin situarse en un ovario, entre este tipo de plantas se encuentran las coníferas.

9.2.- TIPOS BIOLÓGICOS.

Vamos a ver, a continuación, una serie de términos propuestos por Raunkjaer, C. (1934), descriptores de los principales tipos de vegetales, considerados éstos de forma individualizada. Se refieren éstos términos a plantas cormofitas con soporte mecánico autónomo, es decir plantas que no crecen apoyadas en otras ni flotando en el agua.

a.- Plantas leñosas o, de ser herbáceas, perennes y siempre verdes.

Fanerófitos. Plantas de más de 25-50 cm de altura o cuyas ramas no mueren periódicamente hasta dicho límite.

Caméfitos. Plantas cuyas ramas maduras o yemas quedan siempre entre los 25 y los 50 cm de altura sobre el suelo, o bien que crecen a mayor altura, pero cuyos brotes mueren periódicamente hasta dicho límite.

b.- Plantas perennes (o bienales) herbáceas con una reducción periódica del ramaje.

Hemicriptófitos. La reducción periódica de las partes aéreas se extiende hasta un sistema caulinar que está relativamente aplicado y extendido a la superficie del suelo.

Geófitos o criptófitos. La reducción periódica de las partes aéreas es total y llega hasta junto a órganos de reserva enterrados.

c.- Terófitos. Plantas anuales, en las que el sistema de tallos y raíces muere después de la producción de semillas y que completan su ciclo vital dentro de un año.

9.3.- FORMACIONES MUNDIALES.

Usualmente se entiende por formación una biocenosis (conjunto de seres vivos en un ecosistema) de tipo zonal con uniformidad de tipos biológicos y no por las especies que la componen. Ocupa superficies muy extensas, de millares a millones de Km², como la tundra, la pradera, los bosques caducifolios de hojas planas, etc.

Se presenta, a continuación la tabla de formaciones mundiales tomada de Margalef, R. (1997) que, a su vez se basa en la clasificación fisonómica de Rübél, E. (1933) y el esquema de Elleberg, H. y Mueller-Dombois, D. (1966).

a.- Silvae. Bosques formados por árboles de 5 m de altura, por lo menos, con las copas en contacto.

a.1.- Pluvisilvae. Selvas tropicales ombrófilas. Siempre verdes, yemas sin protección especial, hojas con goteadores; muchos epífitos.

S. Ormeño. Teledetección.

a.2.- Bosques tropicales y subtropicales siempre verdes, pero con cambios estacionales. Generalmente con protección de las yemas y reducción del follaje durante la estación seca. En tierras bajas o pantanosas.

a.3.- Laurisilvae. Bosques siempre verdes, en clima no tropical, con lluvias todo el año o en verano. Generalmente en climas oceánicos.

a.4.- Pluviifruticeta. Manglares.

a.5.- Duriisilvae. Bosques esclerófilos y siempre verdes, en clima con lluvias invernales. Hojas pequeñas y frecuentemente duras, a veces pelosas. Clima mediterráneo.

a.6.- Aciculisilvae. Bosques de coníferas siempre verdes, en bosques en climas templados y subpolares.

a.7.- Hiemisilvae. Bosques con árboles que pierden la hoja en la época seca. Propios de regiones cálidas con lluvias periódicas.

a.8.- Aestisilvae. Bosques que pierden la hoja en la estación fría, a veces con adición de especies que conservan el follaje. Cubren gran extensión de las zonas templadas. Dos subtipos según que contengan o no plantas siempre verdes.

a.9.- Bosques muy esclerófilos, espinosos o de plantas suculentas, en país seco.

b.- Sabanas y dehesas. Árboles de 5 m por lo menos. Sus copas no se tocan, pero cubren una superficie importante. Subvuelo herbáceo.

b.1.- Sabanas siempre verdes.

b.2.- Sabanas con árboles que pierden la hoja en verano.

b.3.- Sabanas con árboles que pierden la hoja durante la estación fría.

c.- Matorrales (Fruticeta). Generalmente de más de 50 cm de altura.

c.1.- Durifruticeta. Matorrales siempre verdes. Maquis, garriga y chaparral.

c.2.- Ericifruticeta. Brezales, de hojas ericoides, propios de clima oceánico fresco y húmedo y aciculifolios bajos de montaña.

c.3.- Aestifruticeta. Matorrales que pierden la hoja en la estación fría. Sauces, avellanos.

c.4.- Hiemifruticeta. Matorrales que pierden la hoja en periodo de sequía o bien de manera irregular.

c.5.- Siccideserta. Matorrales de áreas desérticas, xeromorfos.

c.6.- Pequeñas matas de plantas de plantas hemisféricas o en almohadilla.

c.7.- Frigidideserta. Tundra de musgos, líquenes y arbustos enanos.

c.8.- Sphagniherbosa. Formaciones turbosas con arbustos enanos.

d.- Vegetación herbácea. Praderas (Prata).

d.1.- Duriherbosa. Estepas y praderas de gramíneas y ciperáceas.

d.2.- Altiherbosa. Praderas de plantas de más de 1 m de altura, en clima húmedo.

d.3.- Pastos en zonas de clima forestal, en la alta montaña o en país más bajo; sin estación seca marcada.

d.4.- Emersiherbosa. Carrizales y praderas influidas directamente por el agua frática, añadiendo las plantas palustres de las orillas de las aguas y turberas bajas.

d.5.- Litorideserta. Praderas y matorrales de halófitos.

d.6.- Comunidades de plantas herbáceas no graminoides, de hojas anchas, con crecimiento secundario, en márgenes de bosques, cultivos, campos abandonados y comunidades transitorias en cauces de ríos, desiertos, etc.

d.7.- Mobilideserta. Vegetación de dunas.

d.8.- Rupideserta, vegetación de fisuras y Saxideserta de superficie de las rocas.

e.- Formación de plantas acuáticas.

S. Ormeño. Teledetección.

- e.1.- Pleuston. Plantas flotantes.
- e.2.- Emersiherbosa. Formaciones de cárices y otros hidrófitos emergentes.
- e.3.- Submersiherbosa. Plantas arraigadas de hojas sumergidas o flotantes.
- e.4.- Fitoplancton. Plantas microscópicas, suspendidas en el agua.
- e.5.- Fitoedafon. Plantas microscópicas en el agua del suelo.

Terminológicamente el conjunto silvae mas fruticeta da lugar a lignosa. Es decir, el conjunto de árboles de durisilvae mas los arbustos correspondientes (durifruticeta) se denomina durilignosa.

9.4.- CLASIFICACION SEGÚN EL METODO FITOSOCIOLOGICO.

El presente método para estudio de la vegetación se debe, en gran medida a J. Braum-Blanquet fundador de la escuela de Zurich-Montpellier y algunos de los presentes conceptos se expusieron por J. Braum-Blanquet. y Pavillard J. (1928).

La caracterización de la vegetación según el método fitosociológico comprende dos etapas claramente diferenciadas, la primera, de tipo analítico, es la realización de listas o inventarios de especies en áreas florísticamente homogéneas. La segunda, de tipo sintético, se refiere al contraste de inventarios para identificar unidades básicas de grupos de especies, tales unidades conducen al concepto de asociación.

La asociación vegetal es una comunidad mas o menos estable y en equilibrio con el medio, caracterizada por una composición florística determinada, en la cual, determinados elementos exclusivos, o poco menos (las especies características), indican, con supresencia, una ecología particular y autónoma . La asociación se designa por el nombre de una o dos especies elegidas entre las mas representativas. Se añade el sufijo –etum al radical del nombre del género, mientras el nombre específico se pone en genitivo. P. Ej., Quercetum ilicis se refiere a la asociación de la encina (*Quercus Ilex*).

Las asociaciones similares se agrupan en unidades jerárquicamente superiores denominadas alianzas, éstas en órdenes, éstos en clases y éstas últimas en divisiones.

Para denominar tales unidades se sigue el mismo criterio que para las asociaciones, pero cambiando el sufijo, así, se usa –ion para la alianza, -etalia para el orden, -etea para la clase y –ea para la división.

Ejemplos de tales unidades, basadas en la encina son: Querción ilicis, Quercetalia ilicis, Quercetea ilicis y Oleo-Quercea ilicis.

Veamos, una serie de unidades, a nivel de división y clase, para prados, matorrales y bosques.

A.-PRADOS Y MATORRALES SECOS.

- 1.- Vulpio-Brachypodiaea (Ramosi). Yermos mediterráneos con terófitos.
 - 1.1.- Helianthemetea annua. Bl.-Bl. 1952.
 - 1.2.- Tero-Brachypodietea. Bl.-Bl. 1947.
- 2.- Festuco-Bromea. (Rivas Goday 1964). Prados secos centroeuropeos.
 - 2.1.- Festuco-Brometea. Bl.-Bl. & R. Tx. 1943.
- 3.- Seslerio-Junceea Trifidi. Hadac 1962. Prados alpinos.
 - 3.1.- Juncetea Trifidi. Hadac 1944.
 - 3.2.- Elyno-Seslerietea. Bl.Bl. 1948.
 - 3.3.- Salicetea herbaceae Bl.Bl. 1947.
- 4.- Callunea (Vulgaris).
 - 4.1.- Calluno-Ulicetea. Bl.-Bl. & R. Tx. 1943.

5.- Cisto-Rosmarinea (Rivas Goday 1964). Matorrales y pastos mediterráneos con caméfitos.

5.1.- Cisto-Lavanduletea Bl.Bl. 1940.

5.2.- Ononido-Rosmarineta. Bl.Bl. 1947.

6.- Imperato-Tamarinea. Vegetación de rívera subtropical.

6.1.- Nerio-Tamaricetea Bl.Bl. 1948 & O. Bolòs 1957..

B.- BOSQUES.

1.- Abieto-Piceea. Hadac (1962). Árboles y arbustos aciculifolios.

1.1.- Vaccinio-Piceetea. Bl.Bl. 1939.

2.- Querco-Fagea Rivas Goday 1964. Jakus 1967. Bosques caducifolios y comunidades dependientes.

2.1.- Betulo-Adenostyletea. Bl.-Bl. & R. Tx. 1943.

2.2.- Querco-Fagetea. Bl.-Bl. & Vlieger. 1937.

3.- Oleo-Quercea (Ilicis). Vegetación esclerófila mediterránea; durisilva.

3.1.- Quercetea ilicis Bl.-Bl.1947.

9.5.- CORRESPONDENCIA ENTRE CLIMA Y VEGETACIÓN.

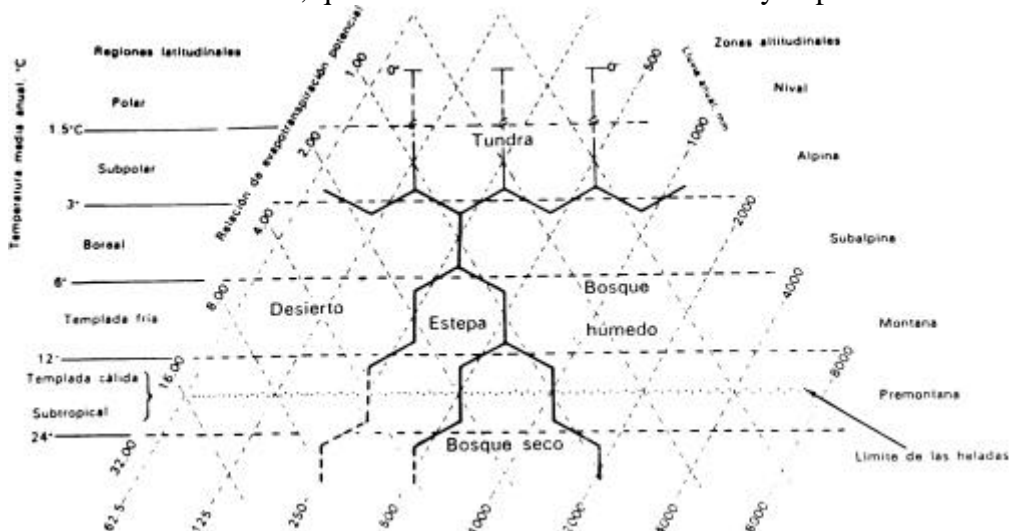
Como queda de manifiesto, cuando se ha hablado de las grandes formaciones de vegetación, existe una correspondencia entre clima y vegetación. Así, en climas tropicales lluviosos se produce pluvilignosa, en los climas secos duriherbosa y siccideserta, en los templados lluviosos aestilignosa, en el boreal o templado de bosque aciculilignosa y en el nevado frigorideserta.

Holdridge, L. R. (1947) propuso el siguiente gráfico en el cual se muestra la relación de la vegetación con las siguientes variables:

Temperatura media anual en °C.

Precipitación anual en mm.

Relación anual de ETP, que es el cociente entre ETP anual y la pluviometría total anual.



9.6.- CLASIFICACION SEGÚN EL MAPA DE CULTIVOS Y APROVECHAMIENTOS.

Se contemplan 19 grupos básicos de tipos de ocupación, que básicamente no necesitan definición, estos son:

1.- Arroz.

2.- Caña de azúcar.

- 3.- Cítricos (agrios).
- 4.- Cultivos Forzados.
- 5.- Platanera.
- 6.- Frutales.
- 7.- Cultivos en Regadío.
- 8.- Cítricos/Frutales.
- 9.- Labor Intensiva.
- 10.- Labor extensiva.
- 11.- Frutales.
- 12.- Olivar.
- 13.- Viñedo.
- 14.- Olivar/Viñedo.
- 15.- Praderas.
- 16.- Pastizal.
- 17.- Matorral.
- 18.- Superficie Arbolada con especies Forestales.
- 19.- Improductivo.

Estas son las categorías que se representan en la menor de las escalas (1:1000000), en las escalas mayores (1:200000 y 1:500000) se subdividen estas categorías, tales subdivisiones son, también con una escala cualitativa. La representación básica es con símbolos superficiales utilizando el color, pero también se utilizan tramas para indicar subdivisiones de las clases principales.

9.7.- CLASIFICACION SEGÚN EL MAPA FORESTAL DE ESPAÑA.

En el presente apartado se considera a Ruiz de la Torre, J. Mapa Forestal de España E 1:200000. Madrid 1999.

En esta publicación se consideran tres tipos básicos de información superficial, los “tipos climático-estructurales”, los “niveles y subniveles de madurez” y la “estructura” de la cubierta .

Los estratos o tipos climático-estructurales se ajustan a tipos de clima en correspondencia con grandes grupos de estructuras de vegetación madura. Estos tipos se diferencian por su mayor o menor adaptación a las condiciones variables de humedad, sequía, frío, calor y altitud.

Los “tipos zonales” para la Península y Baleares son los que se indican a continuación.

A.- Alta montaña o pisos suprasilvicos. Se sitúan por encima de la timberline o límite altitudinal superior para el desarrollo del arbolado. Son estructuras propias de este tipo los desiertos y semidesiertos de altura, matorrales en los que predomina el desarrollo horizontal sobre el vertical, estepas de altura y otros tipos de matorrales o mezclas de vegetación herbácea y leñosa.

T.- Bosques asimilables al tipo Taigá. Se desarrollan en climas con invierno frío y verano fresco sin déficit hídrico, es estructura típica el bosque de coníferas aciculifolias con géneros como Abies (abetos), Pinus (pinos) y Taxus (tejos).

C.- Bosques caducifolios mesófilos. En climas con invierno frío o templado y verano templado a templado cálido sin déficit hídrico. Estructura típica es el bosque de caducifolios de hoja plana, con géneros como Fagus (hayas), Prunus (ciruelos) y Tilia (tilos).

S.- Bosques subsclerófilos. En climas con invierno frío o templado frío y verano templado, subseco o al menos con periodo subseco. Se presentan dos tipos estructurales,

según se trate de árboles mascacentes (las hojas permanecen en el árbol después de secas) o caducifolios. Se encuentran especies como *Quercus* (robles) y *Hacer* (arce).

E.- Bosques esclerófilos. Se corresponden con el clima mediterráneo con invierno templado a frío, húmedo a subseco y un periodo cálido y seco de 3 a 5 meses. La estructura típica se corresponde con árboles frondosos esclerófilos, de hoja persistente, pequeña y dura. Se encuentran géneros como *Quercus* (encina), *Olea* (acebuche, olivo) y *Ceratonia* (acacia).

H.- Vegetaciones hiperxéricas. Clima con invierno frío o templado y de sequía la mayor parte o la totalidad del año. La estructura típica es el bosque de coníferas xerófilas a base de *Pinus halepensis* (pino carrasco).

El “nivel de madurez” califica, con una escala ordinal, el tipo de cubierta, entre el desierto completo y una situación teórica estable de máxima adaptación a las condiciones de medio, máximo aprovechamiento de la potencialidad natural y máxima estabilidad por adaptación de los componentes a la convivencia. La escala va de 0 a 9, siendo el cero para el desierto, o sustrato desnudo dispuesto para comienzo de la colonización vegetal. Cada uno de los niveles entre 0 y el 7, tiene, a su vez varios subniveles, caracterizados, mediante una escala ordinal.

El nivel 8 corresponde con masas arbóreas con dos o tres especies dominantes en el estrato principal. No se distinguen subniveles.

El nivel 9 corresponde a bosques con más de tres especies arbóreas integrantes del estrato principal, con pocas diferencias de predominancia entre ellas. En este subnivel tampoco se distinguen subniveles.

Las muestras de los niveles 8 y 9 son muy escasas, tal vez inexistentes en la España Peninsular y Baleares. En todo caso, no tendrían representación en una escala 1:200000.

El tipo zonal y el nivel de madurez se representa mediante un símbolo superficial utilizando el color para representar todas las combinaciones entre ambos atributos.

Además de los anteriores, se representa la siguiente información, con la simbología que se indica:

1.- Estructura. Con símbolos superficiales utilizando tramas.

1.1.- Bosque, arboleda. Talla mayor de 7 m.

1.2.- Matorral arbustivo. Talla entre 3 y 7 m.

1.3.- Matorral alto o subarbustivo. Talla entre 1.5 y 3 m.

1.4.- Matorral medio. Talla entre 0.5 y 1.5 m.

1.5.- Matorral bajo. Talla entre 5 y 50 cm.

1.6.- Matorral rastrero alto. Talla menor o igual a 50 cm.

1.7.- Matorral rastrero bajo. Talla menor o igual a 5 cm.

1.8.- Herbazal vivaz alto. Talla mayor de 50 cm.

1.9.- Prado o herbazal vivaz bajo. Talla entre 5 y 50 cm.

1.10.- Herbazal vivaz cespitoso. Talla menor o igual a 5 cm.

1.11.- Lastonar o junquera.

1.12.- Herbazal terofítico.

1.13.- Liquenar.

1.14.- Musgar.

Además de las estructuras simples anteriores, se contemplan combinaciones de las mismas. Así como distribuciones especiales (rodales, repoblaciones, reforestaciones, etc.).

Además de la anterior información se utilizan pares de letras para indicar las especies presentes, p.ej. AA (Abies alba), QI (Quercus ilex), etc. También se utilizan símbolos pictóricos para indicar la presencia de especies notables y otra simbología literal o simbólica puntual para indicar otras características como estructuras singulares etc.

9.8.- CARTOGRAFIADO CUALITATIVO DE COMUNIDADES VEGETALES.

El cartografiado de las comunidades presupone haber realizado cierta caracterización o clasificación de las mismas.

La clasificación elegida debe de estar de acuerdo con la escala de los mapas que se quieren obtener. Para escalas muy pequeñas a partir de 1:1000000 sólo pueden representarse cinturas de vegetación, biomas o formaciones, considerando las comunidades desde el punto de vista de su estructura o sus tipos biológicos. En escalas pequeñas y medias, comprendidas entre 1:10000 y 1:1000000, pueden representarse asociaciones o complejos de asociaciones. Las clasificaciones fitosociológicas parecen adecuadas para escalas en el entorno del 1:25000.

En lo que respecta a la simbología, a pesar de la gran diversidad de propuestas, no se ha llegado a una estandarización generalmente aceptada. En este sentido hay que utilizar los criterios correspondientes a la comunicación y representación cartográfica, particularmente la simbología evocadora y que su diseño y densidad favorezcan la legibilidad y optimicen el proceso de comunicación.

En las áreas muy afectadas por la acción antrópica se produce falta de coincidencia entre la vegetación actual y la potencial, es decir, la que se supone existía antes de la acción del hombre. A veces, la representación de la vegetación actual no tiene sentido, pero, también la representación de la vegetación potencial puede ser equivocada por no tener elementos de juicio suficientes. Una solución puede ser representar la vegetación real, indicando la vegetación potencial hipotética por medio de la superposición de símbolos adecuados (Margalef, R.).

9.9.- INDICES Y MODELOS.

Parte del presente apartado se ha obtenido de Olsson L. and Pilesjö P. (2002) .

Para gran variedad de aplicaciones ambientales, se necesita describir la vegetación, de una manera explícita, mediante los parámetros apropiados. Para regiones extensas, la única forma práctica de llevar esto a cabo es utilizando la teledetección.

Pueden distinguirse dos métodos de estimación de parámetros, a partir de teledetección:

- a.- Obtener parámetros directamente de las imágenes de satélite.
- b.- Clasificar, mediante imágenes, para obtener tipos de cubiertas y posteriormente derivar parámetros a partir de la imagen clasificada.

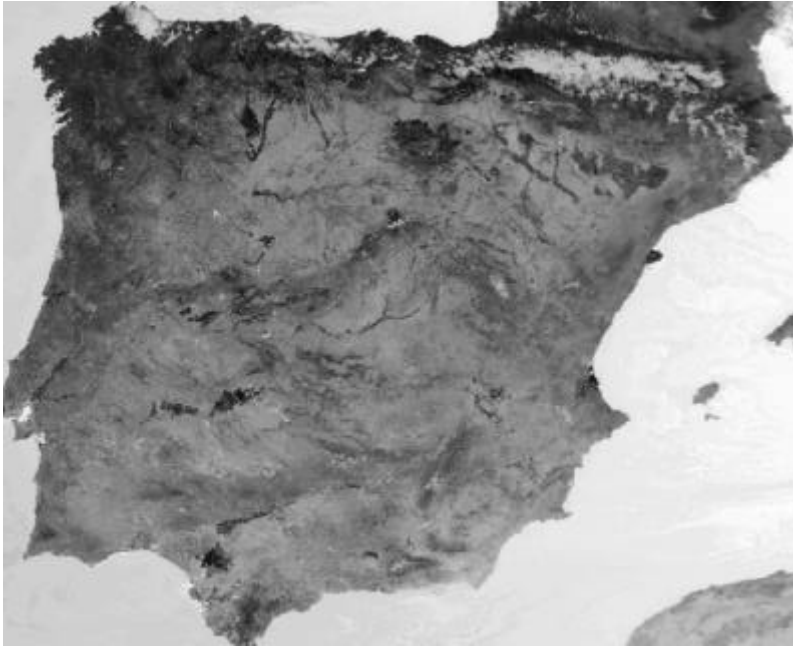
La primera posibilidad precisa utilizar series temporales de datos de satélite a lo largo del periodo vegetativo, lo cual sólo es posible con programas de alta resolución temporal o diacrónica como el sistema NOAA con el sensor AVHRR que es un clásico en este tipo de estudios.

Veamos algunos parámetros e índices que evalúan el grado de cobertura vegetal.

Índice de área foliar (IAF) o leaf area index (LAI) es la superficie de hojas en relación con la superficie de suelo. Es un índice muy utilizado en agricultura para estimar productividades.

Índice de vegetación de diferencia normalizada, normalized difference vegetation index (NDVI) es una relación normalizada, entre la radiación reflejada en el infrarrojo próximo (IRp) y el rojo (R) :

$$NDVI = (IRp - R)/(IRp + R)$$



NDVI a partir de AVHRR de NOAA

Radiación fotosintéticamente activa, photosynthetically active radiation (PAR) es la que corresponde al intervalo del espectro electromagnético comprendido entre 0.4 y 0.7 micras, es decir la radiación visible, se mide en milivatios por metro cuadrado (mW/m^2). En relación con la incidencia de la PAR sobre cubiertas vegetales, tal radiación puede descomponerse en una serie de fracciones que son las que siguen.

PARin: cantidad incidente de PAR.

PARtr: PAR transmitida hacia el terreno por la cubierta vegetal.

PARrs: PAR reflejada por el suelo que puede incidir en la parte inferior de la cubierta.

PARrc: PAR reflejada por la cubierta vegetal.

La PAR absorbida por la vegetación (APAR) se obtiene mediante:

$$\text{APAR} = (\text{PARin} + \text{PARrs}) - (\text{PARrc} + \text{PARtr})$$

Las plantas usan agua y nutrientes absorbidos por las raíces, anhídrido carbónico absorbidos por los estomas de las hojas y radiación (energía) absorbida por los pigmentos clorofílicos para realizar la fotosíntesis. Si podemos determinar la cantidad de energía que utilizan las plantas, tenemos una base para estimar la tasa de fotosíntesis, que es un parámetro fundamental en la estimación de productividad.

Llamamos fAPAR (fracción de PAR) a:

$$\text{fAPAR} = \text{APAR} / \text{PARin}$$

Diversos autores han propuesto relaciones entre NDVI y fAPAR.

$$\text{fAPAR} = 1.42 * \text{NDVI} - 0.39 \text{ (Lind and Fensholt, 1999).}$$

$$\text{fAPAR} = 1.41 * \text{NDVI} - 0.40, \text{ r}^2 = 0.963 \text{ (Pinter, 1992).}$$

$$\text{fAPAR} = 1.67 * \text{NDVI} - 0.008 \text{ (Prince and Goward, 1995).}$$

$$\text{fAPAR} = 1.62 * \text{NDVI} - 0.04, \text{ r}^2 = 0.96 \text{ (Lind and Fensholt, 1999).}$$

La obtención del LAI es menos directa que la de fAPAR , pero, desde un punto de vista práctico puede utilizarse la siguiente expresión:

$$PAR_{tr} = e^{-\frac{G \cdot LAI}{\text{sen}b}}$$

donde,

b: elevación solar (puede sustituirse por ángulo cenital solar, θ ($\text{sen}b = \cos \theta$))

G: coseno de la dirección media entre ángulo cenital solar y normales a las hojas.

Sellers y otros en 1996, establecieron la siguiente relación entre fAPAR y LAI :

$$LAI = LAI_{\max} \cdot \frac{\log(1 - fAPAR)}{\log(1 - fAPAR_{\max})}$$

donde,

LAI_{\max} : máxima LAI posible para un tipo particular de vegetación.

$fAPAR_{\max}$: el fAPAR correspondiente a LAI_{\max} .

En hidrología, para ciertos procesos, es importante estimar la cantidad de agua interceptada por la cubierta vegetal, Abbot and Refsgaard en 1996 propusieron la siguiente fórmula para estimar tal parámetro, siendo,

$$I_{\max} = C_{int} \cdot LAI$$

Donde,

I_{\max} : capacidad de almacenamiento interceptada en mm

C_{int} : parámetro empírico de interceptación, típicamente 0.05 mm. Para bosques caducifolios.

A partir de la APAR puede estimarse la productividad neta primaria (NPP) a lo largo de un año de desarrollo de la vegetación.

$$NPP = \sum_{i=1}^{365} \epsilon_i \cdot APAR_i$$

donde,

ϵ_i : factor que cuantifica la eficiencia fotosintética.

A partir de un sistema de teledetección puede utilizarse la siguiente:

$$NPP = \sum_{i=1}^{365} [\epsilon_i \cdot (a \cdot NDVI + b) \cdot PAR_{in}]$$

donde PAR_{in} es la PAR incidente que es función de la fecha, hora, latitud y nubosidad. En el tema de modelos digitales de elevación se expone un método para estimar la cantidad de radiación incidente.

S. Ormeño. Teledetección.

El parámetro ϵ_i depende del estrés de la vegetación debido al agua, temperatura y carencia de nutrientes. Diferentes autores han propuesto métodos, bien basados en teledetección (Asrar, 1989) o en modelos biofísicos (Sellers, 1992; Prince and Goward, 1995; Lind and Fensholt, 1999).

9.10.- REFERENCIAS.

Abbot, M.B. and Refsgaard, J.C. 1996. Distributed Hydrological Modelling. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.

Asrar, G. 1989. Theory and application of optical remote sensing. Wiley. New York.

Braum-Blanquet, J. y Pavillard J. 1928. Vocabulaire de sociologie Végétale, Montpellier.

Elleberg, H. y Mueller-Dombois, D. 1996. Ver. Geob. Inst. E.T.H. Stiftg, Rübel Zurich, 37; 21-55, 56-73.

Holdridge, L. R. 1947. Science, 105: 367-368.

Lind, M. and Fensholt, R. 1999. The spatio-temporal relationship between rainfall and vegetation development in Burkina Faso. Danish Journal of Geography. 2, 43-56.

Margalef, R. (1977). Ecología. Ed. Omega. Barcelona.

Olsson L. and Pilesjö P. Skidmore, A. 2002. Environmental modelling with GIS and Remote Sensing. Taylor and Francis.

Prince, S.D. and Goward, S.N. 1995. Global primary production: a remote sensing approach. Journal of Biogeography, 22, 815-835.

Raunkjaer, C. 1934. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford Univ. Press.

Ruiz de la Torre, J. 1999. Mapa Forestal de España E 1:200000. Madrid.

Sellers, P.J. 1992. Biophysical models of land surface processes in Trenberth. Climate system Modelling. Cambridge University Press.

Sellers, P.J., Los, S.O., Tucker, C.J., Justice, C.O., Dazlich, D.A., Collats, G.J. and Randall, D.A. 1996. A revised land surface parameterisation for atmospheric GCMs. Part II: the generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from satellite data. Journal of Climate. 9, 706-737.

Rübel, E. 1933. Geographie der Pflanzen en Handwörterbuch Naturwiss. Jena.

TEMA 10.- GEOLOGIA. CLASIFICACIONES. INDICES Y MODELOS.

10.1.- LITOLOGÍA.

La litología es uno de los componentes fundamentales en mapas geológicos. Tomada de M.Fuster (1978), se expone, a continuación la clasificación de los diferentes tipos de roca que, con mayor o menor distribución superficial, pueden formar parte de dichos mapas. Se exponen, asimismo, algunas características que permiten diferenciarlas entre sí. La litología se representa mediante símbolos superficiales.

A.- Rocas sedimentarias.

A.1.- Detríticas. Fragmentos de roca con cemento de origen químico.

A.1.1.- Conglomerados. Grano de diámetro superior a 4 mm. Pudingas (redondeados), brechas (angulosos).

A.1.2.- Areniscas. Grano de diámetro inferior a 4 mm. Ortocuarzitas (granos de cuarzo, cemento silíceo), grauvacas (granos de fragmento de roca, cemento arcilloso), arcosas (granos de cuarzo, feldespato y, a veces, mica, cemento calcáreo).

A.2.- Arcillosas o lutitas. Grano de diámetro inferior a 0.05 mm.

A.2.1.- Arcillas caolínicas.

A.2.2.- Arcillas montmorilloníticas.

A.2.3.- Arcillas residuales. Resultado de procesos de edafización.

A.2.4.- Margas: Arcillas + CO_3Ca .

A.2.5.- Loess: polvo eólico sin estratificar, naturaleza silíceo margosa.

A.3.- Carbonatadas.

A.3.1.- Calizas. CO_3Ca .

A.3.2.- Dolomías: $(\text{CO}_3)_2\text{CaMg}$

A.4.- Salinas (evaporitas). Bicarbonatos, cloruros, sulfatos y bromuros, de sodio, magnesio, calcio y potasio.

A.5.- Fosfatadas. $(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$. Fosfato tricálcico.

A.6.- Ferruginosas.

A.6.1.- Depósitos de siderita. CO_3Fe .

A.6.2.- Hierro oolítico. Esferitas con capas concéntricas de Fe_2O_3 y siderita.

A.6.3.- Hierro de los pantanos. $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

A.7.- Rocas orgánicas. Carbones, turberas, petróleo.

B.- Rocas plutónicas o intrusivas.

B.1.- Con cuarzo.

B.1.1.- Granito. Ortosa > plagioclasa.

B.1.2.- Granodiorita. Ortosa <> plagioclasa.

B.1.1.- Cuarzodiorita. Ortosa < plagioclasa.

B.2.- Sin cuarzo ni feldespatoideos.

B.2.1.- Sienita. Ortosa > plagioclasa.

B.2.2.- Monzonita. Ortosa <> plagioclasa.

B.2.3.- Diorita, Gabro. Ortosa < plagioclasa.

B.2.4.- Peridotita. Sin feldespatos.

B.3.- Con feldespatoideos.

B.3.1.- Sienita nefelínica. Ortosa > plagioclasa.

B.3.2.- Monzonita nefelínica. Ortosa <> plagioclasa.

B.3.3.- Rocas básicas con feldespatoideos.

C.- Rocas filonianas.

S. Ormeño. Teledetección.

C.1.- Pórfidos. Textura porfídica. Ácidos e intermedios.

C.2.- Rocas filonianas ácidas. (cuarzo+feldespatos+...)

C.2.1.- Aplitas.

C.2.2.- Pegmatitas.

C.3.- Rocas filonianas básicas. Lamprófido.

D.- Rocas volcánicas o efusivas.

D.1.- Piroclásticas.

D.1.1.- Bombas volcánicas.

D.1.2.- Lapilli.

D.1.3.- Cenizas volcánicas.

D.1.4.- Tobas volcánicas: consolidación de cenizas y lapilli.

D.1.5.- Brechas de explosión o aglomerados volcánicos.

D.1.5.- Conglomerados volcánicos. Arrastradas por agentes superficiales (sedimentarias).

D.2.- Volcánicas. Lavas.

D.2.1.- Con cuarzo.

D.2.1.1.- Riolitas. Ortosa>plagioclasa.

D.2.1.2.- Riodacitas. Ortosa<>plagioclasa.

D.2.1.3.- Dacitas. Ortosa<plagioclasa

D.2.2.- Sin cuarzo ni feldespatoides.

D.2.2.1.- Traquitas. Ortosa>plagioclasa.

D.2.2.2.- Latitas. Ortosa<>plagioclasa.

D.2.2.3.- Andesitas y basaltos. Ortosa<plagioclasa

D.2.3.- Con feldespatoides.

D.2.3.1.- Fonolitas. Ortosa>plagioclasa.

D.2.3.2.- Basanitas, tefritas, basaltos nefelínicos. Ortosa<plagioclasa.

E.- Rocas metamórficas. Grado creciente de metamorfización. Las micas son silicatos aluminicos, estratos de tetraedros de sílice unidos por átomos de Al. Moscovita o mica blanca (con K). Clorita (con Fe y Mg). Clorita + Fe producen biotita + H₂O + Al. La biotita es la mica negra.

E.1.- Pizarras. Pequeñas laminillas de moscovita y clorita invisibles a simple vista.

E.2.- Esquistos. Moscovita y clorita visibles a simple vista.

E.3.- Micacitas. La clorita se transforma en biotita, la roca sólo contiene micas.

E.4.- Gneis. La moscovita se transforma en ortosa. Suelen tener, además, cuarzo.

10.2.- GEOCRONOLOGÍA.

La geocronología, también forma parte de los mapas geológicos, a continuación se citan, de forma sucinta las características de los diferentes periodos que se consideran en geología. Al igual que la litología, su implantación en los mapas es de tipo superficial.

A.- Arqueozoico. Hasta hace 650 millones de años. Organismos unicelulares.

B.- Paleozoico. Hasta hace 230 millones de años. Cámbrico (trilobites), Ordovícico(cefalópodos), Silúrico (corales), Devónico (peces), Carbonífero(peces anfibios), Pérmico (anfibios).

C.- Mesozoico. Hasta hace 70 millones de años. Edad de los reptiles. Triásico, jurásico y Cretácico.

D.- Cenozoico. Hasta hace 1 millón de años. Edad de los mamíferos. Paleoceno, Eoceno, Oligoceno, Mioceno, Plioceno.

S. Ormeño. Teledetección.

E.- Cuaternario. Desde hace 1 millón de años. Pleistoceno, Holoceno.

10.3.- ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS.

Las estructuras geológicas, básicamente están formadas por entidades lineales y puntuales. A continuación se muestra una clasificación de las mismas. Para más detalle sobre sus características puede consultarse el libro Cartografía Geológica de Martínez Alvarez (1989)

A.- Estratificación.

- Dirección y buzamiento (líneas de máxima pendiente) de los estratos.
- Dirección y buzamiento invertido de los estratos (los mas recientes abajo).
- Estratificación vertical.

B.- Esquistosidad, foliación.

- Dirección e inclinación de la esquistosidad de pizarras.
- Esquistosidad vertical.
- Esquistosidad horizontal.
- Dirección y buzamiento de la foliación.
- Foliación vertical.
- Foliación horizontal.

C.- Diaclasas.

- Dirección y buzamiento de las diaclasas.
- Diaclasas verticales.
- Diaclasas horizontales.

D.- Plegamiento.

- Vergencias (ángulo del plano axial con H).
- Dir. y buzamiento general de estratos arrugados, plegados u ondulados.
- Buzamiento de los anticlinales secundarios.
- Buzamiento de los sinclinales secundarios.
- Sinclinal.
- Anticlinal.
- Anticlinal invertido (volcado).
- Sinclinal invertido (volcado).
- Anticlinorio.
- Sinclinorio.

E.- Fallas.

- Falla con desplazamiento relativo de sus partes.
- Cabalgamiento.
- Falla inversa.
- Falla con indicación de hundimiento.

F.- Geología económica.

- Cantera o mina.
- Pequeña prospección con excavación abierta.
- Explotación minera abandonada profunda.
- Explotación minera abandonada poco profunda.
- Vértice de triangulación.

S. Ormeño. Teledetección.

- Sondeo o estación de reconocimiento.
- Tipo de material.
- Boca de túnel o galería.
- Pozo petrolífero o de gas.

10.5.- CARTOGRAFIA.

En España, el Instituto Tecnológico Geominero es el encargado de este tipo de cartografía, sus publicaciones más utilizadas son la escala 1:50000 y 1:200000.

La simbología utilizada, está en correspondencia con el nivel de información a que se refiere, utilizando símbolos superficiales con tramas y colores para la geocronología, en correspondencia con la litología, también se utilizan símbolos literales con implantación puntual. Para las estructuras se utilizan símbolos lineales y puntuales.

A cada periodo geológico se le asigna un color, las diferentes subdivisiones de los periodos (formaciones) se corresponden con diferentes litologías y se representan mediante diferentes tramas y símbolos literales con subíndices. Por ejemplo, todo el periodo Jurásico tiene un mismo color, todo el Dogger tiene la misma trama superficial, y dentro de ésta, el Batholiense tiene el mismo símbolo literal J₂₃. De manera que existe una jerarquía en la simbología, en correspondencia con la de las clases cronológicas, en el máximo nivel está el color, posteriormente la trama y, por último, el símbolo literal.

La leyenda explicita las jerarquías citadas y refleja el tipo de litología(roca) que corresponde a la formación en cuestión.

Los datos para el cartografiado pueden ser de diferente naturaleza, son los que siguen a continuación.

A.- Datos someros directos. Observables cuando se recorre la superficie más exterior de la corteza terrestre. Se manifiestan de forma clara e interpretativa y no son necesarias técnicas específicas complejas para destacarlos.

B.- Datos prospectivos directos. Se realizan calicatas, galerías y sondeos, además se realizan acciones de prueba en secciones y a diferentes profundidades para verificar calificaciones y realizar medidas. De esta forma se recuperan los diversos datos y valores que precisa la interpretación y valoración de las características de La Tierra cortical en cualquier lugar.

C.- Datos de imágenes aéreas y de satélites. Son técnicas clásicas la fotogeología, y el análisis mediante pares estereoscópicos. Actualmente, las imágenes de satélite ofrecen nuevas posibilidades, tanto mediante el análisis de las características espectrales de las diferentes áreas como estereoscopía de satélite y modelos digitales de elevación. La estimación de la inercia térmica de los materiales a partir de tomas nocturnas y diurnas, ofrecen grandes posibilidades para discriminación litológica.

D.- Datos extractivo-mineros. Constituyen el conjunto de datos de interés geológico que se obtienen en los lugares de explotación minera o a lo largo del continuo y sucesivo desarrollo de la mina, que constituyen un conjunto de datos muy apreciables desde el punto de vista cartográfico.

E.- Datos prospectivos indirectos. Se encuentran en este grupo gran diversidad de datos que o bien no pueden ser captados en cualquier momento (sismicidad natural, volcanismo, subsidencias, etc.), o que no suelen manifestarse exteriormente (datos gravimétricos, magnéticos, radiactivos, etc.) o bien que deben de ser previamente estimulados (sondeos eléctricos, polarización inducida, sismicidad inducida, etc.).

F.- Datos de obras civiles. En muchos tipos de obra se ponen al descubierto datos geológicos de notable importancia cartográfica.

G.- Datos de laboratorio. En el laboratorio se destacan datos y se precisan y concretan valores de carácter cuantitativo que pueden ser objeto de representación cartográfica.

H.- Datos bibliográficos. La información correspondiente puede proceder de libros, revistas especializadas, mapas, planos e informes geológicos.

I.- Datos topográficos. Se refieren a datos y valores contenidos o derivables del estudio topográfico, que están relacionados con la dinámica geológica.

Para ampliar información sobre la presente cuestión se recomienda consultar a Martínez-Alvarez, J.A. (1989), del cual están tomados algunos de los conceptos aquí expuestos.

10.6.- UTILIZACIÓN DE IMÁGENES AVHRR DE NOAA.

NOAA es una serie de satélites de la National Oceanic and Atmospheric Administration de los Estados Unidos. Este tipo de satélites tienen dos tomas diarias de cada punto de su cobertura (casi global), con una toma nocturna y otra diurna. A bordo de tales satélites va el sensor AVHRR (advanced very high resolution radiometer), este sensor tiene una resolución de 1.1 Km. y, dispone de 5 bandas espectrales, la banda 1 en la región del rojo (0.55-0.68), la banda 2 en el infrarrojo próximo(0.73-1.1), las bandas 3, 4 y 5 en el infrarrojo térmico y con longitudes de onda de (3.55-3.93), (10.5-11.5) y (11.5-12.5), todos los intervalos expresados se encuentran en micras.

El valor digital de cada píxel se codifica en 10 bits, con lo cual se puede representar un rango entre 0 y 1023. A partir del valor digital (C), puede obtenerse la radiancia, para cada banda (E_i), en milivatios/m².stereoradián.cm⁻¹.

$$E_i = S_i * C + I_i$$

La radiancia se refiere a la radiación emitida por unidad de tiempo, por unidad de ángulo sólido, por unidad de área perpendicular a la dirección de emisión.

S_i e I_i son los coeficientes de calibración del sensor, para cada banda y reciben los nombres respectivos de pendiente (slope, gain) y sesgo(displacement, intercepted value).

A partir del anterior valor de radiancia, puede obtenerse la temperatura de brillo utilizando la inversa de la ley de Planck.

$$T(E) = \frac{C_2 v}{\ln \left(1 + \frac{C_1 v^3}{E} \right)}$$

Donde T es la temperatura en ° Kelvin para la radiancia E, v es el valor central del intervalo de longitudes de onda (en términos de frecuencia) de la banda correspondiente en cm⁻¹, teniendo C_1 y C_2 los siguientes valores:

$$C_1 = 1.1910659 * 10^{-5} \text{ milivatios/m}^2 \cdot \text{stereoradián} \cdot \text{cm}^{-4}$$

$$C_2 = 1.438833 \text{ cm}^\circ \text{K}$$

La temperatura obtenida por este método no está corregida de la atenuación debida a la atmósfera.

Para la banda 3, $v = 2638.05 \text{ cm}^{-1}$.

Para la banda 4, $v = 912.01 \text{ cm}^{-1}$.

A partir de los valores digitales de las bandas 1 y 2 (intervalo óptico), con los correspondientes coeficientes de calibración, puede obtenerse el porcentaje de albedo, de manera que tal valor A_i se obtiene mediante :

$$A_i = S_i * C + I_i$$

El citado porcentaje de albedo es el cociente entre radiación reflejada y radiación incidente, en todo el rango espectral y en todas las direcciones.

Los coeficientes de calibración S e I deben de obtenerse de la documentación correspondiente al satélite en cuestión y se actualizan, por calibraciones en órbita, siendo incluidos en la documentación anexa a las propias imágenes.

10.7.- INERCIA TERMICA. CONCEPTO. ESTIMACIÓN.

La conductividad térmica de un material representa la cantidad de calor que es capaz de transmitir. Se expresa en calorías por centímetro por segundo. En laboratorio, se miden el número de calorías que atraviesan un centímetro cúbico del material en un segundo, cuando a ambos lados se mantiene una diferencia de 1°C. Normalmente todas las rocas son malas conductoras del calor y tienen valores muy parecidos.

Capacidad térmica es la capacidad del material para guardar calor. Representa el número de calorías necesarias para aumentar la temperatura de un gramo del material en 1°C. Se mide en (Cal.g.°C).

La inercia térmica de un objeto es la medida de la respuesta térmica de dicho objeto a los cambios de temperatura externos a él. Este parámetro intenta mostrar la forma en que cambia la temperatura del objeto cuando las condiciones externas también cambian.

El valor de la inercia térmica puede calcularse mediante la expresión siguiente.

$$P = \sqrt{K \cdot \rho \cdot C}$$

Donde K es la conductividad térmica en $\text{cal.cm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{°C}^{-1}$., ρ es la densidad del material en g.cm^{-3} y C es la capacidad térmica en $\text{cal.cm}^{-1}\text{s}^{-1}\text{°C}^{-1}$.,. Las unidades de la inercia térmica son: $\text{cal.cm}^{-2}\text{s}^{-1/2}\text{°C}^{-1}$.

El factor que más influye en las diferencias de P entre unas rocas y otras es la densidad, ya que K y C son muy parecidos entre los diferentes tipos, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Material	K	C	ρ	P
Basalto	0.0050	0.2	2.8	0.053
Dolomita	0.012	0.18	2.6	0.075
Granito	0.0075	0.16	2.6	0.052
Caliza	0.0048	0.17	2.5	0.045
Pumita	0.0006	0.16	1.0	0.009
Riolita	0.0055	0.16	2.5	0.047
Cuarcita	0.012	0.17	2.7	0.074
Arcilla	0.003	0.35	1.7	0.042
Sienita	0.0077	0.23	2.2	0.0047

Debido a las radiaciones procedentes del Sol, los materiales de la superficie terrestre se calientan durante el día y se enfrían en las horas nocturnas, existiendo una diferencia de

temperatura entre el día y la noche, tal diferencia de temperatura depende de la resistencia de los materiales a perder calor, es decir depende de su inercia térmica. Por ejemplo, en las arenas, tal diferencia de temperatura es mayor que en los basaltos, esto es debido a que las primeras tienen menos inercia térmica que los segundos. Los materiales poco densos ganan y pierden calor con facilidad, lo cual no sucede con los muy densos.

El término inercia térmica aparente describe, igualmente, el fenómeno de la inercia térmica, pero mediante una estimación de su valor, con valores que pueden calcularse mediante métodos de Teledetección por satélite, la expresión que define tal magnitud es la siguiente.

$$ITA=(1-a)/\Delta T$$

Donde ITA es la inercia térmica aparente, a es el albedo y ΔT es la diferencia de temperaturas. Las unidades son en $\%^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Las temperaturas nocturna y diurna, al igual que el albedo, pueden calcularse fácilmente a partir de las imágenes AVHRR tal como se explicó anteriormente.

Un dato a tener muy en cuenta es la presencia de zonas húmedas y de vegetación, lo cual puede distorsionar la estimación de inercias térmicas de los materiales geológicos.

Lo más riguroso, es limitar el estudio a aquellas zonas en que no está presente cobertura de vegetación ni aguas superficiales o humedades, mediante un método de enmascarado de la información resultante.

Discriminando materiales según su inercia térmica, estamos, por tanto estableciendo diferentes tipos según la densidad de los mismos, la cual varía para las diferentes litologías.

10.8.- REFERENCIAS.

Brinkmann, R. 1964. Compendio de geología general. Labor. Barcelona.

Lahee, F.H. 1970. Geología práctica. Omega. Barcelona.

Maltman, A. 1990. Geological Maps. Open University Press. Buckingham.

Martínez –Alvarez, J.A. 1989. Cartografía Geológica. Paraninfo. Madrid.

Meléndez, B. Y Fuster, J.M. 1978. Geología. Paraninfo. Madrid.

Varios. Mapa Geológico Nacional (MAGNA). Instituto Tecnológico Geominero. Madrid.

TEMA 11.- EL SUELO. CLASIFICACIONES

11.1.- CONCEPTOS. HORIZONTES.

Varios de los conceptos utilizados en este tema están tomados de Duchafour P. (1975). Clásicamente se consideraba el suelo como un medio estable, inerte, limitado a algunos centímetros de tierra vegetal, que ofrece ciertas propiedades físicas y químicas, enteramente determinadas por la roca subyacente y que constituye el soporte de la vegetación.

Actualmente se considera al suelo como un complejo dinámico, que se caracteriza por una atmósfera particular, un contenido en agua, una materia orgánica, unos minerales y unos seres vivos, todo ello interactuando entre sí y produciéndose una evolución de todo el conjunto.

Se dice que el suelo es el resultado de una serie de agentes formadores que son, el clima, la roca madre, la geomorfología, la vegetación y el tiempo.

La roca madre, al descomponerse, suministra los elementos minerales (arena limo y arcilla), mientras que la vegetación da lugar a la materia orgánica esta materia, se descompone produciendo un conjunto de sustancias de composición compleja que se denominan humus y que se unen íntimamente con las arcillas del suelo, dando lugar al complejo arcillo-húmico, cuyas características determinan, en gran medida, la fertilidad del suelo. Esa unión de humus y arcillas producen los agregados que determinan la estructura del suelo. El porcentaje relativo de arena, limo y arcilla, determina la textura del suelo (arenosa, arcillosa, limosa, franca).

Los factores climáticos y biológicos provocan una transformación y una mezcla de estos elementos; por otra parte, las sustancias solubles o coloidales pueden desplazarse de un horizonte a otro, con lo cual, unos se enriquecen y otros se empobrecen. El conjunto de todos estos procesos conducen a la formación de los horizontes, a la diferenciación del perfil. Los horizontes sucesivos están tanto más diferenciados cuanto más evolucionado es el perfil; su designación se hace por las letras A, B (horizontes propiamente edafológicos) y C (roca madre).

Como consecuencia de diferentes congresos, la nomenclatura y la designación de los horizontes, adoptadas por la mayoría de los autores, son las siguientes:

(A): Horizonte que se diferencia de la roca madre por una simple disgregación física.

A: Horizonte de superficie, que contiene materia orgánica; a menudo empobrecido en coloides o en hierro por lavado.

(B): B “estructural” o de alteración, que difiere de la roca madre por su grado de alteración más fuerte (presencia de Fe_2O_3 libre) y del horizonte de superficie A por su diferente estructura.

B: Horizonte enriquecido por iluviación de elementos finos o coloidales: arcilla, óxidos de hierro y aluminio y, a veces humus.

C: Material original a expensas del cual se forman A y (B) o B.

G: Horizonte de color gris verdoso, rico en hierro ferroso, con manchas de herrumbre que se forman en el seno o en el límite superior de una capa de agua permanente.

11.2.- CLASIFICACION FRANCESA. PRINCIPALES TIPOS.

A.- Suelos no evolucionados o brutos. Perfil (A)C.

A.1.- De erosión: Regosoles (roca blanda), Litosoles (roca dura).

A.2.- De aporte: Aluviones recientes.

S. Ormeño. Teledetección.

A.3.- Climáticos: Poligonales (regiones polares), ergs (desiertos de arena), reg (desiertos pedregosos).

B.- Suelos poco evolucionados. Perfil AC.

B.1.- Rankers. Complejo arcillo-húmico desaturado, mas o menos ácidos. Humus moder o mor. Pueden ser de erosión, de aporte o climáticos.

B.1.1.- De erosión.

B.1.2.- De aporte.

B.1.3.- Climáticos.

B.2.- Rendzinas. Complejo a-h saturado.

B.2.1.- Rendzinas típicas. Roca madre carbonatada blanda (creta, caliza margosa), pH próximo a 8, mull(tipo de humus en bosque de planifolios) cálcico gris o pardo-negro, rejuvenecimiento por erosion.

B.2.2.- Rendzinas pardificadas. Perfil A(B)C. Sin erosión, Acidificación superior a las típicas.

B.2.3.- Suelos húmicos carbonatados. Sobre calizas duras en montaña. Materia orgánica muy abundante.

B.3.- Suelos de estepa. Horizonte cálcico de acumulación (K lixiviado).

B.3.1.- Chernosems. Tierras negras. Diversos tipos de roca madre. Climas continentales levemente áridos (350 – 450 mm. de pluviometría). Rusia y Europa central.

B.3.2.- Suelos castaños. Climas más áridos (250 – 300 mm. de pluviometría). Menos materia orgánica (M.O.). En clima mediterráneo da lugar a suelos castaño-rojos (a veces con costra caliza). N. De Africa.

B.3.3.- Brunisems. Clima mas húmedo. Acidificacón. Aparece un B arcilloso poliédrico. Pradera de América del N.

B.4.- Vertisoles. Perfil A(B)C. Arcillas hinchables.

C.- Suelos evolucionados. Perfil ABC. Horizontes eluviales e iluviales bien diferenciados.

C.1.- Con mull.

C.1.1.- Suelos pardos. Arrastre de coloides poco acentuado o nulo. Horizonte B difícil de distinguir. Climas templados de tendencia continental (lluvias de verano). En bosque medioeuropeo de planifolios.

C.1.2.- Suelos lixiviados. Horizontes superficiales mas ácidos. Horizonte B típico, pobre en M.O. y rojo por el Fe. En climas templados de tendencia atlántica. En robledal acidófilo y climas mediterráneos húmedos.

C.2.- Con Mor (humus muy ácido de aciculifolios). Podsolización, es el proceso por el cual el humus muy ácido reduce el Fe y libera sílice y alúmina que pasan al B.

C.2.1.- Suelos podsólicos. Podsolización limitada. B ferruginoso, color ocre vivo o rojizo.

C.2.2.- Podsoles. Con mayor grado de podsolización.

C.3.- Ferruginosos y ferralíticos. Climas cálidos y húmedos. Gran alteración de la roca madre, con liberación de óxidos metálicos.

C.3.1.- Ferruginosos. En zonas cálidas, con estación seca bien marcada (P<1200 mm.). Bajo clima tropical seco (ferruginosos tropicales). Bajo clima mediterráneo (suelos sojos mediterráneos). Con Fe₂O₃.

C.3.2.- Ferralíticos. En clima ecuatorial, subecuatorial o tropical húmedo (P<1200 mm.). Con Fe₂O₃ y Al₂O₃. Intensa alteración de la roca madre (laterización).

C.4.- Suelos hidromorfos.

C.4.1.- Con pseudogley. Capa temporal de agua mas o menos superficial.

S. Ormeño. Teledetección.

C.4.2.- Con gley. Nivel freático permanente, con pequeñas oscilaciones.

C.4.3.- Turbas.

C.5.- Suelos halomorfos.

C.5.1.- Solonchaks. Perfil AC. Climas de estación seca acusada. Eflorescencias salinas blancas. $\text{PH} < 8.5$.

C.5.2.- Suelos alcalinos. Perfil A(B)C. Clima más húmedo o con estaciones muy marcadas (tropical). $\text{PH} > 8.5$, mala estructura.

C.5.3.- Solonetz. Lixiviación de coloides minerales y orgánicos dispersos. B compacto columnar. Saturación del complejo por Na. PH aproximadamente 9 en el horizonte B y pH aproximadamente 7 en superiores.

C.5.4.- Solods. Lixiviación más intensa de coloides acompañada de podsolización. Horizonte A con pH aproximadamente 5 (capa superficial de humus bruto).

11.3.- HORIZONTES DE DIAGNOSTICO.

Para realizar la clasificación americana, es fundamental, considerar la presencia en el perfil del suelo de los llamados horizontes de diagnóstico, tales horizontes pueden ser de 2 tipos, epipediones u horizontes superficiales (corresponden a los A y, a veces la parte superior del B) y endopediones u horizontes subsuperficiales. La descripción detallada de todos ellos sale del propósito de los presentes apuntes, sin embargo, describimos, a continuación algunas propiedades de los horizontes más comunes. Entre los epipediones se encuentran los siguientes.

Mólico: horizonte húmico con bastante espesor (más de 10 cm), de color oscuro, con estructura aireada grumosa, rico en cationes bivalentes (grado de saturación superior al 50 %) y en nitrógeno (C/N inferior a 17). Corresponde sensiblemente al mull cálcico o eutrófico.

Umbrico: de aspecto parecido al anterior, pero ácido (saturación inferior al 50 %) y pobre en nitrógeno (C/N superior a 17), la estructura, a menudo es maciza o se endurece en estado seco (mor o moder ácido y con mucho espesor). Los moder, bien humidificados, se distinguen de los mor, poco humidificados, por la presencia de residuos (“bolitas”) fecales de artrópodos inferiores y la ausencia, por el contrario, de fragmentos de tejidos con estructura organizada.

Ocrico: pobre en materia orgánica, presenta un color claro (mull o moder de poco espesor).

Hístico: horizonte turboso.

Antrópico y plaggen: horizontes húmicos de origen humano.

Entre los endopediones se encuentran los siguientes:

Cámbico: sólo existe en los perfiles con alteración suficientemente profunda, y por tanto, evolucionados, por lo general es designado en las clasificaciones internacionales por la letra (B). No está coloreado por el humus, sino por los óxidos de hierro resultantes de la alteración. Normalmente, el horizonte B presenta un color pardo u ocre, a veces herrumbroso, debido al Fe_2O_3 libre y, por consiguiente, es más rico en este elemento que el horizonte C.

Oxico: en clima ecuatorial y tropical húmedo, este horizonte sustituye al B cámbico, es más rico en sesquióxidos libres (Fe_2O_3 y también Al_2O_3 ; más del 12 % del peso de arcilla), muy pobre en minerales alterables, de estructura maciza o poliédrica, pero desprovisto de recubrimientos arcillosos.

Nátrico: resultante del lavado de arcilla y de humus sódico en medio alcalino, horizonte con estructura en columnas redondeadas, con revestimientos amorfos negruzcos.

Argílico: resultante del lavado de arcilla y de hierro, en medio poco ácido y biológicamente activo; formación de un horizonte B con estructura en poliedros recubiertos de revestimientos brillantes de arcilla ferruginosa, con moléculas orientadas (clay-skin), sin acumulación de materia orgánica. C/N pequeño, inferior a 14.

Spódico: resultante del lavado de complejos orgánicos que llevan consigo hierro y aluminio; se observan revestimientos amorfos a base de humus y de hidróxidos complejados. C/N elevada, superior a 14.

Además de los anteriores, se encuentran otros horizontes como: ágrico, álbico, cálcico, petrocálcico, gipsico, petroyipsico, petroférico, sálico, sulfúrico, plintita, fragipan y duripan.

11.4.- CLASIFICACION AMERICANA.

La clasificación americana presenta una serie de clases o categorías estructuradas jerárquicamente, tales son orden, suborden, grupo, subgrupo, familia y serie.

Esta clasificación utiliza como criterios esenciales la presencia (o ausencia) de los diferentes horizontes de diagnóstico. Tales horizontes sirven para definir las diez unidades fundamentales u órdenes.

Las subdivisiones de los órdenes en subórdenes se basan, también en la presencia de horizontes de diagnóstico diferentes de los que caracterizan el orden, aunque también utilizan otros criterios como el microclima interno del suelo, la hidromorfía (saturación por agua) y algunos subórdenes están ligados a caracteres de la roca madre. Los grandes grupos se determinan por la presencia de horizontes de diagnóstico particulares, principalmente los calificados como secundarios (plintita, fragipan y duripan).

A continuación se muestran las principales categorías, a nivel de grupo y subgrupo, con una sucinta descripción intuitiva de cada una de ellas (Duchafour, P.).

1.- Entisoles: Reciente. Suelos poco evolucionados, sin horizonte de diagnóstico (sufijo “ent”).

1.1.- Acuents: Agua. Suelos hidromorfos, suelos aluviales con gley.

1.2.- Psamments: Textura arenosa. Regosoles arenosos.

1.3.- Ortents: Comun. Regosoles o litosoles.

1.4.- Fluvents: Fluvial. Suelos aluviales.

2.- Vertisoles: Suelos con arcillas hinchables (sufijo “ert”).

2.1.- Acuerts: Suelos negros hidromorfos.

2.2.- Usterts: Combustión, regimen de humedad ustico. Suelos menos oscuros, hidromorfía estacional menos acentuada.

3.- Inceptisoles: Comienzo. Suelos con horizontes de diagnóstico que se forman rápidamente: umbrico o cámbrico (sufijo “ept”).

3.1.- Acuepts: pseudogley de superficie con perfil A(B)g.

3.2.- Andepts: Andosoles, suelos sobre cenizas volcánicas.

3.3.- Umbrepts: Presencia de epipedión úmbrico. Rankers o suelos pardos oscuros, casi negros, con horizonte úmbrico.

3.4.- Ocrepts: Presencia de epipedión ócrico. Suelos pardos, con perfil A(B)C.

4.- Aridisoles: Arido. Suelos de clima árido, suelos desérticos (sufijo “id”).

4.1.- Ortids: serosems, suelos pardos-serosems.

4.2.- Argids: Presencia de horizonte argílico. Suelos áridos, lavados, con B argílico.

- 5.- Molisoles: Suelos con horizonte A mólico (sufijo “ol”).
- 5.1.- Rendolls: Alto contenido en carbonatos. Suelos calizos. Renzinas.
 - 5.2.- Albolls: Presencia de horizonte álbico. Planosoles y solonetz con horizonte álbico.
 - 5.3.- Acuolls: Suelos húmicos con gley, brinisems con gley.
 - 5.4.- Borolls: Boreal, frío. Chernosems.
 - 5.5.- Udolls: Régimen de humedad húdico. Brunisems, suelos de pradera.
 - 5.6.- Ustolls: Régimen de humedad ústico. Suelos castaños y castañorrojizos de estepa.
 - 5.7.- Xerolls: Régimen de humedad xérico. Suelos pardos de estepa seca.
- 6.- Spodosoles: Suelos con B spódico. Podsoles (sufijo “od”).
- 6.1.- Acuods: Podsoles hidromorfos, podsoles húmicos con gley.
 - 6.2.- Humods: Podsoles húmicos, no hidromorfos.
 - 6.3.- Ortods: Suelos podsólicos y podsoles férricohúmicos.
 - 6.4.- Ferrods: podsoles férricos.
- 7.- Alfisoles: Suelos con B argílico, alteración reducida. Suelos lavados (sufijo “alf”).
- 7.1.- Acualfs: Pseudogley lavados, perfil Abg.
 - 7.2.- Boralfs: Suelos lavados boreales.
 - 7.3.- Udalfs: suelos lavados húmedos.
 - 7.4.- Ustalfs: suelos lavados de clima cálido.
 - 7.5.- Xeralfs: suelos lavados de clima seco.
- 8.- Ultisoles: Ultimo. Suelos con B argílico, alteración fuerte, muy desaturados. Suelos ferruginosos o débilmente ferralíticos lavados (sufijo “ult”).
- 8.1.- Acuults: Ultisoles hidromórfos.
 - 8.2.- Udults: Ultisoles de clima húmedo.
 - 8.3.- Ustults: Ultisoles de clima cálido.
 - 8.4.- Xerults: Ultisoles de clima seco.
 - 8.5.- Humults: ultisoles humíferos.
- 9.- Oxisoles: Oxido. Suelos con horizonte óxico, con sexquióxidos predominantes (ferralíticos) (sufijo “ox”).
- 9.1.- Acuox: suelos ferralíticos hidromorfos.
 - 9.2.- Orttox: suelos ferralíticos de clima húmedo.
 - 9.3.- Usttox: suelos ferralíticos de clima cálido y seco.
 - 9.4.- Humos: suelos ferralíticos humíferos.
- 10.- Histosoles: Histología, tejido. Suelos con horizonte hístico. Suelos hidromorfos orgánicos (turbas).
- Las categorías expuestas se refieren a nivel de orden y suborden, Veamos un ejemplo completo de todas las categororías para un tipo de suelo:
- Orden: aridisols.
Suborden: orthids.
Grupo: gypsiorthids.
Subgrupo: tipic gypsiorthids.
Familia: Limosa gruesa, yesosa, térmica.
Serie: Vega nueva.

11.5.- PRINCIPALES SUELOS EN ESPAÑA.

Según el Depto de Edafología de la E.T.S. de I. Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid.

- 1.- Inceptisoles: Cobertura nacional generalizada.
 - 1.1.- Xerochrepts: Península, Baleares y Canarias.
 - 1.2.- Eutrochrepts: en noroeste y norte.
 - 1.3.- Dystrichrepts: en noroeste y norte.
- 2.- Entisoles: Cobertura nacional generalizada.
 - 2.1.- Xerorthents: en noroeste y norte.
 - 2.2.- Udorthents: en noroeste y norte.
- 3.- Alfisoles: Predominio en la España silíceo (centro y oeste).
 - 3.1.- Haploxeralfs.
 - 3.2.- Palexeralfs.
 - 3.3.- Rhodoxeralfs.
 - 3.4.- Hapludalfs: sólo en el norte.
- 4.- Aridisols: Distribución regional continua. Sureste y Ebro.
 - 4.1.- Calciorthids.
 - 4.2.- Camborthids.
 - 4.3.- Paleorthids.
 - 4.4.- Argids: inclusiones.
- 5.- Vertisols: Distribución regional continua.
 - 5.1.- Chromoxererts: Andalucía (Córdoba, Carmona, Jerez, etc.).
- 6.- Spodosols: Cobertura regional discontinua. Inclusiones.
 - 6.1.- Haplorthods: Galicia y oeste de Asturias.
- 7.- Mollisols: Cobertura regional discontinua. Inclusiones.
 - 7.1.- Rendolls.
 - 7.2.- Hapludolls: Montañas del norte.
 - 7.3.- Calcixerolls.
 - 7.4.- Haploxerolls.
- 8.- Ultisols: Cobertura regional discontinua. Inclusiones.
 - 8.1.- Palexerults: Rañas.
- 9.- Histosols: Enclaves.
 - 9.1.- Medifibrists: Turberas aisladas.
- 10.- Archipiélago canario: Entisols, inceptisols y alfisols.
 - 10.1.- Xerorthents, xerochrepts, dystrandepts, eutrandepts, vitrandepts, palexeralfs, hapluxerults.

11.6.- CLASIFICACION F.A.O.

- 1.- Fluvisoles: suelos de aporte, aluviales o coluviales.
- 2.- Regosoles: suelos poco o nada evolucionados, sobre material friable.
- 3.- Arenosoles: suelos poco evolucionados arenosos (dunas).
- 4.- Gleysols: suelos con gley.
- 5.- Rendsinas.
- 6.- Ranker.
- 7.- Andosoles: sobre cenizas volcánicas.
- 8.- Vertisoles: con arcillas hinchables.
- 9.- Ermosoles: suelos desérticos.
- 10.- Xerosoles: serosems y suelos pardos subáridos.
- 11.- Halosoles: suelos sódicos.

- 12.- Planosoles: paleosoles con horizontes argílicos hidromorfos.
- 13.- Castanosems: suelos castaños de estepa.
- 14.- Chernosems.
- 15.- Faeosems: brunisemsi chernosems lavados.
- 16.- Cambisoles: suelos pardos ácidos, suelos pardos cálcicos.
- 17.- Luvisoles: suelos lavados templados, pseudogley y suelos lavados fersialíticos.
- 18.- Acrisoles: suelos amarillos y rojos podsólicos (Estados Unidos).
- 19.- Paramosoles: suelos de pradera de la región andina.
- 20.- Podsoles.
- 21.- Ferralsoles: suelos ferralíticos.
- 22.- Histosoles: turbas.
- 23.- Litosoles: suelos no evolucionados rocosos.

11.7.- CARTOGRAFIA.

Al igual que sucede con la generalidad de los mapas temáticos, debe de existir una correspondencia entre la escala elegida y la finalidad del mapa.

Las escalas pequeñas (1:1000000 a 1:250000) deben reservarse para los mapas de conjunto que muestran la correspondencia entre suelo, vegetación, clima, litología, etc. Las clases representadas son las categorías jerárquicamente superiores como clases o grupos.

Las escalas medias (1:50000 a 1:100000), permiten trazar mapas generales, suficientemente detallados para determinar, de forma práctica las vocaciones de uso o cultivo de los diferentes tipos de suelos. Las unidades cartográficas coinciden con unidades jerárquicamente intermedias e inferiores como subgrupos e incluso familias.

Las grandes escalas (1:5000 a 1:20000) se destinan a resolver problemas prácticos bien precisos informando al agrónomo o al forestal. La unidad cartográfica que se utiliza es la serie, el tipo y la fase.

En la realización hay tres fases, cuyas características son las siguientes.

A.- Fase preparatoria o de reconocimiento.

Se analizan los documentos disponibles, clima, mapas geológicos, geomorfológicos y topográficos, fotografías aéreas (estereoscopia), imágenes de satélite y posibles estudios edafológicos de la región. De esta forma se prevén los diferentes tipos de suelos, hacer un primer croquis de su probable distribución con objeto de poder planificar la prospección sistemática y prever la posición de los límites y de las transiciones.

Tras la consulta de documentos, se debe de realizar un reconocimiento sobre el terreno, analizar canteras y calicatas, reservando sondeos con barrena para la fase siguiente.

B.- Prospección sistemática.

Se efectúan sondeos con barrena dentro del marco de las unidades delimitadas en la fase anterior. La densidad de los sondeos depende de la escala. Existe la referencia general de que el límite entre dos unidades no debe venir afectado de un error mayor de 1 mm sobre el mapa. Si la distancia entre dos puntos de sondeo es de 2 mm como máximo, lo que supone una cuadrícula de 28 m para una escala 1:20000 y de 141 m para 1:100000. es decir, 13 sondeos y 1 sondeo por Ha, respectivamente. En realidad, esta densidad sería excesiva, muy costosa e inútil. Tal densidad dependerá de la variación espacial de los suelos y de la proximidad o no a los límites de unidades.

Los diferentes países y organismos tienen densidades muy diferentes, a continuación de muestra el número de observaciones por 100 Ha según escalas y países (Carlos Roquero, E.T.S. de Ing. Agrónomos, Univ. Politécnica de Madrid).

Escala 1:5000.- Marruecos (10), Holanda (6000), recomendado (100).

S. Ormeño. Teledetección.

Escala 1:10000.- Marruecos (4), Hungría (20), USA (500), Holanda (800), recomendado (50).

Escala 1: 50000.- USA (3), Holanda (20), recomendado (3).

Escala 1:100000.- recomendado (1).

Escala 1:200000.- USA (1).

C.- Representación cartográfica.

No deben representarse sobre el mapa superficies demasiado pequeñas para no dificultar la legibilidad. Se admite que no se pueden representar áreas de menos e 0.25 cm^2 , es decir de 1 Ha en el 1:20000 y 25 Ha en el 1:100000. Si existen tales superficies puede optarse por eliminarlas o agruparlas con unidades vecinas y cartografiarlas como unidades complejas como catenas (sucesión en orden invariable y en la que cada unidad deriva de la vecina por aporte o desaparición de materiales), secuencias (sucesivas, regulares, en orden determinado, pero sin enlace genético entre una unidad y otra) y yuxtaposiciones (cuando diferentes unidades se bordean sin que esta coexistencia obedezca a una regla de distribución clara).

Pueden utilizarse tres tipos de representación, sintética, analítica y mixta.

En la representación sintética, a cada unidad le corresponde una simbología sea color, trama o, incluso, símbolo puntual. La memoria debe de ser muy detallada y define con precisión las características de las unidades representadas.

En la representación analítica, se procura representar sobre el mapa, según una clave apropiada, todas las propiedades importantes del suelo. Se utiliza el color para la textura (azul, rojo, verde), color amarillo para la caliza, con símbolos proporcionales para indicar contenidos. El régimen de humedad mediante símbolos puntuales azules, etc. La leyenda puede ser uniforme para todas las hojas del mapa.

La representación mixta es una combinación de las anteriores. Los caracteres fundamentales de los suelos son los únicos representados en el mapa: el tipo genético por el color y la familia por una trama. El color básico se define en función de la clase.

La memoria debe de ser tan detallada como sea posible e informar sobre todo lo que no ha podido ser representado en el mapa, en particular, se expondrán las características climáticas de la región, descripción y análisis de los perfiles tipo, indicará las leyes de distribución de suelos, precisará la constitución de las unidades complejas y mencionará la existencia eventual de unidades demasiado pequeñas para ser representadas en el mapa. (Duchafour, P.).

11.8.- REFERENCIAS.

Duchafour P. 1975. Manual de edafología. Toray-Masson. Barcelona.

FAO-UNESCO. 1987. Soils of the World. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.

Nieves, M. Y Torcal, L. 1983. Introducción a la práctica de la fotoedafología. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Nieves, M. 1985. Precisión, escala y densidad de observaciones en los suelos españoles. Boletín de la Estación Central de Ecología. Año XIV. 27. ICONA. Madrid.

Nieves, M. et al. 1988. Clave de los suelos españoles, simplificada y adaptada a España de la Soil Taxonomy. Mundi-Prensa. Madrid.

S. Ormeño. Teledetección.

Nieves, M., Bienes, R. y Gomez, V. 1988. Clave de los suelos españoles. Mundi-Prensa. Madrid.

Roquero, C., Porta, J. Agenda de campo para estudio del suelo. E.T.S. de Ingenieros Agrónomos. Univ. Politécnica. Madrid.

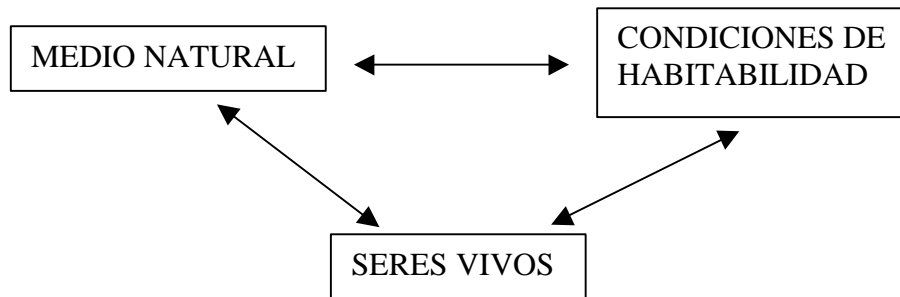
Roquero, C. 1984. Apuntes de clase sobre Clasificación de Suelos. E.T.S. de Ingenieros Agrónomos. Univ. Politécnica. Madrid.

Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. U.S. Department of Agriculture. Washington, D.C.

TEMA 12.- DESERTIFICACION POR EROSION HIDRICA DEL SUELO. MODELOS.

12.1.- DESERTIFICACION Y DESERTIZACION.

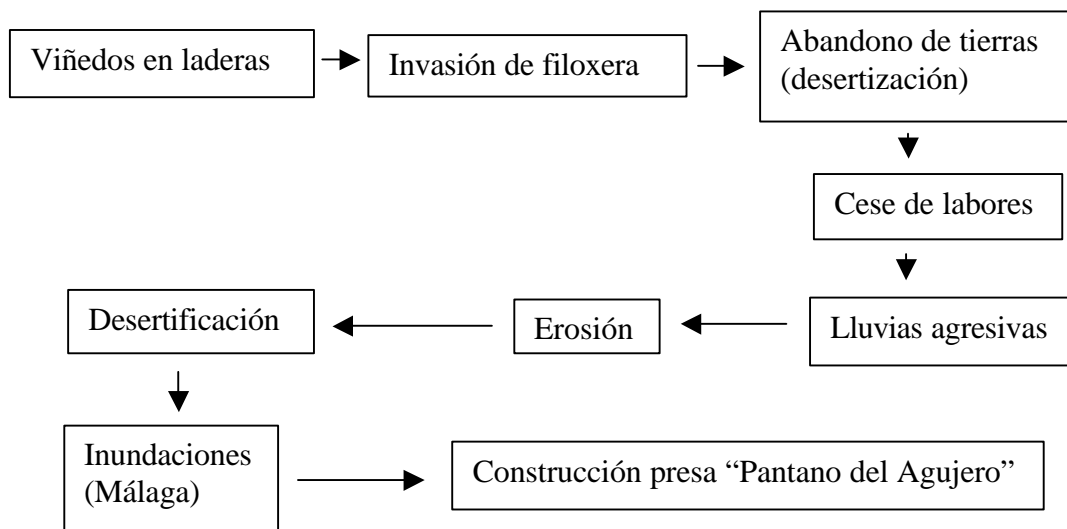
El medio natural presenta unas condiciones de habitabilidad limitada entre ciertos valores cuyos extremos son tolerados por los seres vivos. Cuando dichas condiciones se modifican de modo natural o artificial, excediendo de ciertos valores, los seres vivos se acomodan temporalmente, adaptan su ciclo vital o emigran a otras zonas, pudiendo retornar cuando se restablecen las condiciones iniciales, o pueden extinguirse.



Desertificación es el proceso de disminución de la producción de biomasa y en consecuencia de la productividad agrícola, ganadera y forestal. Precede a la desertización.

Desertización es el proceso de abandono de un territorio ante la falta de recursos económicos.

Como ejemplos de desertización en España tenemos las sierras de Guadalajara, Soria, Almería y Granada. Un caso singular fue el producido en los montes de Málaga, en la cuenca del río Guadalmedina, a finales del S. XIX y principios del XX, referido por Carlos Roquero (E.T.S. de Ingenieros Agrónomos, Univ. Politécnica de Madrid).



12.2.- TIPOS Y CAUSAS DE DESERTIFICACION.

Se distinguen dos tipos básicos de desertificación, la climática y la antrópica, cuyo origen se encuentra en los agentes que indican sus nombres respectivos.

La desertificación climática da lugar a los siguientes tipos de formaciones:

- Desierto montañoso. Erosión en ladera.
- “Hamada” o desierto llano pedregoso.
- “Erg” o desierto de arena.
- “Reg” o plataforma horizontal cubierta por gravillas y arenas sobre suelos mas compactos.

Existen una serie de datos que indican que se ha producido un cambio climático reciente, entre ellos se encuentran:

- Presencia de restos de fauna lacustre.
- Presencia de industria lítica prehistórica.
- Presencia de acumulaciones y cementaciones calizas.
- Existencia de iluviación de arcilla.
- Numerosos casos de paleosuelos enterrados.

En la desertificación antrópica, los casos mas graves son la salinización por agua de riego y la erosión por deforestación, seguida del laboreo y pastoreo en condiciones que dañen el suelo, existiendo dos tipos, en este segundo caso, la erosión hídrica y la eólica.

La cubierta vegetal, tiene una serie de funciones que influyen de forma directa en los procesos de erosión, entre tales funciones se encuentran:

- Acumula gotas de lluvia, evita golpeteo y desintegración de la estructura, disminuyendo la escorrentía.
- Conserva humedad al aumentar la permeabilidad.
- Refleja rayos del sol disminuyendo la evaporación.
- Aporte de restos orgánicos mejorando las características del suelo.
- Las raíces fijan el suelo, limitan la erosión y favorecen el desarrollo edafológico.
- Permite la implantación de otras especies protegiendo las plántulas.

Entre los daños más destacados a causa de la erosión se encuentran:

- Pérdida de la capa fértil superficial (horizonte A) formado a lo largo de miles de años.
- Pérdida de nutrientes y materia orgánica.
- Disminución de la profundidad del suelo y de su capacidad para retener agua.
- Los depósitos resultado de erosión hídrica causan daños (cubren terrenos, cambian los suelos, reducen volúmenes de embalses, aparecen surcos y cárcavas).
- La erosión eólica deteriora cultivos por acumulación de arena, afectando a canales, acequias y embalses.

12.3.- GRADOS DE DESERTIFICACION.

A.- Ligera. Comienzo de la degradación ambiental, cambio en densidad y clases de cubierta vegetal y suelo.

B.- Moderada. Es posible detener el avance.

- Cambia el tipo de cubierta vegetal y su densidad.
- Erosión ligera del suelo.
- Aumento de la salinidad.
- Dunas arenosas de tamaño pequeño.
- Disminución de la producción hasta un 25 %.

C.- Fuerte. El remedio es posible pero costoso.

- Aumento de hierbas poco útiles y dañinas.

S. Ormeño. Teledetección.

- Aumento de la erosión.
- Salinización del suelo.
- Disminución de la producción hasta un 50 %.

D.- Muy fuerte. Solución carísima y en zonas limitadas.

- Suelo desnudo en áreas de pasto.
- Formación de saladares.
- Aparición de las rocas.
- Cambio del suelo y cubierta de dunas.

12.4.- EROSION DEL SUELO. CONCEPTOS.

El suelo virgen, natural, es un sistema dinámico con una serie de componentes y procesos en constante equilibrio. Se origina a partir de la roca madre que se encuentra en profundidad mediante procesos de naturaleza física y química, también se incorporan al suelo restos vegetales y animales que cumplen un papel fundamental en el desarrollo del mismo. Además de los componentes, otros factores fundamentales, en la evolución del suelo, son el clima, la geomorfología y el tiempo.

Los factores formadores, a lo largo de miles de años, conducen a una diferenciación en capas u horizontes.

Para satisfacer sus necesidades, fundamentalmente de alimentación, el hombre altera este equilibrio natural para la explotación agrícola. Ello conduce a la eliminación de la cubierta natural original, quedando el suelo desprotegido frente al impacto de las gotas de lluvia y el arrastre del mismo por escorrentía. La capa que se pierde es la superficial, que es la más fértil y necesaria para el desarrollo de las plantas.

Los efectos producidos por la erosión son, prácticamente, irreversibles, con lo cual se produce el empobrecimiento de la agricultura y de la población, dando paso a la desertificación y desertización, como sucede, especialmente, en la cuenca mediterránea.

La erosión del suelo es uno de los principales problemas ambientales a largo plazo en determinadas zonas del planeta entre las que se encuentra España.

A continuación se indican algunas referencias de datos proporcionados por especialistas sobre la situación de la erosión en el mundo.

La cuenca del río Amarillo puede perder anualmente unas 70 tn/ha (Pardé 1954).

La FAO (1979) indicó la posibilidad de que en las montañas marroquíes del Rif y el Atlas se produzcan pérdidas de suelo superiores a 200 tn/ha/año.

Hellédén (1987) registró en la provincia Goggiam de Etiopía un riesgo de erosión de 150 tn/ha/año.

Giordano (1988) indicó que entre 14.7 y 25 millones de ha de la CEE estaban amenazadas por la erosión.

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1982) citó que en ciertas áreas del sureste español se alcanzan tasas superiores a 200 tn/ha/año de pérdidas de suelo. En España y otros países de la cuenca mediterránea, el problema se ve agravado por los incendios forestales, así Rubio (1988) afirmó que en el periodo 1976-1985, únicamente en la Comunidad Valenciana, los incendios devastaron más de 320000 ha con las consiguientes consecuencias para la erosión, cambio de microclimas y alteración de ciclos hidrológicos.

12.5.- EL MODELO USLE.

El modelo de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo fue propuesto en 1960 por Wischmeier y Smith, y después de un gran esfuerzo investigador sobre la misma a lo

S. Ormeño. Teledetección.

largo de los años, ha llegado a ser el principal método de cálculo de las pérdidas que se producen en el suelo por erosión laminar y en regueros.

El modelo se expresa mediante:

$$A = R.K.S.L.C.P$$

Siendo:

A. Pérdidas de suelo en tn/ha.

R. Factor lluvia, índice de erosión pluvial, en (J.m⁻².cm.hora⁻¹).

K. Factor de erosionabilidad del suelo en (tn.m².hora.ha⁻¹.J⁻¹.cm)

L. Factor longitud de pendiente en m.

S. Factor pendiente en %.

C. Factor cultivo, adimensional.

P. Factor prácticas de cultivo, adimensional.

El índice de erosión pluvial R se calcula mediante:

$$R = \frac{1}{100} \sum_{j=1}^n [210,2 + 89 \log_{30} I_j] [I_j T_j] I_{30}$$

Siendo:

R. Índice de erosión pluvial en (J.m⁻².cm.hora⁻¹).

I_j. Intensidad de la lluvia en el periodo considerado en cm.hora⁻¹.

T_j. Periodos de tiempo en horas para intervalos homogéneos de lluvia durante el aguacero.

I₃₀. Máxima intensidad de lluvia durante treinta minutos del aguacero.

j. Intervalos homogéneos del aguacero.

n. número de intervalos.

El valor de R correspondiente a un año, será la suma de los valores de R de cada una de las lluvias registradas en ese tiempo. Para obtener un valor representativo de R es necesario calcular, un ciclo de al menos diez años.

El cálculo de R exige disponer de pluviógrafo en cada una de las estaciones donde se quiere realizar su cálculo, disponibilidad que existe en un número limitado de estaciones de la red del INM para España. Por ello, se han ensayado métodos de cálculo basados en la correlación con otras variables pluviométricas. De esta forma, se estableció por ICONA-Intecsa en 1981 la siguiente ecuación que es fácil de implementar y que presenta un coeficiente de correlación de 0.93.

$$R = 2,56 \left(\frac{p^2}{P} \right)^{1,065} \cdot 0,56^{Z2} \cdot 1,66^{Z4}$$

Siendo:

p(mm), precipitación del mes mas lluvioso del año.

P(mm), precipitación de ese año.

Z1 vale 1 en puntos próximos a Grazalema, 0 en caso contrario.

Z4 vale 1 en puntos de la cuenca del Pirineo Oriental, 0 en caso contrario.

S. Ormeño. Teledetección.

El índice de erosionabilidad del suelo se calcula mediante la siguiente ecuación de regresión:

$$100 K = 10^{-4} \cdot 2,71M^{1,14}(12-a)+4,20(b-2)+3,23(c-3)$$

Siendo:

M: factor representativo de la textura, se calcula mediante,

$$M = (100 - \% \text{arcilla})[\%(\text{limo} + \text{arena fina})]$$

a: % de material orgánica.

b: Número correspondiente a la estructura del suelo según la siguiente codificación,

1, gránulo muy fino y grumo muy fino (<1mm).

2, gránulo fino y grumo fino (1-2 mm).

3, gránulo y grumo medio (2-5 mm) y gránulo grueso (5-10 mm).

4, gránulo liso, prismático, columnar y muy grueso(>10 mm).

c, clase de permeabilidad del perfil, según la siguiente codificación del USDA Soil Survey Manual;

1, rápida a muy rápida.

2, medianamente rápida.

3, moderada.

4, moderadamente lenta.

5, lenta.

6, muy lenta.

Los valores de textura, materia orgánica y estructura se refieren a los 15-20 cm. Superiores del suelo y los de permeabilidad a todo su perfil.

Respecto de los factores L y S, Wischmeier propuso en 1982, las ecuaciones siguientes, en las cuales s es la pendiente en % y λ es la longitud de ladera en metros.

Para pendientes menores del 9 %:

$$LS = \left[\frac{\lambda}{22,1} \right]^{0,3} \cdot \left[\frac{0,43 + 0,30s + 0,043s^2}{6,613} \right]$$

Para pendientes iguales o mayores del 9 %:

$$LS = \left[\frac{\lambda}{22,1} \right]^{0,3} \cdot \left[\frac{s}{9} \right]^{1,4}$$

La intervención del factor C en la ecuación USLE es de gran importancia, pero su determinación numérica debe basarse en resultados experimentales, por lo que la obtención de los correspondientes valores requiere una atención específica al tema, lo que es bastante laborioso y precisa de un tiempo relativamente largo en la experimentación. El ICONA, en 1982, propuso los siguientes valores

Arbolado forestal denso: 0.01.

Arbolado forestal claro: 0.03.

S. Ormeño. Teledetección.

Matorral con buena cobertura: 0.08.

Matorral ralo y eriales: 0.2.

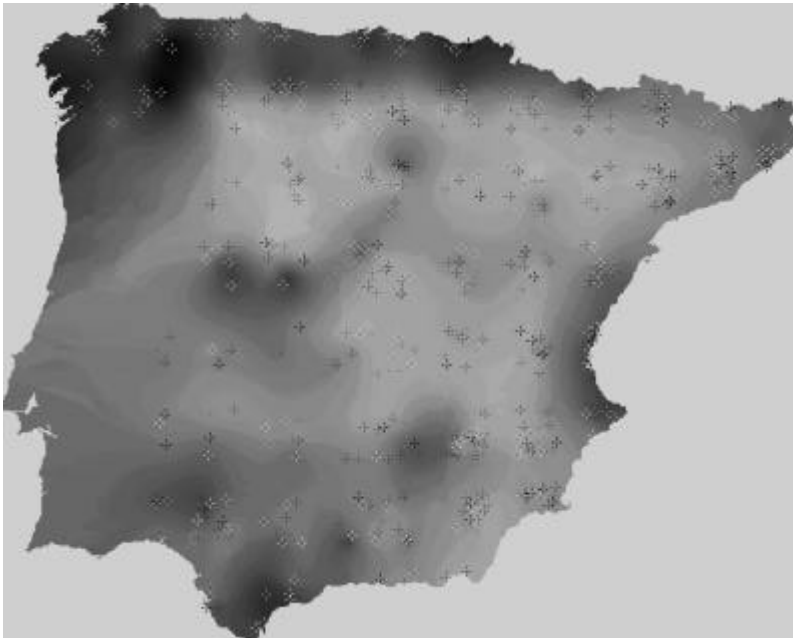
Cultivos arbóreos y viñedos: 0.4.

Cultivos anuales y herbáceos: 0.25.

Cultivos en regadío: 0.04.

Respecto del factor P, en Lafayette (Indiana) se han propuesto:

Pendiente %	Cult. a nivel	Fajas a nivel
2 - 7	0.5	0.25
7 - 12	0.6	0.30
12 - 18	0.8	0.40
18 - 24	0.9	0.45



Factor R obtenido por kriging a partir de las estaciones del INM.

12.6.- EL MODELO CORINE DE RIESGO DE EROSION DEL SUELO.

La metodología Corine representa una considerable reducción respecto de la propuesta por Wischmeier, particularmente, el factor R, de difícil cálculo, se sustituye los por índices de Gausson y el modificado de Fournier. No se considera la longitud de ladera ni las prácticas culturales.

En primer lugar se evalúa el clima, que conduce al establecimiento del llamado índice de erosividad.

Reclasificación del índice modificado de Fournier conforme a los siguientes intervalos:

1. menor o igual a 60.
2. 60-90.

S. Ormeño. Teledetección.

3. 91-120.
4. 121-160.
5. mayor de 160.

Reclasificación del índice de Gausson conforme a los siguientes intervalos:

1. 0.
2. 0.001-50.
3. 51-130.
4. mayor de 130.

Se realiza un producto de los documentos reclasificados anteriores (índice modificado de Fournier X índice de Gausson) y el resultado se denomina índice de erosividad el cual se reclasifica con los siguientes intervalos.

1. Menor de 4.
5. 4-8.
6. mayor de 8

A continuación se consideran las propiedades del suelo, particularmente la textura, la profundidad y la pedregosidad para obtener el llamado índice de erodibilidad.

Según la textura se clasifican los suelos en tres clases, considerando la clasificación del triángulo de texturas establecida por el Soil Survey del USDA (Dep. de Agricultura de los EEUU) en 1951 y genéricamente aceptado para describir tal cualidad del suelo:

1. Baja erodibilidad. Arcilloso, arcillo-limoso y arcillo-arenoso.
2. Media erodibilidad. Franco-arcillo-arenoso, franco-arcilloso, franco-arcillo-limoso, arenoso, arenoso-franco.
3. Alta erodibilidad. Franco-arenoso, franco, franco limoso, limoso.

Según la profundidad se clasifican los suelos en tres clases:

1. Ligeramente vulnerable. Espesor superior a 75 cm.
2. Moderadamente vulnerable. Espesor entre 25 y 75 cm.
3. Extremadamente vulnerable. Espesor menor de 25 cm.

Según la pedregosidad se clasifican los suelos en dos clases:

1. Protegido. Cobertura de piedras superior al 10%.
2. No protegido. Cobertura de piedras inferior al 10%.

Para obtener el índice de erodibilidad, se multiplican textura, profundidad y pedregosidad, el resultado de reclasifica de acuerdo a los siguientes intervalos:

1. 1-3.
2. 4-6.
3. 7-18.

A continuación se considera la pendiente en %, con arreglo a los siguientes intervalos:

1. Muy bajo riesgo de erosión. Pendiente menor del 5%.
2. Riesgo moderado de erosión. Pendiente entre 5 y 15 %.
3. Riesgo alto de erosión. Pendiente entre 16 y 30 %.
4. Riesgo muy alto de erosión. Pendiente superior al 30%.

S. Ormeño. Teledetección.

El Riesgo Potencial de Erosión (PSER) se calcula mediante producto, de la siguiente forma:

PSER = clases de erosividad (3) x clases de erodibilidad (3) x clases de pendiente (4).

Pueden obtenerse un máximo de 36 clases que se reclasifican de la siguiente forma:

1. menor o igual a 5.
4. 6-11.
5. mayor de 11.

El Riesgo Actual de Erosión (ASER) se obtiene considerando, por una parte el PSER y por otra dos posibles clases de cobertura vegetal (cubierto, no cubierto).

Las combinaciones de PSER (3 clases) y cobertura (C, NC) se reclasifican, de acuerdo a la siguiente escala, para dar lugar a 3 clases de ASER:

1. PSER=1, C. PSER=2, C.
2. PSER=1, NC. PSER=3, C.
3. PSER=2, NC. PSER=3, NC.

12.7.- REFERENCIAS.

Giordano, A. 1988. The Project "Soil erosion risk and important land resources" in the CORINE Program. Seminario CORINE de la CEE. Madrid.

Hellédén, U. (1987). An assessment of woody biomass, community forest, land use and soil erosion in Etiopía. Lund studies in geography n° 14. Lund University Press.

ICONA. 1982. Paisajes erosivos del sureste español. Proyecto LUCDEME. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

ICONA. 1988. Agresividad de la lluvia en España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. 1990. El Programa CORINE de la CEE. Monografías de la Secretaría General de Medio Ambiente. Madrid.

Pardé, M.(1954). Sur les érosions superficielles, les transports solides et les remblaiements effectués par les eaux courants. Ass. Intern. Idrología Científica. Roma.

Roozkrans H. 1995. Mapping of desertification parameters using NOAA-AVHRR parameters. 118 SPIE Vol. 2314.

Roquero, C. 1988. Posibilidades y necesidades futuras de información sobre el riesgo de erosión en los suelos de la región mediterránea. Seminario CORINE de la CEE. Madrid.

S. Ormeño. Teledetección.

Rubio, J.L. 1988. Erosion risk mapping in areas of the Valencia Province. Proceeding of the EC Workshop on "Erosion assessment and modelling". Brussels, 2-3 December 1986.

Soufi Kh. 1997. Estudio comparado de los procesos de desertificación causados por la erosión del suelo en zonas equiparables de España y Siria mediante Teledetección. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Madrid.

Wischmeier, W.H and Smith, D.D. 1960. A Universal Soil-Loss Equation to Guide Conservation Farm Planning. 7º Int. Congress of the Soil Science. Madison. VI-2. pp 418-424.

Zancajo J.J. 2003. Modelización cartográfica para la evaluación de procesos de erosión del suelo. Aplicación a un área del sudeste peninsular. Tesis Doctoral . Univ. de Salamanca.

TEMA 13.- PROCESOS CONTAMINANTES.

13.1.- CONCEPTOS. TIPOS.

Contaminación o polución es la circunstancia por la cual un medio determinado se considera inapropiado para ciertos usos. Es, por tanto, un concepto dependiente del uso. La contaminación puede ser de diferentes tipos, entre ellos se encuentran la orgánica, química, térmica, radiactiva, atmosférica, etc.

La contaminación orgánica consiste en la acumulación exagerada de moléculas originadas por los organismos, compatibles con la vida y, generalmente, metabolizables o degradables. Como consecuencia, se produce una disminución del índice de diversidad de las comunidades debido, por una parte, a la muerte de las especies menos resistentes y, por otra, a los efectos fertilizantes sobre ciertas especies.

Una forma de medir esta contaminación se basa en el concepto de transmitancia de un medio absorbente y dispersante. La transmitancia (τ) se refiere a una longitud de onda determinada de la radiación electromagnética y es el cociente entre la cantidad de radiación transmitida por el medio y la cantidad de radiación incidente. La cantidad de radiación puede expresarse en términos de flujo y medirse en vatios (julios dividido por segundo).

Llamamos densidad óptica a:

$$DO = \log(1/\tau) = -\log \tau$$

Recibe el nombre de índice de pigmentos (i) el cociente entre la DO para una radiación de 430 micras de longitud de onda y la DO para una radiación de 665 micras, es decir:

$$i = DO_{430}/DO_{665}$$

Al principio de la contaminación orgánica, i puede subir por encima de 5, descendiendo, progresivamente, hasta alcanzar el valor de 2 o menos.

Otra forma de medir la contaminación orgánica es a través de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DOB) que se define como los miligramos de O_2 consumidos por un litro de agua durante 5 días en oscuridad a 20° C.

La contaminación radiactiva es debida a la radiactividad procedente de explosiones nucleares (limitadas) y del uso pacífico de la energía nuclear.

La actividad de los elementos radiactivos se mide en curios, siendo un curio equivalente a $3,7 \cdot 10^{10}$ desintegraciones o partículas emitidas por segundo. La dosis de radiación se mide en rads, siendo un rad la dosis correspondiente a la absorción de 100 ergios por gramo de tejido vivo.

En el caso de la contaminación térmica, el agua para refrigeración puede aumentar en varios grados la temperatura de ríos, lagos y zonas costeras. En las ciudades se produce aumento de la temperatura ambiente por actividades humanas, se forman bolsas atmosféricas nocivas para la salud (vías respiratorias).

La contaminación química es debida a sustancias poco frecuentes en estado natural o a las que la vida no ha tenido ocasión de adaptarse. Como ejemplo, podemos citar los vertidos de explotaciones mineras o de la industria y las sustancias empleadas en limpieza.

Ciertos compuestos metálicos son particularmente tóxicos. De mayor a menor facilidad de metabolización encontramos: Sn, Sb, Pb, Fe, Cu, Zn, Mo, Mn, Hg, Ag y Ni.

Un caso particular de contaminación química es la producida por el uso de pesticidas en zonas de cultivos.

13.2.- ACCIÓN TÓXICA. MEDIDA DE LA TOXICIDAD.

Los seres vivos constituyen sistemas funcionales integrados que presentan una sensibilidad variable a la interrupción de su integridad. La muerte de un organismo puede producirse de forma mecánica, física o química.

La muerte de forma mecánica es consecuencia de la destrucción grosera de la integridad, como por ejemplo, la producida por polvos abrasivos.

La muerte de forma física es por una acción de este tipo, por ejemplo por calor.

La muerte por causa química es consecuencia de la reacción del tóxico con determinados componentes del sistema vivo.

Respecto del plazo en que se produce la acción del tóxico, la toxicidad puede ser aguda (efectos inmediatos) o crónica (efectos a largo plazo).

Entre las formas de medir la toxicidad aguda se encuentra la DL50 y la CL50.

DL50 es la dosis letal para el 50% de los organismos, suele expresarse en miligramos dividido por kilogramo de peso vivo.

CL50 es la concentración letal para el 50% de los organismos, suele expresarse en partes por millón (ppm) en la dieta.

Llamamos “espectro de acción” de un tóxico al conjunto de poblaciones o grupos taxonómicos sensibles y conjunto de poblaciones o grupos resistentes.

Se llama “grado de selectividad” a la amplitud del espectro de acción. Un tóxico muy selectivo implica pocos grupos sensibles y un tóxico poco selectivo implica muchos grupos sensibles.

Las diferencias en sensibilidad son debidas a:

- Costumbres y hábitat (selectividad ecológica).
- Barreras de permeabilidad en el organismo.
- Capacidad de excreción y almacenamiento.
- Capacidad de transformar el tóxico.
- Diferencias en la naturaleza del centro sensible.

Recibe el nombre de “presión selectiva” la exposición de una población a dosis subletales de un tóxico.

Los residuos tóxicos (p. ej. procedentes de plaguicidas) se acumulan en los suelos y producen efectos crónicos sobre la flora, los animales y el hombre. Interesan productos que sean biodegradables a productos hidrosolubles para que no ejerzan efectos tóxicos crónicos y no se acumulen en grasas animales como sucede con el DDT.

13.3.- CONTAMINACIÓN POR PESTICIDAS.

Los grupos básicos de plaguicidas son insecticidas, funguicidas y herbicidas.

Los insecticidas colorados (DDT, HCH, Heptacloro, Clordano, Aldrin, Dieldrin, Endrin, etc.) son neurotóxicos, se acumulan en tejido adiposo y presentan gran persistencia.

Los insecticidas fosforados (Tepp, Vapona, Parathion, Diazinon, Dipterex, Malathion, Phorato, Schradan, Metasystox, etc.) son neurotóxicos, con mayor toxicidad que los anteriores pero presentan menor persistencia.

Hay otros insecticidas como el CNH (ácido cianhídrico) y los arseniatos de Pb y Ca que son muy tóxicos para mamíferos, estando su uso muy restringido.

Los esterilizantes químicos de insectos son cancerígenos y perjudiciales para el hombre y los animales.

Entre los funguicidas encontramos diferentes toxicidades, por ejemplo, el S (azufre) es prácticamente inocuo para el hombre, el Cu (sulfatos) es moderadamente tóxico para animales, el Cl₂Hg es muy tóxico para animales, los ditiocarbamatos son poco tóxicos y los organomercúricos son muy tóxicos para animales de sangre caliente.

Los herbicidas, en general, presentan escasa toxicidad para animales superiores.

13.4.- CONTAMINANTES ATMOSFERICOS.

La contaminación atmosférica es el efecto producido en el aire atmosférico por distintos sólidos, líquidos o gases, generalmente procedentes de la actividad humana, originando un ambiente nocivo, o que puede llegar a serlo, para la biosfera y para el propio hombre.

La atmósfera, al nivel del mar, está constituida por una serie de gases, entre los que predominan los siguientes: N₂ (78,084 %), O₂ (20.946 %), Ar (0,934 %), Ne (18,2 ppm), He (5,2 ppm), Kr (1,1 ppm), H₂ (0,5 ppm), N₂O (0.3 ppm), Xe (0.09 ppm). Además de los anteriores, se encuentran otros gases con concentraciones variables, pero siempre muy pequeñas (salvo, eventualmente, el vapor de agua), entre los que se encuentran H₂O (0,01-7 %), CO₂ (0.035 %), CH₄ (1,5 ppm), CO (0,1 ppm), O₃ (0.02 ppm), NH₃ (0.01 ppm), N₂O₃ (0.001 ppm), SO (0.0002 ppm), SH₂ (0.0002).

A continuación se muestran una serie de polucionantes, la fuente de emisión y los efectos que producen (Tesis Khouloud Soufi).

- Oxido de azufre (SO₂, SO₃). Su origen, fundamentalmente, es la combustión de carbones y petróleos. En atmósfera húmeda produce ácido sulfúrico con la consiguiente irritación de las mucosas y el deterioro de cultivos. El SO₂ irrita, intensamente, los ojos y las vías respiratorias superiores, produce tos, opresión respiratoria y espasmos de laringe.
- Sulfuros y mercaptanos. Se producen en refinerías, ciertos procesos industriales, putrefacción de agua y de desechos, fabricación de pasta de madera y papel, curtidos y fabricación de colorantes. Su efecto es de toxicidad y pestilencia.
- Monóxido de carbono (CO). Es debido a combustiones incompletas. Es tóxico, interfiere el transporte de oxígeno por la sangre.
- Anhídrido carbónico (CO₂). Se produce por la combustión de productos orgánicos. El progresivo aumento de su concentración puede alterar el clima a nivel mundial.
- Hidrocarburos. Origen en la combustión, en los motores de gasolina y en la evaporación en zonas pantanosas y petrolíferas. Intervienen en la formación del smog oxidante, son agentes cancerígenos.
- Ozono (O₃). Debido a reacciones fotoquímicas de oxidación del SO₂ o de transformación del NO₂ en NO, tales reacciones son típicas de zonas urbanas con tráfico intenso. Es un factor decisivo en la formación del smog y sus efectos. El ozono es, por sí mismo, un oxidante muy enérgico con notables efectos antibióticos. Sus efectos directos sobre el organismo humano no han sido bien aclarados.
- Óxidos de nitrógeno (NO₂ y NO). Debido a procesos de combustión a temperaturas elevadas (superiores a 1000 °C) por motores diesel, centrales eléctricas, fábricas de explosivos, volcanes y tempestades. Juegan un papel importante en la aparición del smog, el NO₂ facilita enfermedades de vías respiratorias y es tóxico para cierto número de especies animales.
- Mercurio (Hg). Se produce por evaporación de la corteza terrestre, se usa como acelerador para la minería, en construcción y en agricultura entre otras aplicaciones. Es tóxico.
- Fluoruros (F). Origen en yacimientos de fluorita y se utiliza en industrias como cerámica, alfarería, abonos y obtención de aluminio. El ión F posee una gran actividad fisiológica y un intenso poder corrosivo en atmósfera húmeda. Se acumula en la hierba y se almacena en los huesos de los organismos jóvenes. Puede producir una disminución de hemoglobina en la sangre de los niños. En

vacas produce inflamación dolorosa de articulaciones y prácticamente impide su movimiento.

- Polvo. Debido a erosión eólica, terremotos, volcanes, minería, agricultura, industria (cemento) y erosión de carreteras. Puede ser tóxico, produciendo intoxicación, dermatosis, alérgias y cáncer. Aún no siendo tóxico puede producir fibrosis, alérgias y cáncer.
- Sílice. Debida a la explotación y manipulación de minerales. Las partículas más pequeñas se acumulan en los pulmones donde se forman nódulos y aparece una fibrosis que provoca el enfisema (reducción progresiva de la función pulmonar).
- Amianto. Debida a la explotación y manipulación de amianto (fibrocemento, tejidos incombustibles). Produce fibrosis pulmonar, mesotelioma, placas pleurales, cáncer pulmonar, disnea, expectoración, bronquitis y dolores torácicos.

13.5.- REDES Y SISTEMAS DE CONTROL PARA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

En el proceso de contaminación atmosférica, existen tres fases bien determinadas, emisión, dispersión e inmisión o deposición.

En cada una de las fases, existen una serie de factores que condicionan el proceso, así, por ejemplo en la emisión influye temperatura, altitud, características de la chimenea, etc. En la dispersión influye, fundamentalmente, la topografía y la meteorología. La inmisión o deposición es consecuencia directa de las anteriores fases.

Existen dos métodos generales para determinar la influencia de un foco contaminante sobre el entorno, uno teórico consistente en modelizar mediante ecuaciones matemáticas los fenómenos físico-químicos que intervienen en la difusión de la pluma contaminante y otro experimental basado en medidas de campo. Actualmente, la tendencia es combinar ambas metodologías, utilizando los datos de campo para calcular parámetros y validar resultados.

Las redes de vigilancia son de tres tipos o niveles, según la escala en la que se considera el análisis: redes a nivel mundial, redes a nivel regional y redes a nivel local.

El objetivo de las redes a nivel mundial es controlar los cambios a escala global que posean influencia en la capa estratosférica de ozono, el clima, etc. La red BAPMON (Background Air Pollution Monitoring Network) posee en España una estación situada en Izaña (Tenerife). Estas estaciones poseen requerimientos de emplazamiento muy estrictos no debiendo existir focos contaminantes en las proximidades.

En España, existen una serie de estaciones integradas tanto en programas a nivel mundial como a nivel europeo, particularmente en EMEP (European Monitoring Evaluation Programme) a este programa pertenecen unas 100 estaciones distribuidas en una veintena de países europeos. En España se encuentran las estaciones de San Pablo de los Montes (Toledo), La Cartuja (Granada), Roquetas (Tarragona), Logroño, Noia (La Coruña) y Mahón (Menorca).

En lo que respecta a la escala local, existen dos tipos de estaciones, por una parte las situadas en los focos emisores de las chimeneas de las actividades industriales calificadas como potencialmente contaminantes y, por otra, a las redes de vigilancia de la contaminación urbana. El objetivo básico de estas últimas es conocer la concentración de cada contaminante en el aire que pueda ser respirado por los ciudadanos, afectar al medio ambiente e, incluso, dañar monumentos de interés histórico. En España, distribuidas por las diferentes comunidades, existen unas 1200 estaciones entre automáticas y manuales y con diferentes variables medidas.

La red automática de Madrid tiene 25 estaciones pertenecientes al área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de la ciudad. Miden diferentes parámetros, los que registran la práctica totalidad de ellas son: partículas, dióxido de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y pluviometría.

Las citadas redes de control realizan su función de vigilancia basándose en la medida de contaminantes a nivel de inmisión o deposición, otro tipo de control es el realizado a nivel de emisiones, en este sentido, a nivel europeo existe el proyecto Corinaire cuyo objetivo es recopilar la mayor información posible sobre las emisiones de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas y compuestos orgánicos volátiles vertidas a la atmósfera por las fuentes potencialmente relevantes, con el fin de contar con una base de datos coherente que permita diseñar estrategias para establecer medidas correctoras.

La medida de emisiones se llevan a cabo sobre centrales térmicas, plantas de combustión industrial, calefacción comunitaria, refinerías y otras. La desagregación territorial del inventario se basa en la clasificación NUTS (Nomenclatura de Unidades Territoriales Estadísticas) de Eurostat, cubriendo los niveles de Región Europea, Comunidad Autónoma y Provincia.

En los últimos años se han desarrollado metodologías de control de contaminantes mediante sensores activos basados en el LIDAR, con estos sistemas se envía radiación electromagnética de longitud de onda adecuada y se registra la radiación retrodispersada. La amplitud de la señal recibida y su desfase respecto del pulso inicial muestran la presencia de partículas contaminantes. Para medir de manera cuantitativa las diferentes moléculas se utilizan dos tipos diferentes de radiación una excita a las moléculas en cuestión y la otra no. Por diferencia entre las respuestas recibidas se estima la concentración del contaminante elegido.

13.6.- VERTIDOS DE PETRÓLEO. CONTROL POR RADAR.

Las imágenes radar se utilizan, frecuentemente, para el control y seguimiento de vertidos de petróleo en el mar, ello es debido a que la intensidad de la radiación reflejada está relacionada con la rugosidad de la superficie. En la superficie de agua libre de petróleo existe una rugosidad producida por el oleaje, en las zonas cubiertas por el vertido, tal rugosidad se encuentra disminuida. Este fenómeno nos proporciona la base para discriminar zonas libres de petróleo, respecto de las contaminadas.

Sea D_i en valor digital de un conjunto de N píxeles en un entorno determinado, la intensidad media en dicho entorno es:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{N}$$

Sea α_{ref} el ángulo que forma en el sensor la radiación con una perpendicular a la superficie terrestre desde la posición del satélite, en el caso del SAR (radar de apertura sintética) de ERS-1 es de 23° . Sea α el ángulo que forma, a nivel del terreno, la radiación incidente con la normal a la superficie.

La constante de contraste K_α , para el ángulo α es:

$$K_\alpha = K(\sin \alpha_{ref} / \sin \alpha)$$

Llamamos coeficiente de retrodifusión a:

$$\sigma = I/K_\alpha$$

S. Ormeño. Teledetección.

En el caso de superficies acuáticas, $\alpha_{\text{ref}} = \alpha$ y, por tanto: $K\alpha = K$, entonces $\sigma = I/K$. Finalmente, la expresión de σ en decibelios viene dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma_{\text{db}} = 10(\log I - \log K)$$

El valor de K se proporciona, para el sensor en cuestión, por la entidad operadora del satélite, por ejemplo la ESA (Agencia Europea del Espacio).

13.7.- REFERENCIAS.

Antón, R. 1998. Red de control de la contaminación atmosférica. Trabajo de doctorado. Univ. Politécnica de Madrid.

Ayuntamiento de Madrid. 1995. Red de Control de la Contaminación atmosférica. Area de Medio Ambiente.

Fellah K., Besnus Y., Clandillon S., Meyer C. et Fraipont P. 1994. Données Multi-dates RSO(SAR) ERS-1 et environnement: application a l'étude de l'humidité des sols en Alsace. Bul. SFPT N° 136 (1994-4).

Margalef, R. 1977. Ecología. Ed. Omega. Barcelona.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. 1990. El Programa CORINE de la CEE. Monografías de la Secretaría General de Medio Ambiente. Madrid.

Rose et al. 1978. Fuentes más importantes de polución atmosférica. Monografía de la OMS. Núm 46.

Soufi Kh. 1997. Estudio comparado de los procesos de desertificación causados por la erosión del suelo en zonas equiparables de España y Siria mediante Teledetección. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Madrid.

TEMA 14.- INCENDIOS FORESTALES.

14.1.- ORIGEN Y EFECTOS DE LOS INCENDIOS.

En los documentos correspondientes a los partes de incendios forestales, el Instituto para la Conservación de la Naturaleza considera las siguientes posibles causas de incendios forestales: rayo, quema agrícola, quema de pastos, trabajos forestales, hogueras, fumadores, quema de basuras, ferrocarril, líneas eléctricas, motores y máquinas, maniobras militares, intencionado y causa desconocida. En el año 1997, aproximadamente, un 66 % de la superficie incendiada en España fue debida a incendios intencionados y, alrededor de un 25% fue por causas desconocidas, encontrándose a muy larga distancia el resto de las causas, siendo la siguiente de las citadas la quema agrícola (rastros) con aproximadamente el 1% y los rayos con un 0.7%.

Entre las causas naturales de los incendios, además del rayo, se encuentran las erupciones volcánicas, los golpes entre cuarcitas, la caída de meteoritos y fenómenos que producen energía, tales como las fermentaciones.

El efecto de los incendios puede ser devastador para el entorno, en muchos casos debido a que la pérdida de la cubierta vegetal protectora, coloca al suelo a merced de la erosión, sobre todo si otros factores (pluviometría, pendiente, etc.) favorecen tal proceso. Otras veces, la vegetación climácica que ha tardado miles de años en configurarse, es sustituida por especies oportunistas de rápida implantación y con una menor diversidad biológica. Además de los anteriores efectos, el incendio de una hectárea de bosque puede producir la muerte de cientos de pájaros y pequeños mamíferos así como de millones de insectos y decenas de reptiles, sin contar con que un gramo de suelo fértil puede contener también miles de protozoos y algas, un millón de hongos y más de 10 millones de bacterias que las llamas destruyen igualmente.

Es bien sabido que los romanos se encontraron en su época una Europa cubierta por el bosque herciniano en sus nueve décimas partes y que, todavía, en el S. XVI Carlos V podía atravesar de Cádiz a La Haya bajo la sombra de los árboles, la pérdida de tal patrimonio forestal se debe, en gran medida a los incendios.

Los incendios están normalmente asociados a vegetación esclerófila con gran cantidad de elementos finos y baja humedad de los combustibles. Tras la producción de un incendio, la vegetación comienza a reproducirse por brotes subterráneos y se instala, en primer lugar una vegetación herbácea anual que domina en los dos primeros años, posteriormente existe una fase de herbáceas y arbustos de bajo porte que es dominante hasta, aproximadamente, el séptimo año. A partir de dicha etapa mixta, se implanta una fase arbustiva que puede sufrir nuevos incendios o bien abrir paso a una fase arbórea.

Bosques como el castaño o el hayedo son de muy lenta formación, por ello, su presencia indica que la zona no ha sufrido incendios en un largo periodo de tiempo, al contrario, la presencia de jarales o pinares (*pinus halepensis*) indican la producción de incendios con cierta frecuencia. Los jarales los encontramos en el centro y oeste peninsular, en tanto que los pinares de pino carrasco (*p. halepensis*) han sustituido a la vegetación original de encinas en grandes áreas del levante español.

14.2.- FACTORES QUE DETERMINAN LA REACCIÓN AL FUEGO DE UN MATERIAL.

Se llama combustibilidad a la capacidad de un material para arder y consumirse, clasifica al material según sea capaz o no de mantener el fuego.

El poder calorífico es la cantidad de calor que el material libera por unidad de peso en combustión completa. Este factor se toma en ciertas ocasiones o en algunos países como

el índice de combustibilidad del material. Poder calorífico práctico (PCP) es la cantidad de calor que desprende 1 gr. de materia seca. Poder calorífico inferior (PCI) es el PCP mas el calor de las cenizas. Poder calorífico superior (PCS) es el PCI mas el calor del agua. En Francia, se admite que un material es combustible, cuando su PCP es inferior a 600 calorías/gramo (2.5 MJ/Kg).

La inflamabilidad es la facilidad que tiene un combustible para emitir gases que ardan. Es función de tres factores; el primero es el flujo de calor que recibe el material; el segundo de la posibilidad de que estos gases puedan salir al exterior, es decir, de la constitución física del material; por último, también es función del punto de inflamación del mismo, entendiéndose por tal, la temperatura a la cual el combustible es capaz de emitir gases que ardan con llama, al ser expuestos a una chispa o llama auxiliar.

El punto de inflamación de la madera es 275°C.

La velocidad de propagación de la llama da idea de cómo avanza el fuego en la superficie del material. Tal velocidad es muy diferente según la posición del material combustible, menor en posición horizontal y máxima en posición vertical, puesto que las llamas, en este último caso, lamen constantemente el resto de la superficie que no está en combustión.

El factor de inflamación instantánea considera la inflamación producida al mismo tiempo en toda la superficie del material o en una superficie grande del mismo, sometida a una fuente de radiación de calor. Debe de estudiarse esta variable en materiales excesivamente inflamables por la rapidez y virulencia del fuego al que alimentan. Es función, sin embargo de las variables anteriores.

La opacidad de los humos tiene especial importancia en la evacuación de personas y producción de víctimas en un incendio.

Además de otros, se presentan dos gases nocivos básicos en un incendio, éstos son el CO₂ y el CO. Si el aire contiene de un 2 a un 4 % de CO₂, el volumen de aire respirado se triplica y con ello la velocidad de envenenamiento si existen gases nocivos. El CO es tóxico, siendo mortal en dosis de 0.2 por mil.

En condiciones normales, la hemoglobina se combina con el O₂ para producir oxihemoglobina, ésta última se convierte en hemoglobina en los tejidos, dejando al O₂ a disposición de los mismos. En presencia de CO la hemoglobina se convierte en carboxihemoglobina, ésta última se acumula en sangre al no poderse liberar del CO, con ello se impide reaccionar con el O₂ y se produce la muerte por asfixia.

14.3.- COMBUSTIBLES NATURALES. CARACTERÍSTICAS Y TIPOS.

El sistema de clasificación de combustibles utilizado actualmente por el ICONA, es el método de Rothermel y se basa en el análisis del combustible dominante, su descripción es la que sigue en los siguientes párrafos.

Modelo 1.- Pasto fino, seco y bajo que recubre completamente el suelo. Pueden aparecer algunas plantas leñosas dispersas ocupando menos de un tercio de la superficie. Cantidad de combustible (materia seca): 1-2 Tn/Ha.

Modelo 2.- Pasto fino, seco y bajo que recubre completamente el suelo. Las plantas leñosas cubren de uno a dos tercios de la superficie, pero la propagación se realiza por el pasto. Cantidad de combustible (materia seca): 5-10 Tn/Ha.

Modelo 3.- Pasto grueso, denso, seco y alto (mas de un metro). Es el modelo típico de las sabanas y de las zonas pantanosas en clima templado-cálido. Los campos de cereales son representativos de este modelo. Puede haber algunas plantas leñosas dispersas. Cantidad de combustible (materia seca): 4-6 Tn/Ha.

Modelo 4.- Matorral o plantación joven muy densa; de mas de 2 m de altura; con ramas muertas en su interior. Propagación del fuego por las copas de las plantas. Cantidad de combustible (materia seca): 25-35 Tn/Ha.

Modelo 5.- Matorral denso y verde de menos de 1 m de altura. Propagación del fuego por la hojarasca y el pasto. Cantidad de combustible (materia seca): 5-8 Tn/Ha.

Modelo 6.- Similar al modelo 5 pero con especies mas inflamables, o con restos de corta y con plantas de mayor talla. Propagación del fuego con vientos moderados a fuertes. Cantidad de combustible (materia seca): 10-15 Tn/Ha.

Modelo 7.- Matorral de especies muy inflamables; de 0.5 a 2 m de altura, situado como sotobosque en masas de coníferas. Cantidad de combustible (materia seca): 10-15 Tn/Ha.

Modelo 8.- Bosque denso, sin matorral. Propagación del fuego por la hojarasca muy compacta. Los bosques densos de pino silvestre o haya son ejemplos representativos. Cantidad de combustible (materia seca): 10-12 Tn/Ha.

Modelo 9.- Similar al anterior, pero con hojarasca menos compacta formada por acículas largas y rígidas o follaje de frondosas de hojas grandes. Son ejemplos el monte de pino Pinaster, de castaños o de roble melojo. Cantidad de combustible (materia seca): 7-9 Tn/Ha.

Modelo 10.- Bosque con gran cantidad de leña y árboles caídos, como consecuencia de vendavales, plagas intensas, .. etc. Cantidad de combustible (materia seca): 30-35 Tn/Ha.

Modelo 11.- Bosque claro o fuertemente aclarado. Restos de poda o aclareo dispersos con plantas herbáceas rebrotando. Cantidad de combustible (materia seca): 25-30 Tn/Ha.

Modelo 12.- Predominio de los restos sobre el arbolado. Restos de poda o aclareo cubriendo todo el suelo. Cantidad de combustible (materia seca): 50-80 Tn/Ha.

Modelo 13.- Grandes acumulaciones de restos gruesos y pesados, cubriendo todo el suelo. Cantidad de combustible (materia seca): 100-150 Tn/Ha.

14.4.- INFLUENCIA DE OTROS FACTORES.

Además del tipo de combustible, otro factor a tener en cuenta es la pendiente del terreno, ya que según indicaciones del ICONA, si consideramos como unidad la velocidad de avance de un incendio en terreno llano, tal velocidad es de 1.3 cuando existe una pendiente de 5°, 2 para una pendiente de 10° y 4 cuando la pendiente es de 20°. Debido a las consideraciones anteriores, debería de utilizarse un Modelo Digital del Terreno para predecir la evolución de los incendios.

También son de gran importancia las condiciones meteorológicas en las últimas 24 horas y registrados a las 9 de la mañana, las variables correspondientes se utilizan para el cálculo de los índices de sequía (temp. máxima y precipitación) y de propagación (precipitación, humedad relativa, temperatura del aire y velocidad del viento).

14.5.- ÍNDICES RELACIONADOS CON EL PELIGRO.

La determinación del peligro de incendios forestales se realiza, actualmente, a partir del grado meteorológico de peligro y del grado básico de peligro. El grado básico de peligro se determina, a subes, a partir del índice de riesgo (frecuencia de incendios), del índice de causalidad (frecuencia y clase de incendios) y del índice de inflamabilidad (especies forestales y estado de acumulación).

A.- Índice de riesgo.

S. Ormeño. Teledetección.

Se corresponde con la frecuencia relativa de incendios en un lugar y durante un periodo de tiempo. Tiene el inconveniente de necesitar largos periodos de observación para proporcionar resultados fiables.

$$F_i = \frac{\sum_i^a n_i}{a}$$

F_i : frecuencia de observaciones.

n_i : Número de incendios en el periodo de estudio.

a : Número de años.

B.- Índice de causalidad.

Se obtiene teniendo en cuenta la frecuencia de los incendios para cada una de las causas presentes en el lugar considerada, ponderada según la peligrosidad específica de cada causa en el conjunto del país.

$$C_i = \frac{1}{a} \sum_1^a \frac{\sum_{ic}^{n_c} c \cdot n_{ic}}{n_i}$$

c : Coeficiente de peligrosidad específica de cada causa.

n_{ic} : número de incendios de cada causa en cada año.

n_c : número de causas.

n_i : Número de incendios en cada año.

a : número de años.

En el trabajo de C. García Colás se considera que la peligrosidad específica de cada causa depende de la eficacia (E) de cada causa en la producción de incendios, recogiendo los siguientes valores:

Incendiaros : E=100 %; c= 10.

Negligencias : E=50 %; c= 5.

Accidentes : E=10 %; c= 1.

Rayo : E=10 %; c= 1.

Causas desconocidas : E=50 %; c= 5.

C.- Índice de inflamabilidad .

Tiene en cuenta la presencia relativa de las distintas formaciones forestales, tanto arbóreas como arbustivas y herbáceas, caracterizadas por la especie dominante, si es necesario.

$$E_i = \frac{\sum_e^{n_e} e \cdot S_f e}{S_f}$$

n_e : número de formaciones diferentes.

e : coeficiente de peligrosidad relativa de cada formación forestal.

$S_f e$: superficie forestal de cada formación.

S_f : Superficie forestal total.

S. Ormeño. Teledetección.

Los coeficientes e se obtienen a partir de los datos de superficies quemadas con respecto a superficies totales de cada especie, aunque estos coeficientes varían sustancialmente dependiendo de la fuente consultada

El ICONA, propone los siguientes valores para e:

Pinus Silvestris: 3

Pinus Uncinata: 0

Pinus Pinea: 4

Pinus Halepensis: 7

Pinus Nigra: 1

Pinus Pinaster: 6

Pinus Canariensis: 1

Pinus Radiata: 7

Otras coníferas: 1

Eucaliptus: 2

Quercus Ilex: 1

Quercus Suber: 1

Otras frondosas: 0

Matorral: 10

Pastizal: 10

D.- Grado básico de pelígro.

Se obtiene a partir de los anteriores índices mediante la siguiente expresión.

$$P_{bi} = (E_i + C_i + F_i) / 3$$

E.- Índice meteorológico de peligro.

Este índice consta de dos valores, ambos calculados a partir de parámetros meteorológicos, éstos son el índice de sequía y el de propagación.

En el caso del índice de sequía o ignición, se parte de los datos de temperatura máxima y lluvia caída en las últimas 24 horas, tomadas a las 9h. A partir de tales datos y del índice de sequía del día anterior se procede al cálculo del índice de sequía actual mediante el uso de tablas empíricas.

En el índice de propagación se parte de la lluvia caída, humedad relativa del aire, temperatura del aire al medir y velocidad del viento. Al igual que el índice anterior, éste se calcula mediante el uso de tablas empíricas.

14.6.- MODELIZACIÓN CARTOGRÁFICA PARA ESTIMACIÓN DEL RIESGO.

En la realización de modelos cartográficos relativos al riesgo de incendios, debe de disponerse de los siguientes documentos de partida:

A.- Documento raster (ORC) con las entidades administrativas (términos municipales) correspondientes al área de estudio. En este documento, cada píxel tiene por valor digital el correspondiente al identificador de la entidad territorial en que se encuentra.

B.- Tabla (SMP) de datos estadísticos por entidades territoriales reflejando los incendios producidos por las diferentes causas.

Mediante las correspondientes operaciones con las columnas de las tablas y operaciones de reasignación (Reassign) de valores del raster según las variables deseadas de las

S. Ormeño. Teledetección.

tablas, pueden obtenerse documentos raster cuantitativos (coropletas) como los siguientes:

C.- Documento de causalidad, a partir del índice de causalidad.

D.- Documento de riesgo, a partir del índice de riesgo.

E.- Documento de rayos, a partir de los datos de incendios por rayo.

Mediante el uso de imágenes Thematic Mapper puede obtenerse la imagen clasificada (clases de ocupación) y, a partir de ésta, mediante una operación de reclasificación (Reclas), obtenerse los siguientes documentos:

F.- Documento raster cualitativo de formaciones forestales.

G.- Teniendo en cuenta las tablas de inflamabilidad y el raster de formaciones, mediante una operación de reclasificación (Reclas), se obtiene el documento de riesgo en función de la especie.

14.7.- SATÉLITES PARA ESTUDIO DE INCENDIOS.

Los satélites de observación de La Tierra se utilizan en diferentes fases de la gestión de incendios tales como en el cartografiado de combustibles, establecimiento de riesgo, detección, evaluación de los efectos, etc.

El ejemplo citado en el apartado anterior se basa en la utilización de datos de Landsat Thematic Mapper.

Otros satélites muy utilizados son NOAA-AVHRR (Robinson, 1991) y Spot, frecuentemente a través del cálculo del NDVI y su variación (Kennedy et al. 1994).

García, Fernández y Ormeño realizaron estudios sobre la variación de las firmas espectrales de cubiertas forestales afectadas por incendios en un área del levante español. Una imagen Thematic Mapper que refleje un incendio que se está produciendo en el momento de la toma, permite delimitar, con un relativamente pequeño margen de error, la superficie afectada por el incendio. Dentro de esta superficie, se puede distinguir perfectamente la superficie que estaba a altas temperaturas en el momento de la toma (esta superficie viene caracterizada por su alta emisividad en los infrarrojos medio y térmico) de la que ha sido afectada pero ya está apagada. Por supuesto que dentro de ésta última se pueden distinguir los distintos tipos de cubiertas que han sido afectadas por el incendio, siendo el rasgo distintivo de todas ellas la acusada pérdida de reflectividad en el IR próximo respecto de sus clases homónimas sin quemar. Es importante recalcar que no hace falta un conocimiento previo de las cubiertas anteriores al incendio, ya que una cubierta incendiada puede ser caracterizada, hasta cierto punto, sin necesidad de ello, dada la reflectividad general de la curva. Todo ello se cumple, al menos en los citados estudios.

14.8.- REFERENCIAS.

Dirección General de Conservación de la Naturaleza. 1998. Los incendios forestales en España durante 1997. Ministerio de Medio Ambiente.

Equipo de la sección de incendios forestales. 1981. Técnicas para la defensa contra incendios forestales. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

García, F., Fernández, J.A., Ormeño, S. 1990. Consideraciones sobre el estudio de los efectos producidos por el incendio de cubiertas vegetales mediante la utilización de imágenes Landsat TM. EUI Topográfica. Univ. Politécnica de Madrid.

S. Ormeño. Teledetección.

García Colás, C. 1996. Prevención de incendios forestales en el señorío de Molina de Aragón utilizando imágenes de satélite. EUIT. Topográfica. Univ. Politécnica de Madrid.

ETS Ing. De Montes. 1996. Apuntes de Defensa del Monte. Univ. Politécnica de Madrid.

ICONA. 1981. Técnicas para la defensa contra incendios forestales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Kennedy, P. J., Belward, A.S. and J. Grégoire. 1994, An improved approach to fire monitoring in West Africa using AVHRR Data. International Journal of Remote Sensing, 15, 2235-2255.

Robinson, J.M. 1991. FIRE from Space – Global FIRE Evaluation using infrared Remote Sensing. International Journal of Remote Sensing, 12, 3-24.

ANEXO I.- PROCEDS. PROCEDIMIENTOS DE SOV.

I.0.- INSTALACION DE SOV A PARTIR DE LA PAGINA WEB.

Los productos se encuentran comprimidos con WINZIP, una vez bajados deberá descomprimirlos. Cree un directorio en el disco duro (c:), grabe todos los ficheros una vez descomprimidos. Ejecute setup.exe y siga todas las indicaciones. Cree en c: un directorio de nombre palette y grabe en el todos los ficheros .pal. Cree en c: un directorio de nombre ref y grabe en el ficheros de tipo .ref. En la barra de programas del menú inicio le aparecerá el icono de SOV para acceso al mismo.

Bajar y descomprimir el fichero roble, el cual contiene una imagen de ejemplo. Usar esta imagen para practicar.

En los nombres de archivos que le pida el programa no usar mas de 7 caracteres. No es necesario poner la extensión.

I.1.- TIPOS DE ARCHIVOS.

Todos los tipos de ficheros de SOV son ASCII o de texto, salvo los RAW que contienen los datos de una imagen ORC. Por tanto, el contenido de todos ellos puede visualizarse y , eventualmente, modificarse con un editor de tal tipo de ficheros, como por ejemplo el WordPad o el Bloc de notas de Windows.

En las diferentes operacopnes con SOV, cuando se pide un nombre de fichero, NO UTILIZAR MAS DE SIETE CARACTERES, para el nombre (aparte de la extensión), si no se hace así SOV puede dar problemas.

ORC.

Es un fichero de cabecera que contiene la información básica de la imagen multibanda o monobanda.

REC.

Este es un fichero de correspondencia entre coordenadas iniciales y finales, se utiliza para correcciones geométricas. El sistema de referencia es el de las coordenada finales.

Las dos primeras columnas son las coordenadas (x,y) iniciales, y las otras dos son las finales.

SMP.

Contiene los datos de un muestreo, realizado posicionando una ventana (área de entrenamiento) sobre determinadas coordenadas en la imagen, la relación de coordenadas se encuentra en un fichero REC del mismo nombre.

STA.

Contiene datos estadísticos relativos a la imagen.

CLU.

Contiene los datos estadísticos relativos a cada una de las clases procedentes de un proceso de clasificación.

FIT.

Muestra los resultados procedentes de un ajuste polinómico mínimo-cuadrático, realizado para correcciones geométricas.

REF.

Contiene definición de los sistemas de referencia utilizados por el sistema. Este fichero tiene que ser realizado por el usuario con sus propias necesidades.

FUZ.

Resultado de una clasificación borrosa de las áreas de entrenamiento, la primera columna indica el área de entrenamiento, la última es la clase determinista de

pertenencia y las intermedias son el valor de la función de pertenencia para cada una de las clases.

FLY.

Fichero con los datos de vuelo y fotogramas para restitución fotogramétrica. Las coordenadas de las marcas fiduciarias y las coordenadas iniciales para externa y relativa deben de ser en unidades de pixel, siendo el origen de coordenadas la esquina inferior izquierda. Esto debe de estar establecido de esa forma en el correspondiente fichero ORC de cada fotograma. Debajo de la línea Pasada/Fotograma figura el nombre del fichero imagen del fotograma y debajo de éste irá el nombre del modelo digital del terreno(MDE). De no existir MDE, se utilizará el identificador "void".

TXT.

Contiene los datos resultado de una orientación externa. El nombre del fichero corresponderá con el del fotograma a que se refieren los datos.

W.

Se utiliza por la opción BakProp de redes neuronales. La primera línea indica el numero de capas, la segunda los nodos de cada capa. La tercera línea indica parámetros de configuración de neurona: inclinación, desplazamiento y velocidad de convergencia. A continuación se encuentran las matrices de los coeficientes comprendidos entre dos capas.

DBV.

Fichero de geodatos vectoriales. Pueden ser puntos, líneas(varios puntos) y polígonos(líneas con la primera y última coordenada coincidentes).

La primera línea indica el sistema de referencia. La segunda Xmin y Xmax del documento(Pej. ORC) de donde procede el fichero, la tercera Ymin e Ymax y la cuarta resolución en x y resolución en y del documento raster de procedencia (también puede tratarse de la precisión de los datos).

CAT.

Fichero para concatenar un conjunto de imágenes monobanda, la primera línea contiene el nombre de la imagen resultado (sin extensión), seguida del numero de imágenes que se concatenan. Las siguientes líneas contienen sucesivamente los nombres de las imágenes a concatenar (también sin extensión). P. Ejemplo:

Hoja 3

Img1

Img2

Img3

Consulte el manual o la ayuda de SOV para ver la estructura de los diferentes tipos de archivos, (AcercaDe-Ayuda-FORMATOS).

I.2.- OPERACIONES BASICAS.

I.2.0.- EDICIÓN DE ARCHIVOS.

Los ficheros de texto pequeños(ORC, REC, FLY, STA, CLU, CAT, TXT) pueden editarse mediante (Archivo – EditarTexto).

En el caso de los ficheros de texto grandes (DBV, SMP) ara abrirlos, P.Ej. con el WorPad. Desde el explorador de Windows, hacer doble Clic sobre el fichero, cuando el sistema presenta la ventana “abrir con”, seleccionar WordPad y picar en “utilizar siempre este programa para abrir este archivo”. A partir de este momento podrá abrir los ficheros directamente desde el programa SOV en (Archivo-AbrirFichero). En este caso

también pueden ejecutarse aplicaciones, basta con seleccionar los ficheros exe, bat o com.

I.2.1.- VISUALIZACION MONOBANDA.

Visualizar.- (Imagen-Ver-DigiVec). Clic en ORC. Seleccionar imagen. En Ban seleccionar banda. Clic en Todo. Con + zoom-, con – zoom-.

Para ver la imagen con una paleta diferente (Imagen-Ver-EdicPaleta), elegir la paleta deseada.

Al finalizar (Imagen-Ver -CloseDigi).

I.2.2.- COMBINACIÓN COLOR..

Visualizar.- (archivo-AbrirOrc). (Imagen-Ver-VerCombi) . Seleccionar una banda por cada canal. Clic Ok. Se visualiza en pantalla.

Obtención de un fichero color (con paleta).- (archivo-AbrirOrc). (Imagen-Ver-VerCombi) . Seleccionar una banda por cada canal. Clic File.Nombre de ORC de salida.

Al finalizar “cerrar carpeta” (archivo-CerrarOrc).

I.2.3.- DIGITALIZAR SOBRE IMAGEN.

Visualizar Imagen monobanda como se indica en el apartado 2.1.

Digitalización de puntos.- Con la imagen visualizada , Clic en Pun, Clic en LVEC, introducir nombre del fichero vector a salvar. Para digitalizar: sobre la imagen, clic botón izdo, clic botón izdo, para salvar el vector picar en SVEC.

Digitalización de líneas.- Con la imagen visualizada , Clic en Lin, Clic en LVEC, introducir nombre del fichero vector a salvar. Para digitalizar: sobre la imagen, clic botón izdo, clic botón izdo, clic botón dcho para finalizar linea., repetir la secuencia para cada línea..... para salvar el vector picar en SVEC.

Digitalización de polígonos.- Con la imagen visualizada , Clic en Pol, Clic en LVEC, introducir nombre del fichero vector a salvar. Para digitalizar: sobre la imagen, clic botón izdo, clic botón izdo, clic botón dcho para cerrar polígono, repetir la secuencia para cada polígono..... para salvar el vector picar en SVEC.

Para ver vector existente: con la imagen visualizada (Vector-VerDbv). Seleccionar fichero vector.

Al finalizar Clic en el “aspa simple” (Imagen-Ver-CloseDigi).

I.2.4.- VISUALIZAR UN FICHERO VECTOR.

Visualización sobre ORC.- Se visualiza la ORC (2.1) , con la imagen visualizada (Vector-VerDbv). Seleccionar fichero vector.

Si no se dispone de una ORC inicial debe de generarse una base sobre la que visualizarlo. Para generar dicha base debe de considerarse el tamaño de la misma, esto es, el numero de filas y de columnas. En las líneas iniciales del fichero DBV se tiene Xmin, Xmax, Ymin, Ymax , ResX (resolución en X) y ResY (resolución en Y), el numero de columnas de la imagen correspondiente se obtiene por $(Xmax-Xmin)/ResX$ y el numero de filas por $(Ymax-Ymin)/ResY$. Para elegir el numero de filas y columnas del ORC base, puede variarse ResX y ResY , si inicialmente dichos valores eran iguales entre sí deben mantenerse iguales entre sí, pero pueden hacerse mayores o menores para aumentar o disminuir el numero de filas y columnas.

Una vez realizadas las operaciones anteriores, para generar la base, (Vector-SetOrcVoid), introducir el nombre del fichero ORC. Ahora puede visualizarse el DBV sobre el ORC obtenido.

S. Ormeño. Teledetección.

Si ya se esta visualizando un fichero vector, deberá borrarlo de pantalla, para ello (Vector-ClearVec).

I.2.5.- FORMACIÓN DE UNA IMAGEN MULTIBANDA A PARTIR DE OTRA U OTRAS EXISTENTES.

Todas las bandas (RAW) deberán tener el mismo número de filas y columnas así como las mismas coordenadas extremas, y el mismo tipo de valores digitales (byte, integer o real).

Copiar un fichero ORC de una de las imágenes preexistentes con el nombre que se desea. Editar dicho fichero poniendo el nuevo numero de bandas y los nombres de las mismas (RAW). Si no se trata de un sensor estándar, en el tipo de sensor deberá ponerse la palabra reservada Sndef.

I.2.6.- TRANSFORMACIÓN DE UNA IMAGEN CON PALETA A PALETA DE GRIS.

Esta transformación será necesaria, por ejemplo cuando se quiere formar el modelo estereoscópico con fotogramas color(5.4).

(Archivo-AbrirOrc), (Imagen-Realce-ImgpalTogris), se pone el nombre de la imagen de salida.

I.2.7.- TRANSFORMACIÓN DE UNA IMAGEN CON UNA PALETA A OTRA PALETA.

Esta transformación será necesaria, por ejemplo cuando se quieren concatenar imágenes color cada una con distinta paleta . Se deberá elegir una de las paletas y transformar todas las imágenes a ella.

(Archivo-AbrirOrc), (Imagen-Realce-ImgpalTopal), se pone el nombre de la imagen de salida.

I.2.8.- CONCATENAR IMÁGENES.

Solo funciona con imágenes monobanda.

Deberá utilizarse un fichero CAT, cuya primera línea es el nombre de la imagen resultado y en numero de imágenes a concatenar. La segunda línea y siguientes contienen los nombres de las imágenes a concatenar. Todos los ficheros deberán estar en el mismo directorio.

(Imagen-Georref-ConcatOrc), introducir el nombre del fichero CAT.

Si las imágenes son en color (con paleta), previamente deben haberse transformado a una paleta común. En este caso deberá obtenerse una copia de la paleta común (PAL) y grabarse con el nombre del fichero final y extensión pal, con la finalidad de asociar la paleta en cuestión a la imagen resultado.

I.2.9 .- CREAR O EDITAR UNA PALETA.

Visualizar.- (Imagen-Ver-DigiVec). Clic en ORC. Seleccionar imagen. En Ban seleccionar banda. Clic en Todo. (Imagen-Ver-EdicPaleta), elegir una paleta base. Hacer doble clic sobre cada color que se quiera editar, seleccionar color, cuando haya terminado de seleccionar colores, clic en Guardar. Poner nombre a la paleta.

Al finalizar (Imagen-Ver -CloseDigi).

I.2.10.- DIGITALIZAR PUNTOS, LINEAS O POLIGONOS PROCEDENTES DE UN DOCUMENTO CARTOGRAFICO SOBRE PAPEL.

Se deberá de escanear el documento cartográfico y guardarlo como BMP o TIF, en ambos casos en tipo paleta color de 256 colores sin comprimir.

(Archivo – Importar – DeImg), se importa a formato ORC.

Seguir el procedimiento expresado en 3.4 para georreferenciar el documento.

Ahora podemos digitalizar las entidades como se indica en 2.3, poniendo como el identificador (Id) de cada uno de los geodatos.

I.2.11.- CORTAR Y REMUESTREAR IMÁGENES.

(Archivo – AbrirOrc) se selecciona la imagen deseada, (Imagen – Georref – Remuestreo) en el cuadro de diálogo seleccionar xmax, xmin, ymax, ymin, numero de filas, número de columnas y nombre de la imagen a salvar, a continuación picar en SetRem..

I.2.12.- EXPORTAR UNA IMAGEN ORC E INTEGRARLA EN AUTOCAD.

Esta operación puede ser una buena alternativa al procedimiento expuesto en 2.10 o bien para digitalizar entidades procedentes de una ortofoto.

Supongamos que el documento está debidamente georreferenciado, las coordenadas extremas, pueden verse en el fichero ORC correspondiente a la imagen (ver procedimiento 2.0).

Se exporta el fichero a formato TIF (Archivo – Exportar – AImg – Tif).

En AutoCad (Menu – Dibujo – Rectangulo), se dibuja un rectángulo introduciendo por teclado las coordenadas de la esquina inferior izquierda y superior derecha.

En AutoCad (Menu – Insertar – Imágenes de trama – Enlazar) se selecciona la imagen TIF y se inserta en el rectángulo dibujado anteriormente, tomando como punto de insercion la esquina inferior izquierda y ampliando escala hasta la esquina inferior derecha. Aparecerá la imagen sobre el dibujo de AutoCad.

En AutoCad puede cambiarse el orden de visualización, poniendo la imagen debajo de el dibujo, para ello (Menu – Herramientas – Orden de visualizacion – Poner detrás).

Cuando SOV exporta a TIF, lo hace georreferenciado (GEOTIF), por ello, si se dispone de una versión de AutoCad (a partir de la versión 2000), al cargar la imagen queda georreferenciada.

I.2.13.- EXPORTAR IMÁGENES Y MODELOS A ARCVIEW.

(Archivo – AbrirOrc) se selecciona la imagen o modelo. (Archivo – Exportar – ArcView) a continuación puede seleccionarse una de las siguientes opciones:

Imagen-BMP: se exporta la imagen (tipo byte) como .bmp y además se genera un fichero de texto con extensión .bpw. Desde ArcView debe de abrirse como imagen.

Modelo-ASCII: se exporta la imagen o modelo como ASCII, se produce un fichero con extensión .asc, puede ser tipo byte, integer o real. Desde ArcView puede importarse haciendo (File – Import – Data Source) se elige tipo ASCII, crea una capa raster.

Modelo-BINARY: se exporta la imagen o modelo como binario, se produce un fichero con extensión .raw mas un fichero de texto con el mismo nombre y extensión .hdr , debe de ser real. Desde ArcView puede importarse haciendo (File – Import – Data Source) se elige tipo BINARY, crea una capa raster.

Si se exporta una imagen como TIF, al abrirla en ArcView queda georreferenciada por ser exportada como GEOTIF.

I.2.14.- PONER COTAS EN UN FICHERO VECTOR.

Salvo cuando se digitaliza sobre modelo estereoscópico (proc. 5.5), el fichero que se obtiene al digitalizar sobre una imagen (por ejemplo una ortofotografía), tiene cota cero.

En el caso de disponer de un modelo digital de elevaciones de la zona a la que corresponde el vector, pueden introducirse las cotas al fichero en cuestión.

Para ello: (Vector – SetCotaVec - VecOrcToCota) Se elige el nombre del fichero inicial sin las cotas, a continuación el nombre y la banda del fichero ORC que contiene el modelo digital de elevaciones y por último el nombre del fichero final con las cotas.

En aquéllas coordenadas que queden fuera del modelo se conservarán las cotas que tuviese el vector inicial.

También puede ponerse cota a partir de alguna de las columnas de una tabla SMP con los mismos identificadores que los existentes en el DBV, esto se hace con (Vector – SetCotaVec – VecSmpToCota).

También puede pasarse el identificador de un DBV a cota, mediante (Vector – SetCotaVec – VecIdToCota), esto debe hacerse cuando se digitalizan curvas de nivel, en este caso, se ponen las cotas como identificador cuando se está digitalizando y posteriormente se pasan tales identificadores a cota..

I.2.15.- EXPORTAR FICHERO VECTORIALES A DXF.

(Exportar – VecToDxf), se introduce el nombre de los ficheros de entrada y salida, así como el modo de poner las capas en el fichero final. Una forma de distribuir dichas capas es poniendo cada identificador en una capa distinta, otra forma es poner cada tipo de entidad en una capa distinta, separando (puntos, líneas y polígonos).

I.2.16.- TRANSFORMACION CONFORME 3D DE UN FICHERO VECTOR.

Permite realizar un cambio de coordenadas eligiendo un nuevo origen (X0, Y0, Z0) y los ángulos omega, fi y kappa (giros en torno a los ejes X, Y, Z).

(Vector – TransConforme). Se introducen los nombres de los ficheros vector de entrada y de salida (DBV a Cargar, DBV a Salvar). El botón Fitpla – FileInfo realiza dos operaciones, una de ellas obtener los parámetros del plano mejor ajustado al conjunto de puntos del fichero vector cargado, entre tales parámetros se encuentra el centro de gravedad (CDG) de los puntos (por él pasa el plano ajustado), también obtiene los giros omega, fi y kappa de un sistema de referencia que con centro en el CDG tiene los ejes OX y OY en el plano, siendo OZ perpendicular al mismo, el OX es paralelo a la traza del plano. Otra de las operaciones del botón Fitpla – FileInfo es obtener un fichero de texto con los parámetros citados anteriormente. El botón de radio Semiespacio indica el semiespacio superior (activado) o inferior(no activado) que se quiere considerar en la transformación.

Una vez realizadas las operaciones anteriores, se está en condiciones de realizar la transformación, que puede ser de dos tipos, la conforme 3D y una transformación perspectiva, la primera de ellas se obtiene mediante el botón SetTransConf y la segunda mediante el botón SetPerspec.

Este tipo de transformación puede tener diferentes utilidades, en el caso de fotogrametría de objeto cercano, pueden obtenerse coordenadas UTM en el que el plano XY es el horizontal y el eje Z mide cotas. Puede desearse pasar de dicho sistema a otro adecuado a la geometría de la toma, es decir, el plano OX sea un plano paralelo al fotograma (al negativo) y el eje Z sea perpendicular a tal plano con cotas crecientes hacia la cámara.

I.3.- TELEDETECCION

I.3.1.- OBTENCIÓN DE ESTADÍSTICOS DE UNA IMAGEN.

(Archivo-AbrirOrc), (Imagen-Stats-FileStats). Se produce un fichero de nombre el de la imagen y de extensión STA. Es un fichero de texto. Al finalizar “cerrar carpeta” (Archivo-CerrarOrc).

I.3.2.- REALCE DE IMÁGENES.

Expansión del histograma.- (Archivo-AbrirOrc), (Imagen-Realce-Expansión), (ORC a salvar), (banda), (2.8StDev). El valor numérico anterior indica el numero de desviaciones típicas a un lado y otro de la media para seleccionar los valores umbrales mínimo y máximo para la expansión del histograma.

Al finalizar “cerrar carpeta” (Archivo-CerrarOrc).

Después puede visualizarse la imagen salvada.

I.3.3.- CLASIFICACION BAYESIANA.

Selección de áreas de entrenamiento.- (Archivo-AbrirOrc), (Clasificar-Áreas), introducir nombre de fichero SMP inicial a salvar, introducir tamaño del área en pixels (p. Ej 5), introducir intervalo de muestreo (p. Ej 10), clic en Ok.

Clustering.- (Clasificar-Kmedias), introducir fichero SMP inicial existente, introducir fichero SMP final a salvar, Introducir numero de clases (p. Ej. 6).

Clasificación de imagen.- (Clasificar-OrcClas), introducir el SMP del apartado anterior, introducir nombre de imagen ORC a salvar, no picar en FUZ a cargar. Clic en Ok.

Junto con el fichero .SMP inicial con la moda en cada banda de las areas de entrenamiento, se genera un fichero DBV de puntos con las coordenadas del centro de cada una de las áreas de entrenamiento. Puede visualizarse dicho fichero (apdo. 2.4) para ver la posición de dichas áreas.

Al finalizar “cerrar carpeta” (Archivo-CerrarOrc).

Después puede visualizarse la imagen salvada.

Para obtener los estadísticos correspondientes al conjunto de las clases se ejecuta (Casificar-StatsArchi) se introduce el nombre del fichero SMP de salida de Kmedias y el nombre de un fichero con extensión CLU, de texto, que contiene los estadísticos de las clases, además de la matriz de confusión y el coeficiente kappa de aceptación que indica el grado de fiabilidad de la clasificación.

I.3.4.- CORRECCION GEOMÉTRICA MEDIANTE AJUSTE MINIMO-CUADRATICO.

Este procedimiento puede utilizarse para corregir imágenes de satélite de media o pequeña resolución (p.ej. Landsat TM , NOAA e incluso Spot). También puede utilizarse para corregir documentos gráficos escaneados.

Una vez realizada la operación, las imágenes quedan georreferenciadas, esto es, si se edita el ORC (con WordPad) , las coordenadas extremas Xmin, Xmax, Ymin, Ymax son coordenadas en el sistema final de referencia.

Para realizar el ajuste, debemos disponer de un fichero REC, cuya estructura puede verse en la Ayuda de SOV, puede copiarse uno existente y editarlo. Este fichero contiene las coordenadas iniciales y finales de un conjunto de puntos de control.

Las coordenadas iniciales de los puntos se obtiene digitalizando puntos sobre el fichero ORC original (Apdo. 2.3), al ir a digitalizar, moviendo el raton sobre la imagen aparecen las coordenadas en la barra de mensajes (en la parte inferior).

El fichero REC puede producirse mediante una edición manual directa (editor de texto) o bien de forma automatizada disponiendo de un fichero DBV con los identificadores y coordenadas iniciales (imagen) y un segundo fichero DBV con los mismos

identificadores y las correspondientes coordenadas finales(terreno), a continuación se entra en el procedimiento (Imagen – Georref – SetFileRec).

Corrección de la imagen.- (Archivo-AbrirOrc), nombre del fichero original, (Imagen-Georref-Ajuste) introducir nombre de ORC de salida y el nombre del fichero REC, seleccionar el grado del polinomio (1,2 o 3), Clic en File. Cic en OK.

La opción File produce un fichero FIT con el mismo nombre del ORC de salida. Dicho fichero contiene los coeficientes de los polinomios y los valores de los residuos (en pixels) de cada uno de los puntos de control. El fichero es de texto y su contenido puede verse con WordPad. Al finalizar “cerrar carpeta” (Archivo-CerrarOrc).

I.3.5.- TRANSFORMACIONES LINEALES MULTIBANDA.

Transformación a componentes principales.- (Archivo-AbrirOrc), (Imagen-Pca), introducir nombre de imagen de salida, Clic en Pca, seleccionar el numero de bandas de la imagen de salida (como máximo el numero de bandas de la imagen inicial). Clic Ok. Al finalizar “cerrar carpeta” (Archivo-CerrarOrc).

Transformación Tasseled Cap.- Solo se puede aplicar a una imagen Thematic Mapper de 6 bandas, esto es excluyendo la banda 6 y renombrando la 7 como 6 (sensor TM6), (Archivo-AbrirOrc), (Imagen-Pca), introducir nombre de imagen de salida, Clic en TassCap, seleccionar el numero de bandas de la imagen de salida (serán 3, suelos, vegetación y humedad). Clic Ok. Al finalizar “cerrar carpeta” (Archivo-CerrarOrc).

I.3.6.- CLASIFICACION BORROSA .

Produce una imagen multibanda con tantas bandas como clases. En cada banda, el nivel digital indica el grado de pertenencia del píxel a la clase en cuestión.

Selección de áreas de entrenamiento.- (Archivo-AbrirOrc), (Clasificar-Áreas), introducir nombre de fichero SMP inicial a salvar, introducir tamaño del área en pixels (p. Ej 5), introducir intervalo de muestreo (p. Ej 10), clic en Ok.

Clustering.- (Clasificar-Kmedias), introducir fichero SMP inicial existente, introducir fichero SMP final a salvar, Introducir numero de clases (p. Ej. 6).

Clasificación borrosa de imagen.- (Clasificar-ClasOrcBayFuz), introducir el SMP del apartado anterior, introducir nombre de imagen ORC a salvar, no picar en FUZ a cargar. Clic en Ok.

I.4.- MODELOS DIGITALES

I.4.1.- ADECUACION DE FICHEROS VECTOR(DBV) PARA MODELOS.

(Modelos-SetDbvforMod).

Esta operación permite eliminar puntos dobles y cotas extremas erróneas. También permite elegir una distancia mínima entre puntos, de manera que no se supere un cierto grado de densidad espacial. Se recomienda utilizarlo con todo fichero DBV del que se vaya a obtener un modelo raster. Se debe introducir ficheros DBV inicial y final, el fichero final contiene todos los puntos obtenidos, se deberá introducir también la distancia mínima entre puntos, ésta última en décimas de la unidad en que están las coordenadas, así mismo deben de introducirse umbrales mínimo y máximo para las Z, por fuera de ellos se eliminaran los puntos correspondientes.

I.4.2.- BORRAR PUNTOS DE UN FICHERO VECTOR.

Esta operación puede ser importante realizarla para evitar errores en las cotas al obtener un modelo.

Deben de digitalizarse previamente como se indica en 2.3, grabarlos en un fichero vector.

(Vector-VecDelPun) introducir fichero inicial, fichero con los puntos a borrar y fichero final.

Debe de tenerse en cuenta que se borran todos aquellos puntos que estén en un radio de búsqueda en el entorno de cada punto. Dicho radio se establece como un numero entero de veces la resolución, dicho numero entero lo selecciona el usuario al aplicar el procedimiento.

Pueden borrarse los puntos directamente en pantalla, para ello se aplica (Imagen – Ver - DigiVec) y se visualiza el vector con los puntos a borrar, tal como se indica en 2.4. En el cuadro de dialogo se selecciona en el Snap el numero de veces la resolución para establecer el radio de búsqueda y a continuación en el cuadro “BorrarPuntosAislados”, se pica en “Ini”, se digitaliza con el ratón sobre los puntos a borrar y cuando se termine se pulsa “Fin”.

I.4.3.- OBTENCIÓN DE MODELOS RASTER A PARTIR DE TRIANGULACION.

Pueden obtenerse para cualquier variable Z de un fichero DBV.

Se recomienda filtrar el DBV mediante 4.1.

Modelos.- (Triangulacion-Triangulos), introducir ficheros DBV inicial y final, el fichero final contiene todos los triangulos obtenidos, almacenados como polígonos, se deberá introducir también la distancia máxima entre puntos, ésta última en centenas de la unidad en que están las coordenadas, la introducción de una distancia máxima eliminará triángulos excesivamente grandes que suelen formarse en el contorno de la zona de estudio para formar una poligonal convexa..

Obtención de modelo.- (Modelos-SetModelo), se introduce el DBV procedente de triangulacion y el nombre de la imagen ORC que contendrá el modelo. Se introduce la resolución y la Z por defecto, esto es el valor digital que se asignara en aquellos puntos donde no se pueda interpolar, puede utilizarse un valor establecido por el usuario, o bien los valores mínimo, medio o máximo de las cotas, para elegir uno de estos últimos, se pulsa el botón correspondiente (MIN, MED, MAX). En el cuadro de dialogo hay una casilla de verificación “SetMinMaxRealesXYdelDbv” si se pica en ella, la imagen de salida tendrá como coordenadas extremas las que efectivamente tenga el DBV (las calculará), si no se pica se considerarán como coordenadas extremas las que aparezcan como Xmin, Xmax, Ymin, Ymax en el fichero DBV, estas coordenadas pueden editarse y cambiarse a los límites que se deseen para el modelo.

Existen dos opciones básicas para obtener el modelo MDTTRI y MDTLIN, la primera realiza una interpolación bilineal, es mas precisa pero es mas lenta y puede tardar bastante si el numero de puntos es muy alto. La segunda opción es mas rápida aunque pudiera aparecer algún defecto en la interpolación.

Como resultado se obtiene un fichero tal que los valores digitales son numeros reales y puede visualizarse con SOV de una forma directa, pero no son exportables a BMP o TIFF (como imágenes). Para exportarlos será necesario obtener una versión, que deberá ser de tipo byte.

Una de las formas de pasar a tipo byte es utilizar las opciones de realce, que siempre producen ORCs de tal tipo, para ello abriremos la ORC real y a continuación (Imagen – Realce – Expansión), si no se quieren perder datos debe de utilizarse la opción MinMax, si se quiere obtener más realce puede utilizarse, por ejemplo 2.8StDev.

Otra posibilidad de pasar a tipo byte es mediante (Imagen – ConvTipo).

Todos los modelos, una vez obtenidos deben de visualizarse y supervisarse, en los puntos donde se detecte un error de cota deberá borrarse el punto correspondiente y volver a triangular y obtener el raster.

I.4.4.- OBTENCIÓN DE MODELOS RASTER A PARTIR DE PUNTOS.

Se recomienda filtrar el DBV mediante 4.1.

Obtención de modelo.- (Modelos-SetModelo), se introduce el DBV con los puntos y el nombre de la imagen ORC que contendrá el modelo. Se introduce la resolución y la Z por defecto, esto es el valor digital que se asignara en aquellos puntos donde no se pueda interpolar. En el cuadro de dialogo hay una casilla de verificación "SetMinMaxRealesXYdelDbv" si se pica en ella, la imagen de salida tendrá como coordenadas extremas las que efectivamente tenga el DBV (las calculará), si no se pica se considerarán como coordenadas extremas las que aparezcan como Xmin, Xmax, Ymin, Ymax en el fichero DBV, estas coordenadas pueden editarse y cambiarse a los límites que se deseen para el modelo.

Una de las posibilidades obtiene el modelo mediante una interpolación inversa a la distancia de un conjunto de puntos en la proximidad del que se desea interpolar, para ello se pulsa en "INVDIST".

Otra de las posibilidades obtiene el modelo mediante un método propio de SOV que proporciona superficies muy suavizadas y que está basado en krigeado, se pulsa en "InterSov".

Como resultado se obtiene un fichero tal que los valores digitales son números reales. El ORC de salida puede visualizarse como monobanda (utilizar la paleta HIMHOF o PEUKER).

I.4.5.- OBTENCIÓN DE CELDAS DE VORONOI EN FORMATO RASTER.

Se recomienda filtrar el DBV mediante 4.1.

Obtención de celdas.- (Modelos-SetModelo), se introduce el DBV con los puntos y el nombre de la imagen ORC que contendrá el modelo. Se introduce la resolución y la Z por defecto, esto es el valor digital que se asignara en aquellos puntos donde no se pueda interpolar. En el cuadro de dialogo hay una casilla de verificación "SetMinMaxRealesXYdelDbv" si se pica en ella, la imagen de salida tendrá como coordenadas extremas las que efectivamente tenga el DBV (las calculará), si no se pica se considerarán como coordenadas extremas las que aparezcan como Xmin, Xmax, Ymin, Ymax en el fichero DBV, estas coordenadas pueden editarse y cambiarse a los límites que se deseen para el modelo.

Seleccionar "MinDist".

Como resultado se obtiene un fichero tal que los valores digitales son números reales. El ORC de salida puede visualizarse como monobanda (utilizar la paleta HIMHOF o PEUKER).

I.4.6.- GENERALIZACIÓN DE LA OBTENCIÓN DE MODELOS.

Cualquier variable (columna) de un fichero SMP puede servir para obtener un modelo. Debe de tenerse en cuenta que la primera columna del SMP contiene el identificador , la segunda columna sería la primera variable, la tercera columna la segunda variable,

Debe de disponerse de un fichero DBV con las coordenadas de todos los identificadores.

Cualquiera de las variables del SMP puede considerarse como Z del DBV con el fin de obtener el modelo correspondiente a la variable en cuestión.

Considerar variable como cota.- (Vector- SetCotaVec - VecSmpToCota). Introducir nombre del SMP, nombre del DBV inicial, número de variable y nombre del DBV final.

El fichero DBV puede importarse directamente de un ASCII que contenga (Identificador X Y Z), (Archivo-Importar-IdXYZToVec).

El fichero SMP puede proceder de una hoja de cálculo al que se le añaden unas líneas al principio para que se ajuste al formato SMP (ver la estructura del formato SMP en la ayuda).

I.4.7. - DIGITALIZAR CURVAS DE NIVEL DE UN DOCUMENTO CARTOGRAFICO SOBRE PAPEL.

Se deberá de escanear el documento cartográfico y guardarlo como BMP o TIF, en ambos casos en tipo paleta color de 256 colores sin comprimir.

(Archivo – Importar – DeImg), se importa a formato ORC.

Seguir el procedimiento expresado en 3.4 para georreferenciar el documento.

Ahora podemos digitalizar las curvas como se indica en 2.3, poniendo como identificador (Id) de cada curva la cota entera correspondiente a la misma. Para evitar complicaciones con el scroll, es conveniente digitalizar las curvas como “Puntos”, picando tales puntos a lo largo de la curva en cuestión, después de haber seleccionado el identificador.

Para pasar los identificadores a cotas, seleccionar en el menú, Vector – VecIdToCota, de esta manera, cada curva, en el fichero digital tendrá la cota corespondiente.

Ahora podemos obtener el modelo digital de elevaciones como se expresa en 4.3.

I.4.8.- OBTENER IMAGEN PERSPECTIVA DEL TERRENO.

Se debe de disponer, de una imagen ORC de tipo byte, pudiendo, además utilizar un modelo digital de elevaciones de tipo real. En el caso de utilizar MDE éste debe de tener el mismo número de filas y columnas que la imagen, si no es así, remuestrear la imagen de la forma indicada en 2.11 de manera que coincida con el modelo (las mismas coordenadas extremas, el mismo número de filas y el mismo número de columnas).

(Archivo – AbrirOrc) seleccionar la imagen.

(Modelos – Perspectiva), el programa solicitará secuencialmente:

- Número de banda de la imagen,
- Nombre del modelo, si no se desea mdt, cuando se solicita el nombre se pulsa Cancelar.
- Número de banda del modelo (si procede).
- Nombre de la imagen de salida.
- Angulo horizontal del punto de vista (0 – 360).
- Angulo sobre el horizonte del punto de vista (0 – 90), 90 coincide con una vista cenital.
- Factor de exageración de la Z, este valor se expresa en decimas y su efecto depende del relieve del modelo o de las diferencias de valor existentes en la imagen. Para controlar su efecto conviene hacer unos tanteos previos.

En el supuesto de disponer de MDE, para el cálculo de la Z se utilizan los valores de dicho modelo, si no se dispone de MDE se utiliza para calcular la Z los propios valores digitales de la imagen.

I.4.9.- OBTENCIÓN DE SEMIVARIOGRAMA O CROSVARIOGRAMA.

Dado un conjunto de puntos con el correspondiente valor de una variable, que en nuestro caso es un fichero vector con el valor de la variable como cota (ver proced. 4.6),

podemos estudiar la variación espacial de dicha variable mediante el correspondiente variograma.

Para ello (Modelos – Kriging – Svariograma), se introduce el nombre del fichero vector, a continuación el número de veces la distancia media entre vecinos que se va a considerar como intervalo de cálculo y por último el nombre de un fichero de texto con los resultados correspondientes. En el fichero obtenido se muestran, entre otros parámetros, los momentos de inercia (γ) correspondientes a las distintas distancias.

Del análisis del fichero anterior, pueden deducirse algunos parámetros fundamentales relativos al variograma, tales son:

Nugget (pepita): representa una discontinuidad en el origen y es el valor de γ para una distancia cero.

Range (rango): es el valor de la distancia cuando el valor de γ se empieza a ser constante en los niveles máximos.

Sill (meseta): es el valor de γ para distancias muy grandes (infinito).

El número máximo de puntos permitidos para esta operación es de 4000.

De la misma forma que el caso citado puede estudiarse la variación espacial de una variable con respecto a otra, en este caso (Modelos – Kriging – Svariograma), se introducen los nombres de cada una de las variables y se obtiene un fichero similar al descrito.

I.4.10.- INTERPOLACION MEDIANTE KRIGEADO ORDINARIO.

Debe de aplicarse, previamente el procedimiento 4.9 (SemiVariograma de la variable) y obtener unos valores estimados de nugget, range y sill. El procedimiento es muy lento, aumentando mucho el tiempo de cálculo para un número de puntos superior a dos o tres mil.

(Modelos – Kriging – OKriging). Aparece un cuadro de diálogo que solicita los parámetros anteriores, así como la resolución del raster en metros y el número de vecinos a considerar en la interpolación. Si el número de vecinos considerados es de uno, se obtienen los polígonos de Voronoi de los puntos.

Como resultado se obtiene un fichero tal que los valores digitales son números reales. El ORC de salida puede visualizarse como monobanda (utilizar la paleta HIMHOF o PEUKER).

I.4.11.- INTERPOLACION MEDIANTE COKRIGEADO .

Debe de aplicarse, previamente el procedimiento 4.9 calculando el semivariograma para las variables 1 y 2, asimismo se calcula el crosvariograma de la variable 1 con respecto a la 2. Tras la obtención de los semivariogramas y el crosvariograma se obtienen unos valores estimados de nugget, range y sill para cada uno de los tres casos. El procedimiento es muy lento, aumentando mucho el tiempo de cálculo para un número de puntos superior a dos o tres mil.

(Modelos – Kriging – CoKriging). Aparece un cuadro de diálogo que solicita los parámetros anteriores, así como la resolución del raster en metros y el número de vecinos a considerar en la interpolación. Si el número de vecinos considerados es de uno, se obtienen los polígonos de Voronoi de los puntos.

Como resultado se obtiene un fichero tal que los valores digitales son números reales. El ORC de salida puede visualizarse como monobanda (utilizar la paleta HIMHOF o PEUKER).

I.4.12.- OBTENCIÓN DE CURVAS DE NIVEL DE UN FICHERO VECTOR O DE UN MODELO RASTER.

Si se pretende curvar un raster, el modelo correspondiente debe de cargarse previamente mediante (Archivo – AbrirOrc).

En caso de pretender curvar un fichero vector de puntos, debe de aplicarse previamente el procedimiento 4.1, para eliminar posibles puntos erróneos.

También puede curvarse un fichero vector triangulado.

Las tres opciones citadas se encuentran en (Modelos – Curvado), en todos los casos, además del nombre de los ficheros se solicita la equidistancia de las curvas expresadas en décimas de la unidad en que estén las cotas.

I.4.13.- OBTENCIÓN DE CURVAS DE NIVEL DE UNA IMAGEN O MODELO RASTER.

Ver el caso anterior.

I.4.14.- VISUALIZACION 3D DE MODELOS. SOV3D.

De un fichero DBV cualquiera puede obtenerse un objeto 3D (modelo) con caras y vertices, tal modelo puede visualizarse como vector en formato .X (DirectX) y rotarlo en el espacio, aplicarle zomm, etc, de una forma muy eficiente. El procedimiento se describe a continuación.

En primer lugar, debe prepararse el fichero tal como se indica en 4.1 (Modelos - SetDbvforMod). A continuación (Archivo – Exportar – VecToXFiles). De esta forma se obtiene un fichero con extensión .X .

A continuación accedemos al programa SOV3D mediante (Modelos – SOV3D). Veremos que aparece una nueva ventana de aplicación, con su correspondiente menú.

Dentro de SOV3D operamos de la siguiente forma. En primer lugar (Archivo – CargarXFile) , aparecerá en pantalla el objeto o modelo. Picamos con el botón derecho del ratón para que quede seleccionado.

A continuación podemos dar a las siguientes teclas y opciones:

Z o K : Zoom +.

X o L : Zoom -.

P : disminución del relieve.

Q: aumento del relieve.

Con el boton derecho pulsado sobre el objeto y desplazando el ratón, se desplaza el objeto.

Con el boton izquierdo pulsado sobre el objeto y desplazando el ratón, el objeto gira.

En el menú (Interpolación – Puntos): aparecen los vertices del modelo.

En el menú (Interpolación – Triangulos): aparecen los triangulos del modelo.

Con (Interpolación – Solido), seleccionando (Interpolación – Caras) aparecen las caras triangulares del modelo.

Con (Interpolación – Solido), seleccionando (Interpolación – Gouraud) un modelo suavizado.

En la opción (Archivo – ComprimirXFile), puede obtener ficheros .X mas comprimidos.

Puede explorar por Ud. Mismo el resto de las posibilidades de SOV3D

I.4.15.- PENDIENTE, ORIENTACION Y SOMBREADO.

Se carga, en primer lugar, la ORC (Archivo – AbrirOrc), posteriormente se aplica (Imágenes – Realce – Filtros - Pend/Ori), se obtiene una imagen ORC de tres bandas, la

primera de ellas con la pendiente en tanto por ciento, la segunda con la orientación de ladera, en grados sexagesimales y la tercera con el sombreado, la ORC obtenida es de tipo real.

I.5.- FOTOGRAMETRIA.

I.5.1.- FORMACIÓN DEL FICHERO DE VUELO.

(Foto-IniFly), introducir nombre del fichero FLY. En el cuadro de diálogo introducir cota de referencia en metros, altura de vuelo sobre la anterior cota, también en metros, resolución de los fotogramas en micras y focal de la cámara en micras.

Introducir en el cuadro de dialogo el numero de pasadas y el numero de fotogramas por pasada. Se recomienda un fichero FLY por pasada.

Para cargar los nombres de las imágenes ORC que contienen los fotogramas y los ORC reales que contienen a los modelos digitales de elevaciones, proceder de la forma que se indica a continuación. Pulsar IniLoad, en los controles Pas y Fot se visualizan la pasada y fotograma, para seleccionar la ORC y el MDT correspondiente se pulsa sobre la lista de ficheros de cada tipo, si no se dispone de MDT se selecciona “void”, tras cada carga de nombres se pulsa LoadName. Al finalizar la carga de nombres para todos los fotogramas debe pulsarse Save.

Visualice y edite el fichero FLY como se indica en 2.0., vera una cabecera con los datos comunes y posteriormente un bloque de datos para cada fotograma.

Entre los datos comunes, se encuentran los correspondientes a la calibración de la cámara, Estos datos deberán introducirse por teclado en el lugar correspondiente del FLY si se dispone de certificado de calibración. Describimos el significado de cada uno de ellos:

- Marcas fiduciaras: si se dispone de este dato el numero de marcas será de cuatro, si no se dispone de este dato, en el lugar correspondiente se pondrá cero. En el primer supuesto, para cada marca se introducirá el numero de orden (1,2,3,4), normalmente el orden es: sup.izda, inf.izda, inf.dcha y sup.dcha. Después del numero de orden se introduce la x(mm) y después la y(mm), siempre separados por espacios en blanco.
- Coordenadas del punto principal respecto del sistema de marcas fiduciaras. Será una x y una y en mm., con valores próximos a cero. Si no se dispone de este dato se pone 0.00 para x y para y.
- Coeficientes de distorsión radial: serán cuatro, se corresponden con la fórmula de corrección de distorsiones radiales siguiente.

$$dr = k1*(10^e1)*r + k2*(10^e2)*(r^3) + k3*(10^e3)*(r^5) + k4*(10^e4)*(r^7)$$

Los valores que se introducen son los de ki y ei. Si no se dispone de estos valores, en el lugar de las ki se pone 0.00. Frecuentemente, los coeficientes que se dan son K2,K3 y K4 y se aplica la fórmula:

$$dr = k2*(10^e2)*(r^3) + k3*(10^e3)*(r^5) + k4*(10^e4)*(r^7)$$

En tal caso, en el lugar correspondiente a k1 se pone 0.00.

Los datos de cada fotograma contienen el nombre del fichero ORC que contiene el fotograma en cuestión, el nombre del ORC que contiene el MDT (real), si éste no existe contendrá la palabra “void”. A continuación vienen las coordenadas imagen de cada marca fiduciaria, son cuatro pares numerados en el orden: sup.izda, inf.izda, inf.dcha y

sup.dcha. A continuación viene el número de puntos de apoyo y las coordenadas iniciales (x e y del fotograma) y las finales (X,Y Z terreno).

Inicialmente, las coordenadas de las marcas fiduciarias y de los puntos de apoyo no son reales. Hay que introducir las coordenadas correctas. Las del fotograma se obtienen como si se fuese a digitalizar sobre el fotograma (2.3), en la barra de mensajes se visualizan las coordenadas. Las coordenadas terreno se obtienen por GPS o cartografía.

Pueden añadirse tantos puntos de apoyo como se deseen.

La introducción de las coordenadas de las marcas fiduciarias y de 4 puntos de apoyo puede hacerse mediante (Foto-ParamFot), seleccionar fichero FLY, se abre un cuadro de diálogo mediante el cual puede visualizarse cada fotograma y se selecciona mediante los botones de radio si se quieren introducir coordenadas de marcas o de puntos de apoyo iniciales o finales. En las marcas fiduciarias debe de considerarse el orden citado: sup.izda, inf.izda, inf.dcha y sup.dcha. En para obtener las coordenadas de la imagen se pulsa botón izdo del ratón y para almacenarlas se pulsa SET. Las coordenadas finales de los puntos de apoyo se introducen por teclado y para almacenarlas se pulsa SET, el número correspondiente de la coordenada se selecciona mediante el spin. Para cerrar el cuadro de diálogo se selecciona (Foto-CloseParFot).

Un método más eficiente para introducir las coordenadas iniciales y finales de los puntos de apoyo es el descrito en los siguientes párrafos.

En primer lugar se debe de disponer de un fichero DBV con identificadores, y coordenadas X,Y,Z terreno de los puntos de apoyo, para obtener este fichero puede importarse un fichero de texto que contiene 4 columnas separadas por espacios en blanco y con puntos para separar los decimales, la importación a DBV de tal fichero se hace con (Archivo – Importar – IdXYZtoVec). Posteriormente sobre cada fotograma sin orientar, se digitalizan los puntos de apoyo, obteniéndose coordenadas fotograma, la digitalización se hace como se indica en 2.3, se deben poner para los puntos los mismos identificadores que contenga el fichero con las coordenadas terreno, aunque solamente se incluirán en este fichero aquellos puntos que se encuentren en el fotograma en cuestión, no es necesario que aparezcan todos los puntos de fichero con coordenadas terreno, el fichero deberá de ser de puntos exclusivamente.

Una vez obtenidos los ficheros anteriores se cargan los puntos de apoyo con coordenadas iniciales y finales sobre el FLY, para ello (Foto – ApoyoDbv), este procedimiento solicitará secuencialmente el nombre del FLY, los DBV con coordenadas fotograma y coordenadas terreno y en número de pasada y fotograma de que se trata.

Se recomienda visualizar y supervisar la corrección del contenido del fichero FLY.

A continuación se muestra un fichero FLY con datos de calibración y apoyo de un par de fotogramas.

Altura_vuelo(m) : 2752.560
Cota_ref(m) : 625
Focal(mm) : 152.920
Resolucion(micras) : 42.000
Sis_Ref/Externa : RNDEF
Tipo_coord/Externa : planas
Unidad/Externa : metro

Calibracion : 1

S. Ormeño. Teledetección.

Marcas_fiduciaras(mm) : 4

1 -105.997 -106.001
2 106.000 -106.002
3 -106.000 106.003
4 105.998 106.003

Coordenadas_del_PP(mm) : -0.001 0.002

Coefficientes_distorsion_radial : 4

Formula_Correccion_SUM{ $K_i \cdot 10^{e_i} \cdot [r^{(2 \cdot i - 1)}]$ }

K1/e1 1.94972 -4.0

K2/e2 1.92804 -7.0

K3/e3 -1.81860 -11.0

K4/e4 3.19350 -16.0

NPasadas : 1

NPasada/Num_fotogramas

1 2

Pasada/Fotograma : 1 1

oruiz.orc

mdt.orc

Marcas_fiduciaras

1 5041.302 166.698
2 60.736 5184.829
3 5041.799 5166.539
4 77.435 183.795

Externa/NPuntos : 6

1	957.407	4860.037	480765.000	4460050.000	815.500
2	4141.772	3866.671	483061.000	4459409.000	613.000
3	961.151	568.324	480623.000	4456880.000	601.000
4	4870.253	1288.190	483600.000	4457479.000	667.000
5	1216.456	1212.241	480833.000	4457385.000	602.000
6	4708.861	2312.241	483479.000	4458246.000	645.000

Relativa/Pasada_Fotograma : 1 2

Relativa/NPuntos : 0

Pasada/Fotograma : 1 2

orude.orc

mdt.orc

Marcas_fiduciaras

1 68.535 5186.834
2 75.547 187.672
3 5057.704 163.219
4 5056.014 5162.960

Externa/NPuntos : 8

1	1862.590	3790.626	483061.000	4459409.000	613.000
2	2594.245	1225.878	483600.000	4457479.000	667.000
3	2664.029	4779.118	483676.000	4460114.000	690.000
4	3088.580	1019.413	483969.000	4457310.000	651.000
5	691.667	142.048	482234.000	4456751.000	770.500
6	167.763	1948.197	481773.000	4458024.000	626.000

S. Ormeño. Teledetección.

7	663.487	2220.237	482187.000	4458230.000	692.500
8	162.500	4680.031	481837.000	4460038.000	703.000

Relativa/Pasada_Fotograma : 1 1
Relativa/NPuntos : 0

I.5.2.- OBTENER FICHERO CON RESULTADOS DEL APOYO.

(Foto-RecWin) introducir nombre de fichero FLY.

En el cuadro de dialogo seleccionar pasada y fotograma, pulsar FileInfo.

En el mismo directorio donde esté el FLY se graba un TXT con la siguiente información:

X, Y, Z del centro de proyección, omega, fi y kappa del fotograma y residuos (en mm. y m.) de cada punto de apoyo.

A la vista del análisis de este fichero pueden modificarse las coordenadas de los puntos de apoyo del fichero FLY.

I.5.3.- OBTENCIÓN DE ORTOFOTOGRAFIA.

(Foto-RecWin) introducir nombre de fichero FLY.

En el cuadro de dialogo seleccionar pasada y fotograma, aparecen las coordenadas extremas y la resolución. Pueden modificarse tanto unas como la otra, si se hace esto pulsar Aceptar Cambios. En la parte inferior aparecerá el numero de filas y columnas de la imagen resultado. Pulsar en ORC a Salvar e introducir el nombre de la imagen de salida. Seleccionar el botón de radio Mem para que la memoria la gestione Windows, como norma general.

Pulsar el botón Rectificar.

I.5.4.- OBTENCIÓN DE MODELO ESTEREOSCOPICO.

Los dos fotogramas que formen un par deben de “apuntarse” entre sí, para ello debe de editarse el FLY. Supongamos que el fotograma izquierdo es el 1.1 y que el fotograma derecho es el 1.2., pues bien, en el campo Relativa/Pasada_Fotograma, del fotograma 1.1 debe de poner 1 2 y en dicho campo del fotograma 1.2 debe de poner 1 1. Con lo cual el sistema tiene referenciados el fotograma izquierdo y derecho del par.

(Foto-RecPar). Pulsar FLY a Cargar e introducir nombre. Seleccionar pasada y fotograma izquierdo del par. Puede modificarse la resolución y se observan las filas y columnas de la imagen de salida. Pulsar en ORC a Salvar e introducir el nombre de la imagen de salida. Seleccionar el botón de radio Mem para que la memoria la gestione Windows, como norma general.

Pulsar el botón Rectificar.

El resultado de este proceso es una imagen de dos bandas, procedentes de la rectificación de cada fotograma del par.

A continuación deberá formarse un fichero de combinación color con paleta (banda 1 rojo y banda 2 verde), conforme se indica en el apartado 2.2.

El fichero color puede visualizarse con gafas de anaglifos en la cual, el cristal rojo esté en el ojo izquierdo y el verde en el derecho.

I.5.5.- DIGITALIZAR SOBRE MODELO ESTEREOSCOPICO.

Esta operación equivale a una restitución estereoscópica, se debe de disponer de un fichero color, visualizable en anaglifos, con el modelo estereoscópico, la obtención de tal modelo se explica en 5.4.

Visualizar.- (Imagen-Ver-DigiVec). Clic en ORC. Seleccionar el modelo estereoscópico color. En Ban seleccionar banda. Clic en Todo. Con + zoom-, con – zoom-.

Clic en el botón Stereo, seleccionar el fichero de vuelo (FLY) del que procede el modelo estereoscópico. Seleccionar Pas, F1 y F2 , es decir, número de pasada, fotograma izquierdo y fotograma derecho (normalmente será 1,1,2).

Picar en Pun, Lin o Pol según lo que se quiera digitalizar.

Clic en Lvec e introducir el nombre del fichero vector a salvar.

Aparecerá un doble cursor en pantalla. Con las gafas R/G (rojo en el izquierdo), debe percibirse la marca flotar sobre la imagen. Para separar el doble cursor (subirá sobre el terreno), pulsar la tecla flecha derecha. Para aproximar el doble cursor (bajará sobre el terreno), pulsar la tecla flecha izquierda.

Utilizar el ratón siguiendo la mecánica expuesta en 2.3., las coordenadas (XYZ) irán apareciendo en los cuadros de edición correspondientes.

Al finalizar (Imagen-Ver -CloseDigi).

I.5.6.- DIGITALIZAR PUNTOS SOBRE PAR DE FOTOGRAMAS.

Este procedimiento, entre otras cosas, puede servir para dar puntos aislados, con precisión, para modelos digitales de elevación, completando los que se obtengan por correlación automática o por otros procedimientos.

Foto-ResMono, introducir el nombre del fichero de vuelo (FLY) con los dos fotogramas que forman el par.

Aparece un cuadro de dialogo similar al DigiVec.

En Pas, seleccionar pasada (normalmente 1).

En Fde: seleccionar fotograma derecho (normalmente 2), pulsar todo. Se visualizará el fotograma.

En Fiz: seleccionar fotograma izquierdo (normalmente 1), pulsar todo. Se visualizará el fotograma.

Seleccionar en el menú (Ventana-Tile), se dispondrán los dos fotogramas en paralelo sobre la pantalla. Comprobar que Fde está en el lado derecho y Fiz en el izquierdo.

Picar en Pun Y pulsar LVEC, introducir el nombre del fichero vector.

En LimD: seleccionar el límite máximo de separación entre visuales en metros. Este valor indica la tolerancia en la identificación de un punto y su homólogo. Si una medida supera este valor no se permite digitalizar el punto.

Picar con el ratón sucesivamente sobre un punto y su homólogo, en uno y otro fotograma, irán apareciendo las coordenadas en los cuadros correspondientes. Los puntos dentro de tolerancia pueden almacenarse picando en SetCor.

Al terminar de digitalizar pulsar en SVEC.

Para visualizar el fichero salvado sobre el fotograma, pulsar en VerVec, para quitarlo de pantalla pulsar en DelVec.

Al finalizar la operación, cerrar el cuadro de diálogo con Foto-CloseRes.

I.5.7.- OBTENCION DE PUNTOS DE COTA POR CORRELACION AUTOMATICA.

Debe disponerse de una imagen ORC con un modelo estereoscópico (2 bandas), obtenido como se indica en 5.4.

Este procedimiento puede aplicarse con dos opciones distintas.

La primera de ellas a puntos equiespaciados sobre la banda 1 (procedente del fotograma izquierdo) de los que hay que buscar homólogo en la banda 2 (procedente del fotograma derecho), para ello habrá que seleccionar una distancia entre puntos, la opción de menú se encuentra en (Vector – Correlacion – ParalVec).

La segunda opción es aplicarla a un fichero vector que contiene puntos digitalizados sobre dicha banda 1 y de los cuales hay que buscar el homólogo en la banda 2, esta segunda opción se encuentra en (Vector – Correlacion – ParalVecDbv).

En ambos casos (Archivo-AbrirOrc), se selecciona la imagen con el modelo.

Si se elige (Vector – Correlacion – ParalVecDbv) introducir el nombre del fichero DBV con puntos digitalizados sobre banda 1.

Tanto para (ParalVec) como para (ParalVecDbv), se introduce el nombre del fichero vector que va a contener los paralajes este fichero estará en el sistema de referencia del modelo estereoscópico.

En el cuadro de diálogo aparecen una serie de datos, necesarios para realizar la operación, algunos los da por defecto, tales son:

Bn1: Numero de la banda que contiene el fotograma 1 (el izquierdo), normalmente el valor será 1.

Bn2: Numero de la banda que contiene el fotograma 2 (el derecho), normalmente el valor será 2.

Delta: Tamaño de la ventana (en pixels) que se cargará en cada posición en el fotograma izquierdo y se calculando la correlación con ventanas del mismo tamaño en un rectángulo de búsqueda en el fotograma 2. El tamaño, se suele tomar un valor de 10 o 20, con lo cual el numero de pixeles que se considera en el calculo de la correlación es de 100 o 400.

Dis: Distancia en pixeles, en x e y, entre cada dos puntos en la imagen inicial, en cada uno de estos puntos intertará encontrar un homólogo en el fotograma 2. Cuanto menor sea la distancia más densa será la red de puntos finales. Solo hay que introducirlo en el caso (ParalVec).

Deltamx: Tamaño en x de la ventana de búsqueda en el fotograma 2, este valor indica el tamaño máximo (en pixels) de los paralajes, por tanto dependerá del desnivel máximo que se espera en la imagen.

Deltamy: El doble de este valor mas uno es el tamaño en y de la ventana de búsqueda en el fotograma 2, este valor indica la existencia de paralajes verticales. Solo se permite una pequeña desviación (+3 hasta -3).

Ldtip: Límite inferior de la desviación típica dentro de la ventana de cálculo de correlación, si este valor es muy pequeño, existe poca información para que el calculo de la correlación sea significativo.

Lcor: En % refleja el limite de correlación, por encima de este valor se acepta el punto, por debajo se rechaza.

FLY a cargar: Fichero de vuelo con los datos, a partir de los cuales se obtuvo el modelo estereoscópico.

Pas: Numero de pasada en el Fly (normalmente 1).

Fiz: Numero de orden del fotograma izquierdo (normalmente 1).

Fde: Numero de orden del fotograma derecho (normalmente 2).

DBV a Salvar: Fichero vector con las coordenadas X, Y y Z de los puntos obtenidos. Este fichero estará en el sistema de referencia terreno, por lo que no se podrá visualizar sobre el modelo estereoscópico.

Una vez obtenido el fichero se debe de filtrar para eliminar errores, para ello se aplica (Modelos – SetDbvForMod), con este procedimiento (aplicando correctamente la pendiente máxima admisible y las cotas extremas) se eliminará la práctica totalidad de los puntos mal obtenidos.

Los puntos obtenidos por este procedimiento aún pueden contener errores, para depurarlos se aconseja obtener el modelo digital de elevación (MDE) tal como se indica

en 4.3, una vez obtenido el modelo en tipo byte (visualizable), se deberá visualizar sobre el fichero con las coordenadas XYZ, se verá que algunos puntos se sitúan en el centro de falsas depresiones, y otros en falsas elevaciones, probablemente estén mal obtenidos, hay que eliminarlos. Entonces se hace (Vector-ClearVec) y se procede a digitalizar un fichero de puntos sobre el MDE visualizado sobre los puntos mal obtenidos (esto constituirá un fichero de puntos a borrar del inicial XYZ), se procede tal como se indica en 4.2.

Una vez eliminados los puntos, mal dados se vuelve a obtener el modelo y se comprueban posibles errores, así se continúa hasta que el MDE obtenido es satisfactorio.

I.5.8.- CAMBIO DE SISTEMA DE REFERENCIA EN TOMAS DE OBJETOS CERCANOS.

Utilizar el procedimiento descrito en 2.16 (transformación conforme de un fichero vector). Tal operación se aplica al fichero con las coordenadas terreno de los puntos de apoyo, para pasar del sistema en que se obtuvieron las coordenadas al sistema local adaptado a la toma. Este sistema tiene el plano XY paralelo al negativo fotográfico (plano focal), con X horizontal) creciente a la derecha e Y creciente hacia arriba. Z es perpendicular a dicho plano con Z creciente, desde el objeto hacia el semiespacio en que está la cámara.

I.5.9.- CONCATENAR IMÁGENES.

Frecuentemente, tras la obtención de ortofotografías, pueden concatenarse las mismas (mosaico) para obtener un documento único.

Si las imágenes a concatenar son en color, previamente hay que elegir una de las paletas para el documento final y luego convertir cada una de las imágenes a concatenar para que tengan la paleta final elegida. Para realizar esta operación de conversión de paleta se abre la imagen en cuestión (Archivo – AbrirOrc) y se aplica el procedimiento (Imagen – Realce - ImgpalTopal).

Si las imágenes a concatenar son en nivel de gris hay que hacer que todas ellas tengan similar brillo y contraste, para lo cual, se elige una de las imágenes como referencia (la que tenga mejor apariencia), posteriormente se convierte cada imagen a los nuevos valores de brillo y contraste. Para realizar la operación, en primer lugar se abre la imagen en cuestión (cuestión (Archivo – AbrirOrc), a continuación se aplica el procedimiento (Imagen – Realce - Expansión), eligiendo el método “Ajuste a una banda de otra imagen”.

Una vez realizadas las operaciones anteriores, se está en condiciones de realizar la concatenación propiamente dicha. Para ello hay que formar un fichero ASCII con extensión CAT que contenga el nombre de la imagen final, el número de imágenes a concatenar y los nombres de cada una de ellas. Podría ser tal como el siguiente:

Imgfin 3

Img1

Img2

Img3

Con el fichero anterior, se entra en el procedimiento (Imagen – Georef – ConcatOrc).

I.6.- ANÁLISIS.

I.6.1.- RECLASIFICAR IMAGEN O MODELO RASTER.

Puede tratarse de una imagen de tipo byte, integer o real, pudiendo ser un modelo digital de alguna variable, p ej. un MDE. Como resultado se obtiene una imagen monobanda de tipo byte, es decir, el numero máximo de clases en que se puede reclasificar es 256.

En primer lugar hay que establecer los límites de los intervalos.

(Archivo-AbrirOrc), ORC a reclasificar, (Análisis-SmpReclas) se selecciona la banda a reclasificar, el numero de intervalos deseados y el nombre de un fichero SMP en el que almacenar los limites de intervalo, este fichero contiene 4 columnas, la primera el indicador de intervalo, la segunda el limite mínimo, la tercera el límite máximo y la cuarta el valor a asignar para cada intervalo en cuestión (0-255).

Puede editarse el fichero SMP (2.0) y modificar los limites o valores según se deseen. Tras la reclasificación, todos los pixels con valor no incluido en algún intervalo tomarán valor 0 en la ORC de salida.

Tras la operación anterior se está en condiciones de realizar la reclasificación propiamente dicha.

(Análisis-Reclas), se introduce el nombre del anterior SMP, el numero de banda y el nombre del fichero de salida. Este ultimo será un fichero con tantos valores distintos como se hayan establecido, si este numero es muy bajo, puede ser que no se visualice (2.1) con la paleta de niveles de gris. Seleccionar, p. ej. la Cual255.

I.6.2.- ARITMÉTICA DE BANDAS.

(Archivo-AbrirOrc), nombre de la imagen ORC con 2 o mas bandas, (Análisis-OpDosBan).

Se contemplan operaciones entre dos bandas. Pueden realizarse sumas, restas, multiplicaciones, divisiones y cocientes normalizados, pudiendo elegirse coeficientes de ponderación de cada banda, así como un término independiente.

Si se selecciona la opción de realce se hace una transformación del resultado, reescalando al rango 0-255 y obteniendo un tipo byte.

Si se selecciona Real/ Byte (casilla de verificación activada) se obtiene una imagen de tipo real con el resultado de la operación. Si esta casilla no está activada se obtiene una imagen de tipo byte, teniendo en cuenta que los valores por encima del rango 0-255 se ponen a 255 y los que estén por debajo se ponen a 0.

Se contempla la posibilidad de establecer y seleccionar un valor void, esto es, un valor que si se presenta en una u otra banda, el resultado de operar con el, siempre produce tal valor void.

I.6.3.- OVERLAYS.

(Archivo-AbrirOrc), nombre de la imagen ORC con 2 o mas bandas, (Análisis-OpDosBan).

Se contemplan tres posibles operaciones, estampado, unión y comparación.

El estampado de A sobre B obtiene como resultado una imagen tal que tiene por valor B si A es igual a 0, en caso contrario asigna como valor la suma de A con el máximo valor de B.

La unión de A con B obtiene como resultado una imagen tal que tiene por valor B si B es mayor que 0, en caso contrario toma por valor A.

La comparación de A con B obtiene como resultado una imagen tal que tiene por valor A si A es igual a B, en caso contrario toma por valor 0.

Al igual que en 6.2, se contempla la posibilidad de establecer y seleccionar un valor void, esto es, un valor que si se presenta en una u otra banda, el resultado de operar con el, siempre produce tal valor void.

I.6.4.- REASIGNAR IMAGEN O MODELO RASTER.

Puede tratarse de una imagen de tipo byte, o integer , puede contener una distribución superficial de entidades con un valor entero como identificador de las mismas. Supongamos que a los identificadores iniciales les quiero asignar un valor decimal, asociado a alguna característica relativa a las entidades en cuestión. Un ejemplo sería las diferentes provincias de un país, que inicialmente tienen asignado un número entero identificador de las mismas, si quiero derivar un documento temático en el que a cada provincia le corresponda su densidad de población, tendré que aplicar este procedimiento.

Como resultado se obtiene una imagen monobanda de tipo real.

En primer lugar hay que obtener un fichero SMP que contenga los identificadores de la imagen inicial y editando el mismo poner los valores que corresponden a cada identificador.

(Archivo-AbrirOrc), ORC a reclasificar, (Análisis-SmpReassign) se selecciona la banda a reclasificar, y el nombre de un fichero SMP , este fichero contiene 3 columnas, todas ellas con el identificador de cada entidad.

Puede editarse el fichero SMP (2.0) y poner en la columna central el valor real deseado.

Tras la operación anterior se está en condiciones de realizar la reasignación propiamente dicha.

(Análisis-Reassign), se introduce el nombre del anterior SMP, el número de banda y el número de variable o de columna intermedia del SMP (en el SMP anterior será 1) y el nombre del fichero de salida.

Se contempla la posibilidad de incorporar por el usuario tantas columnas intermedias como se deseen, cada una de ellas sería una variable, las columnas primera y última del SMP deben de permanecer invariables y contener los identificadores de la imagen inicial.

El Fichero ORC obtenido será de tipo real, por tanto no visualizable directamente. Con él se pueden hacer operaciones (6.2 o 6.3) incorporándolo a una imagen multibanda junto con otros documentos de la forma indicada en 2.5.

Para visualizarlo deberá obtenerse una imagen de tipo byte por alguno de los siguientes procedimientos:

- Mediante un cambio de tipo si el rango está comprendido entre 0 y 255. Esto se hace con (Archivo-AbrirOrc), (Imagen – ConvTipo).
- Mediante una reclasificación (6.1).
- Mediante un realce (ver apartado 3.2) del modelo real con la opción MinMax.

I.6.5.- ESTADÍSTICOS DE UNA TABLA DE ATRIBUTOS.

Las tablas de atributos en SOV se almacenan en un fichero SMP, donde la primera columna es un identificador entero de la entidad y la última es un valor entero con significado cualitativo que indica la clase o grupo de pertenencia.

Por ejemplo, si a un SMP le aplicamos un procedimiento de clustering (Clasificar - KMedias), en la última columna aparece la clase de pertenencia.

Las columnas centrales contienen los valores correspondientes a las diferentes variables, con una escala de media de intervalo o razón de las que pueden calcularse los diferentes estadísticos.

El procedimiento se aplica en (Clasificar - StatArchi), solicita el nombre del fichero SMP y el de un fichero de texto con extensión CLU donde grabar los estadísticos.

I.6.6.- ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN TABLA DE ATRIBUTOS.

El procedimiento se encuentra en la opción (Análisis - SmpPC), solicita el nombre de un SMP de entrada y de salida así como el número de componentes a extraer.

La transformación a componentes principales es una transformación lineal que obtiene tantas variables de salida como de entrada, inicialmente debe de haber, al menos dos variables.

I.6.7.- TRANSFORMACION DE POLIGONOS VECTOR EN RASTER.

Podemos pasar a un raster en el cual el valor digital de cada pixel sea el identificador.

Para ello (Modelos - SetModelo - ORCPol), se obtiene un ORC de tipo real que debe de pasarse a tipo entero mediante (Imagen - ConvTipo).

Puede editarse el DBV y poner, al principio del fichero, los valores deseados de Xmax, Xmin, Ymax e Ymin. Asimismo, al aplicar el procedimiento debe de indicarse la resolución deseada.

I.6.8.- ENMASCARADO DE ORC.

Una máscara es un raster booleano tal que en ciertas zonas el valor digital de los pixels es uno y en otras es cero.

Hay dos formas de obtener la máscara una de ellas es a partir de un DBV con polígonos tales que su identificador sea 1 del que se obtiene un raster por el método anterior.

Otra posibilidad es reclasificar o reasignar un raster de manera que ciertos valores tomen por valor 1 y otros cero.

La máscara debe de ser real y el documento al que se aplique también debe de serlo (puede pasarse mediante Imagen - ConvTipo).

El número de filas y columnas en el raster y en la máscara debe de ser el mismo, para ello, si se obtiene la máscara a partir de un DBV, debe de modificarse al principio del mismo Xmax, Xmin, Ymax e Ymin y seleccionar la resolución deseada.

Supongamos que ya tenemos la máscara y el raster a enmascarar, ambos de tipo real, con el mismo número de filas y columnas y con las mismas coordenadas extremas.

El siguiente paso es incluir la máscara como una banda más del raster.

Para ello se edita el archivo ORC y se modifica el número de bandas, poniendo una más e incluyendo el nombre del .RAW correspondiente a la máscara, como si fuese una banda más.

Tenemos ahora el ORC inicial a enmascarar una de cuyas bandas es la máscara.

A continuación realizamos un producto de la banda a enmascarar con la banda correspondiente a la máscara, esto se hace en (Análisis - OpDosBan) y se obtiene un nuevo raster ORC enmascarado.

I.6.9.- MODELOS DE LOGICA BOOLEANA.

Veamos, en primer lugar la Comparación (mayor que, menor que o igual a) de los valores digitales de una o varias capas de un ORC con valores numéricos proporcionados por el experto.

El resultado es una ORC binaria con una o varias capas que tienen valor digital 1 en las zonas donde se cumple la condición y 0 en aquellas que no la cumplen.

Deberemos disponer de una ORC con que realizar las operaciones (Archivo - AbrirOrc), posteriormente se aplica (Análisis - Multibool - OrcCompare).

El procedimiento solicitará un SMP que tenga como primera columna el número de banda con que realizar la comparación, como segunda columna el número con el que comparar y como tercera columna un código de operación.

Tal código de operación puede ser 1(mayor que), 2(menor que) o 3(igual a). Un ejemplo podría ser:

MODA SNDEF

```
5 10.5
4 1 3
1 12.3 1
3 5.6 2
4 22.0 3
6 75.4 1
```

Esto indica que se va a obtener una ORC de cuatro capas (hay 4 operaciones).

En la primera capa se almacenaran 1 en los pixels que tengan la capa inicial 1 con valor superior a 12.3, el resto de los pixels tendrán valor 0.

En la segunda capa se almacenaran 1 en los pixels que tengan la capa inicial 3 con valor inferior a 5.6, el resto quedara a cero.

En la tercera capa se almacenaran 1 en los pixels que tengan la capa inicial 4 con valor igual a 22, el resto queda a cero.

En la cuarta capa se almacenaran 1 en los pixels que tengan la capa inicial 6 con valor superior a 75.4, el resto quedara a cero.

Lógicamente, la imagen inicial debe de disponer de las bandas con que se realizan las operaciones. En principio, con cada banda solo puede realizarse una operación.

Las opciones (Análisis – Multibool - OrcAnd) y (Análisis – Multibool - OrcOr) realizan las operaciones AND y OR con todas las capas de la ORC de entrada, produciendo una ORC de salida con una capa binaria. Deberemos disponer de una ORC con que realizar las operaciones (Archivo – AbrirOrc)

En ambos casos, las ORC de entrada pueden ser de tipo byte, integer o real y la ORC de salida siempre es de tipo byte.

I.6.10.- COMBINACIONES LINEALES DE CAPAS.

Supongamos que tenemos un raster ORC con varias capas, y quiero obtener una o varias nuevas capas, almacenadas en otro ORC por combinación lineal de las anteriores.

Previamente hay que tener cargado el raster inicial con (Archivo - AbrirOrc).

A continuación se aplica (Análisis - OrcTraLin), el procedimiento pide un SMP con los coeficientes a aplicar y el nombre del raster de salida.

Supongamos que la imagen inicial tiene cuatro bandas, pues bien, el SMP con los coeficientes podría ser el siguiente:

MODA SNDEF

```
5 10.5
3 4 1
1 4.5 2.3 5.5 2.6 1
2 0.5 -2.5 11.4 -6.7 1
3 0 3.2 0 -5.7 1
```

Vemos que (quitando las columnas extremas) tenemos una matriz de coeficientes, como tiene 4 variables (4 columnas centrales) puede aplicarse a una ORC de 4 capas. Como tiene 3 filas se obtendrá un raster con tres capas.

Si las capas iniciales son C1,C2,C3 y C4, y las capas finales son F1,F2 y F3.

Entonces, la relación entre capas iniciales y finales es:

$$F1 = 4.5 * C1 + 2.3 * C2 + 5.5 * C3 + 2.6 * C4$$

$$F2 = 0.5 * C1 - 2.5 * C2 + 11.4 * C3 - 6.7 * C4$$

$$F3 = 0.0 * C1 + 3.2 * C2 + 0.0 * C3 - 5.7 * C4$$

La ORC de entrada puede ser de tipo byte, integer o real. La de salida siempre sera real.

I.6.11.- INDICES PONDERADOS.

S. Ormeño. Teledetección.

Es un procedimiento similar al anterior, con la diferencia de que los coeficientes tienen que ser mayor o igual que cero y que el resultado de la combinación lineal se divide por la SUMA de los coeficientes.

Primeramente hay que cargar la imagen a la que aplicar el procedimiento mediante (Archivo - AbrirOrc) y a continuación (Análisis - IndexOver).

Si el raster de entrada es binario, el resultado será un ORC con todas sus bandas comprendidas entre cero y uno.

I.6.12.- OPERACIONES CON VECINOS ESPACIALES.

Se carga, en primer lugar, la ORC (Archivo - AbrirOrc), posteriormente se aplica (Imágenes - Realce - Filtros), en el cuadro de diálogo se presentan una serie de opciones que se explican a continuación.

Pend/Ori.- Obtiene una imagen de tres bandas, la primera de ellas con la pendiente en tanto por ciento, la segunda con la orientación de ladera, en grados sexagesimales y la tercera con el sombreado.

Mediana, Media.- Filtros de paso bajo.

Laplaciano.- Filtro de paso alto, realza bordes.

Destip, Sigma.- Filtros texturales, caracterizan la imagen en función de la rugosidad.

GradX, GradY, Grad.- Gradientes (operadores de Sobel), similares a un sombreado en distintas direcciones.

.

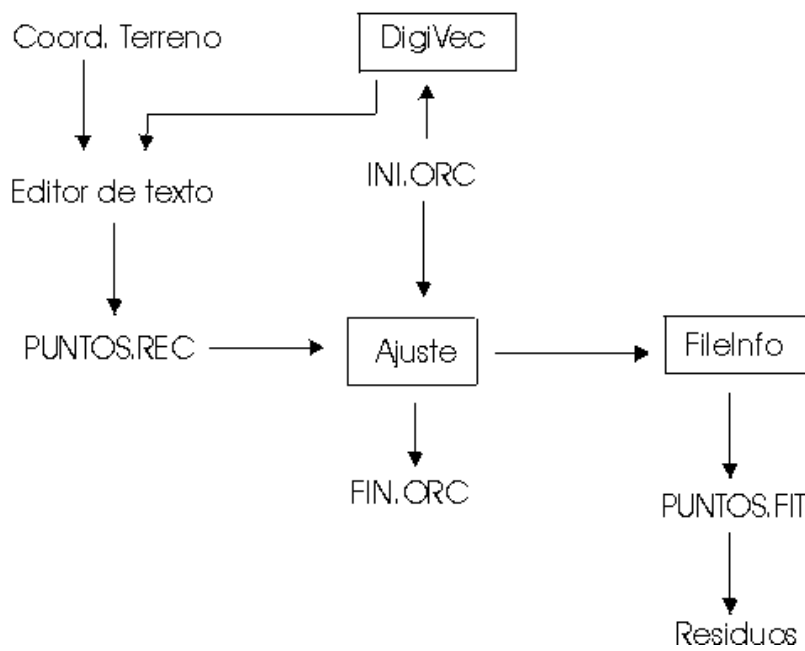
I.7 .- OTRAS OPERACIONES.

Consulte en (AcercaDe-Ayuda).

ANEXO II: DIAGRAMAS DE FLUJO.

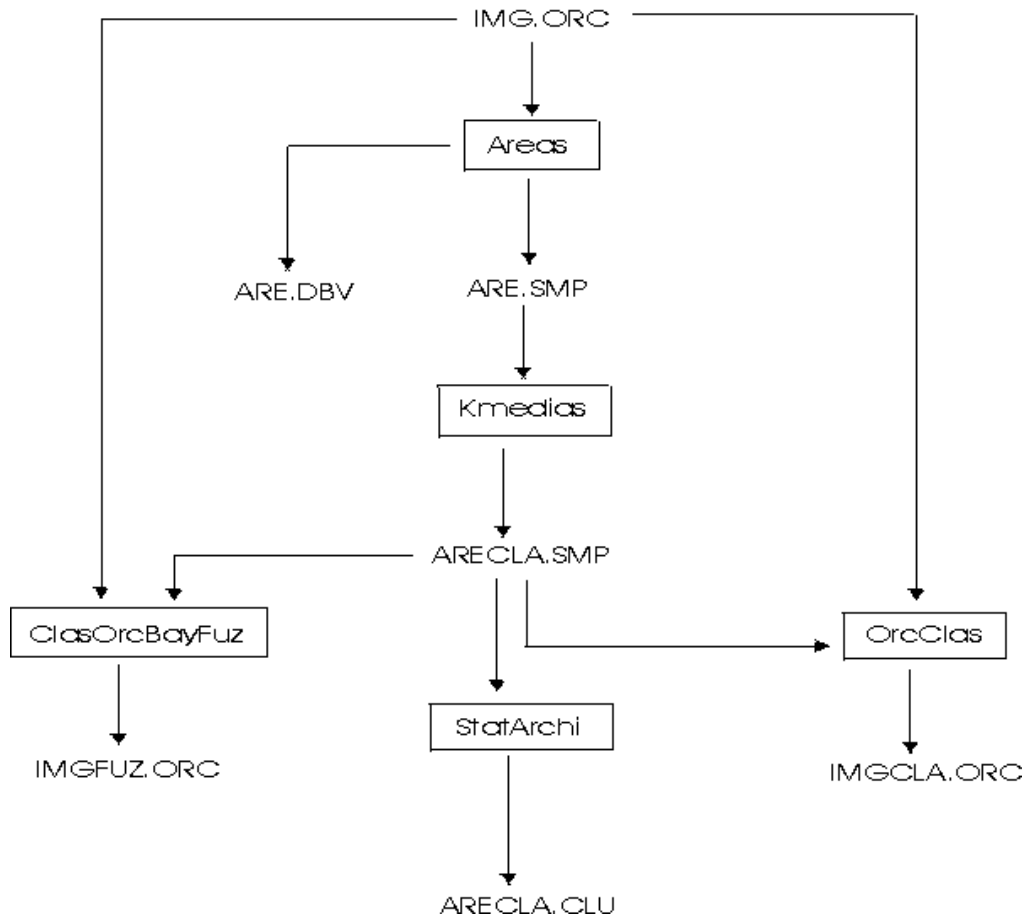
II.1.- CORRECCION GEOMÉTRICA POR AJUSTE POLINOMICO.

CORRECCION GEOMETRICA POR AJUSTE POLINOMICO

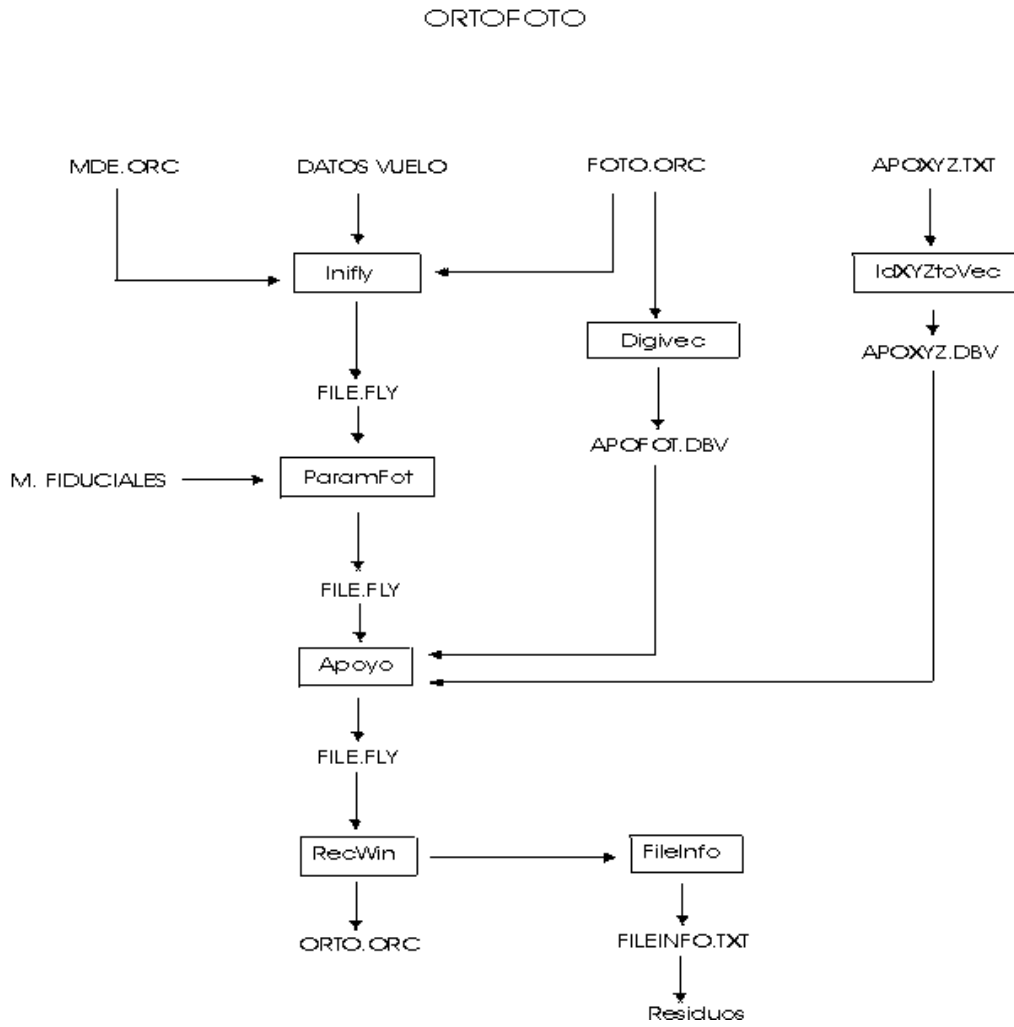


II.2.- CLASIFICACION BAYESIANA DE IMÁGENES MULTIBANDA.

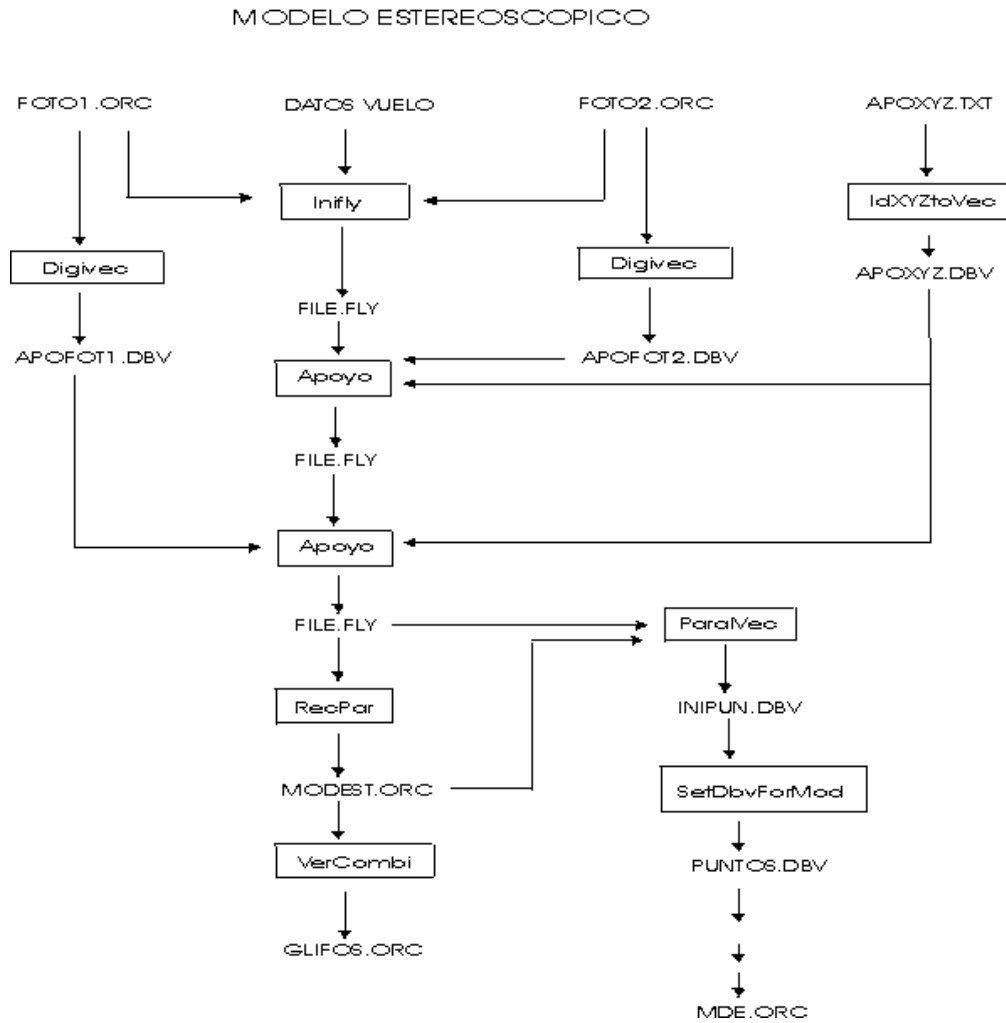
CLASIFICACION DE IMAGENES MULTIBANDA



II.3.- OBTENCIÓN DE ORTOFOTOGRAFIAS.

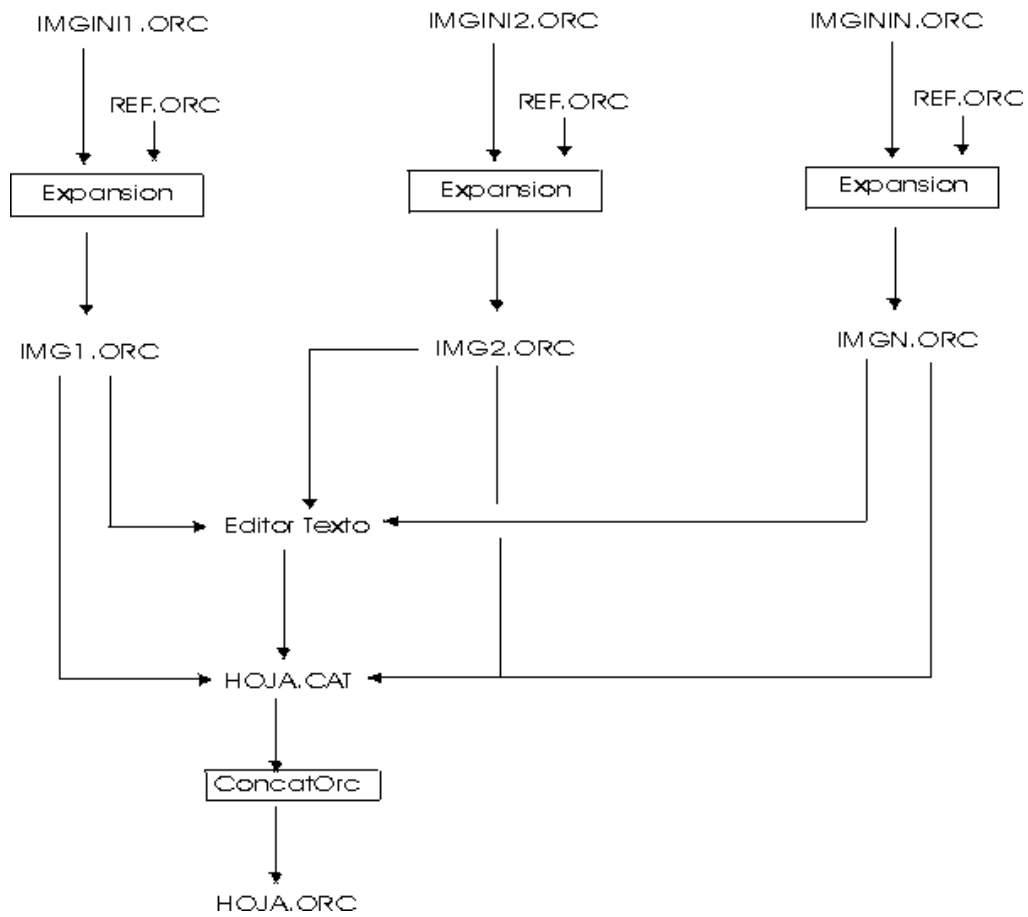


II.4.- OBTENCIÓN DE MODELO ESTEREOSCOPICO.



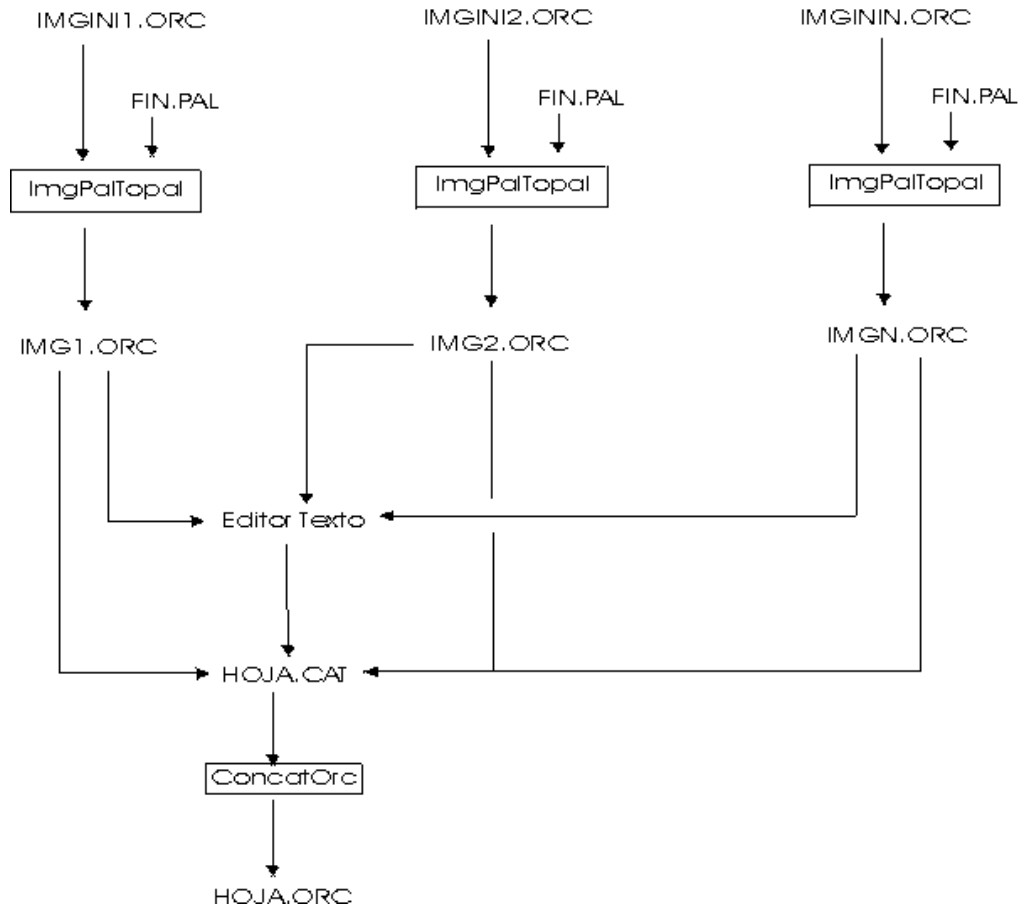
II.5.- CONCATENACION DE IMÁGENES EN GRIS.

CONCATENACION DE IMAGENES GRIS



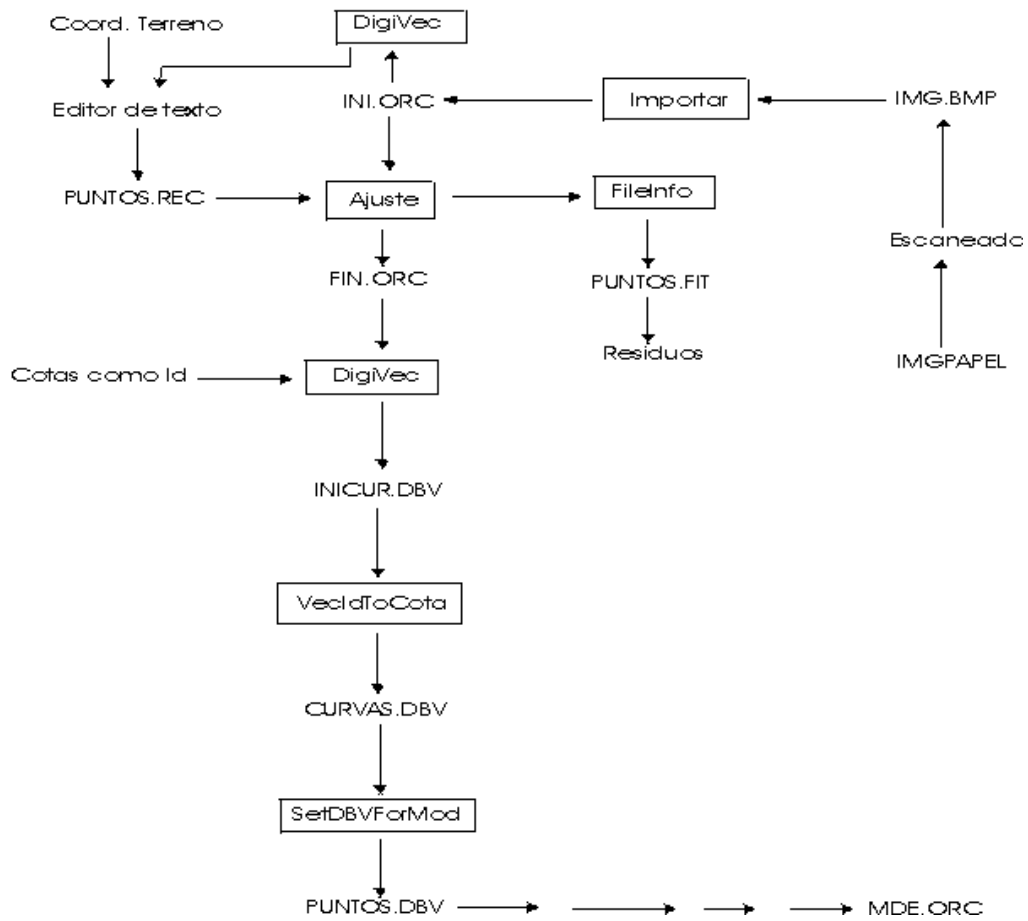
II.6.- CONCATENACION DE IMÁGENES EN COLOR.

CONCATENACION DE IMAGENES COLOR

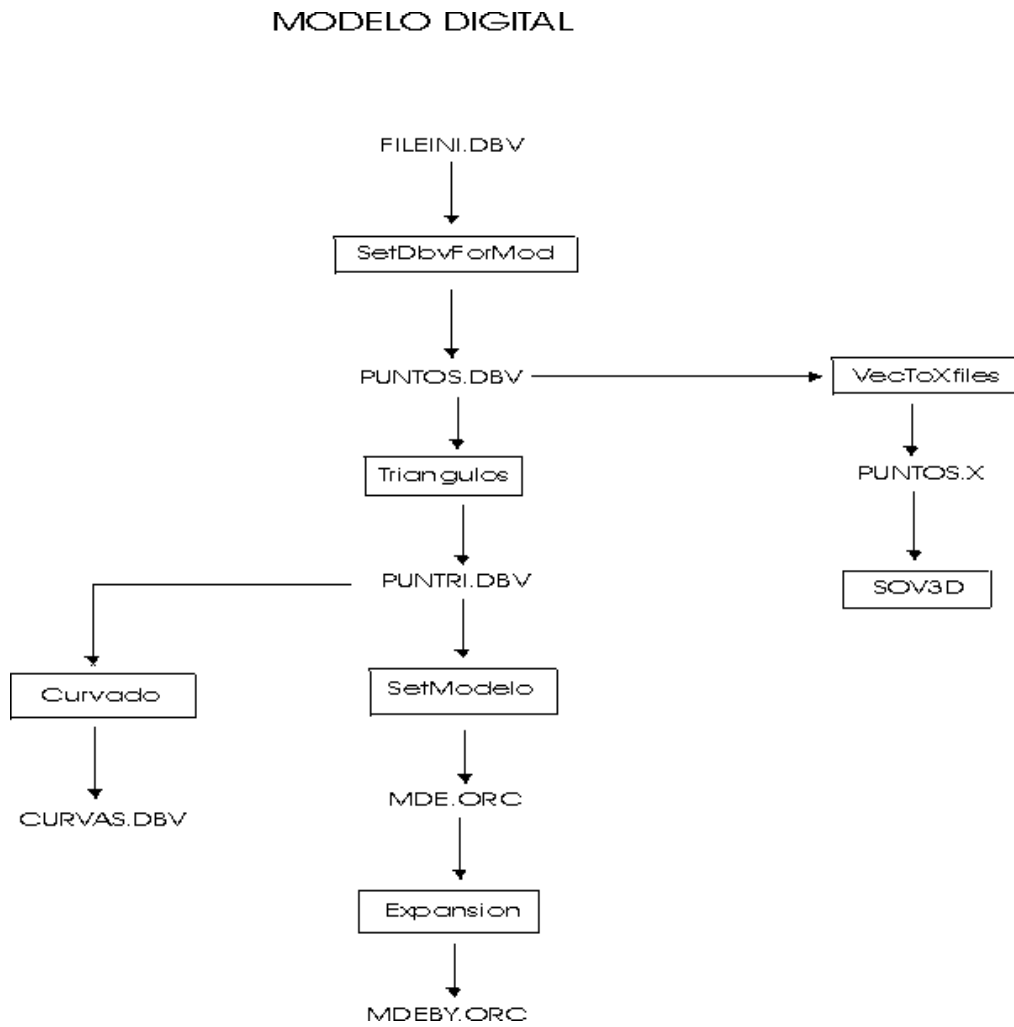


II.7.- OBTENCIÓN DE PUNTOS PARA MDE A PARTIR DE CURVAS SOBRE PAPEL.

PUNTOS PARA MDE A PARTIR DE CURVAS EN PAPEL

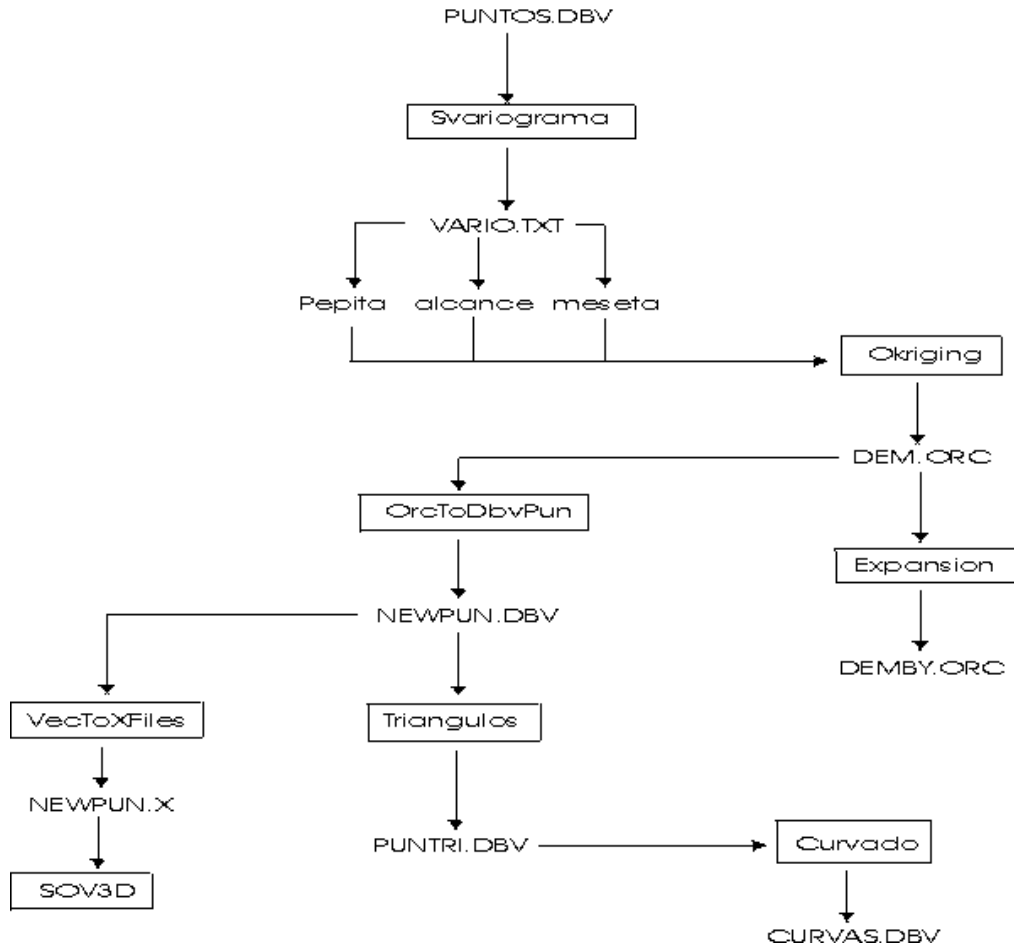


II.8.- OBTENCIÓN DE MDE POR TRIANGULACION.

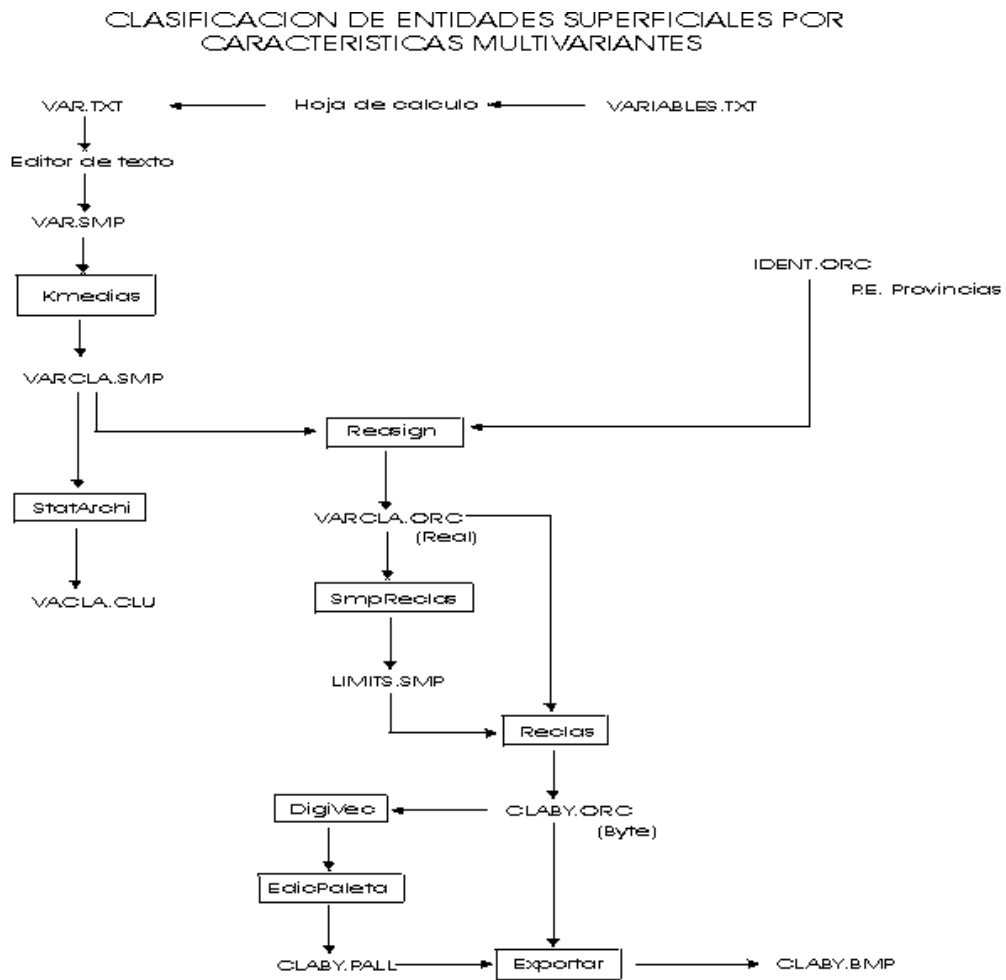


II.9.- OBTENCIÓN DE MDE POR KRIGEADO ORDINARIO.

MODELOS POR KRIGEADO

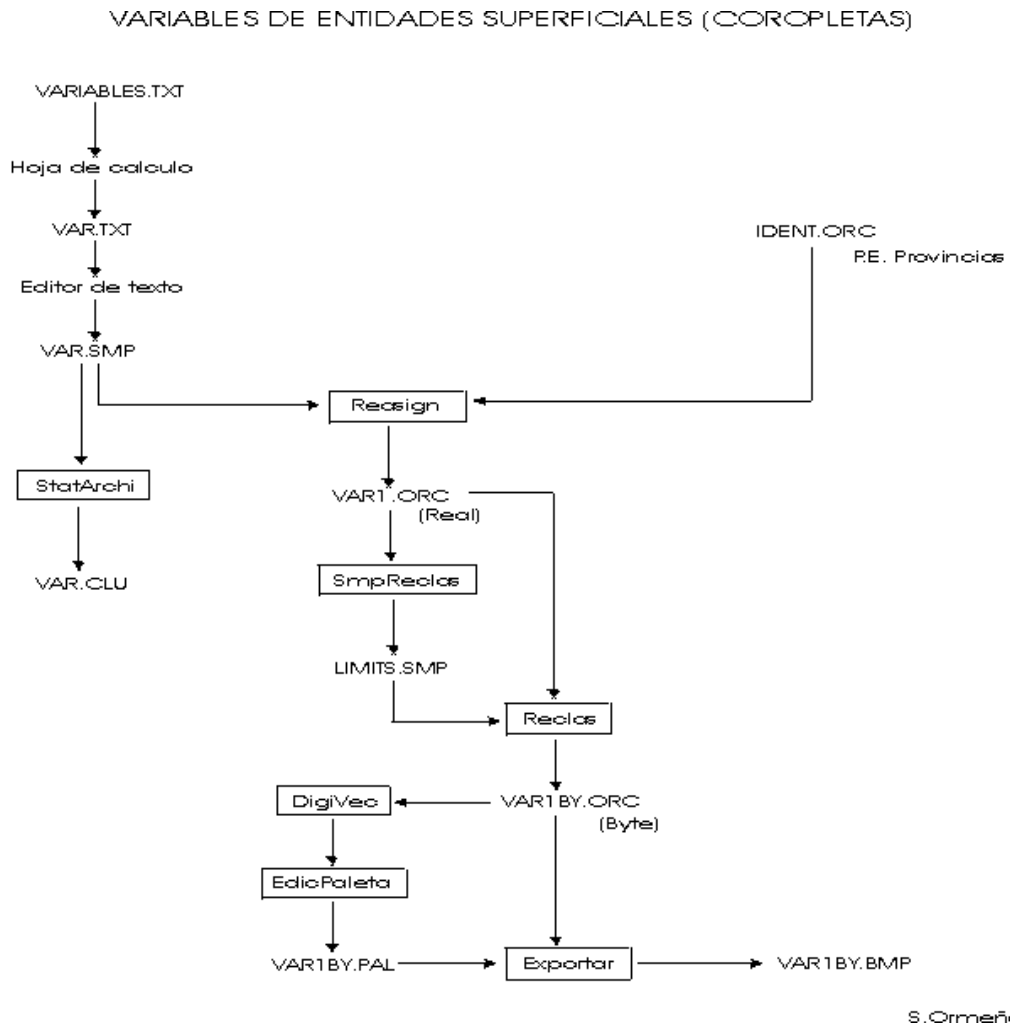


II.10.- CLASIFICACION DE ENTIDADES SUPERFICIALES POR CARACTERÍSTICAS MULTIVARIANTE.



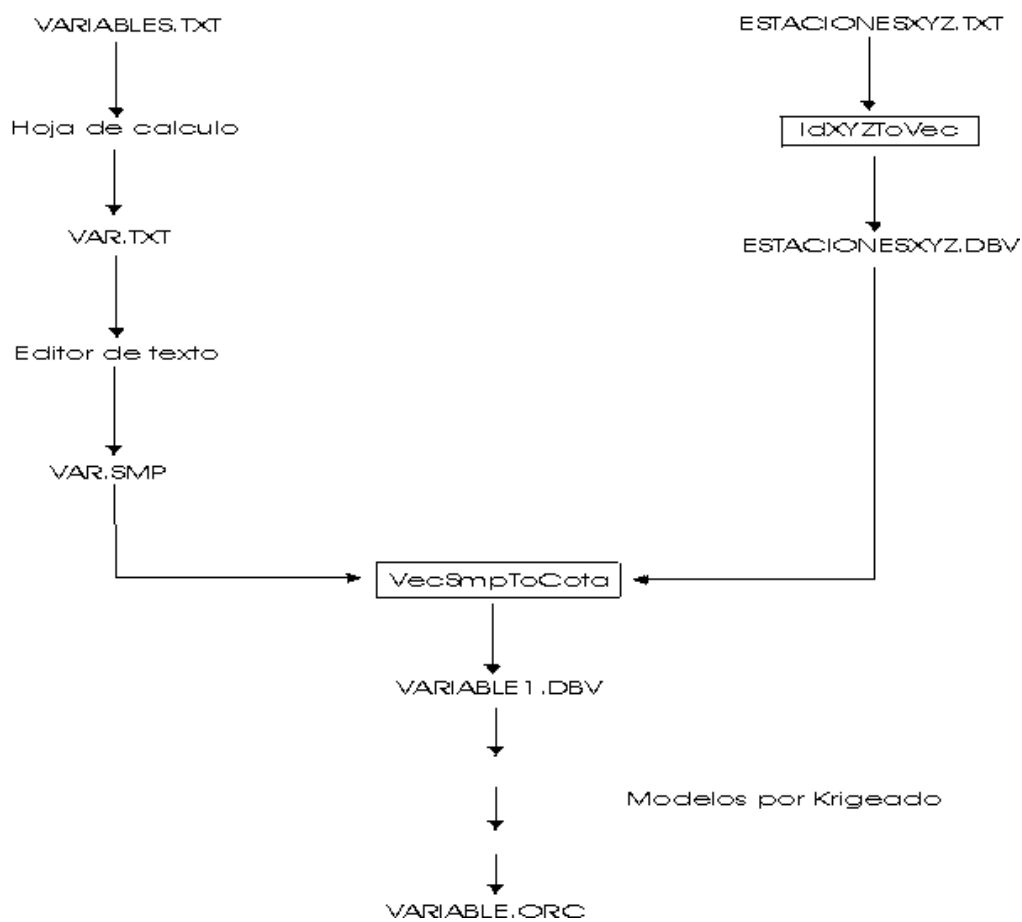
S. Ormeño

II.11.- VARIABLES DE ENTIDADES SUPERFICIALES (COROPLETAS).



II.12.- MODELOS CLIMÁTICOS.

MODELOS CLIMATICOS



III.- PRACTICAS DE CARTOGRAFIA TEMÁTICA.

III.0.- MODELO DE DATOS DE SOV.

III.0.1.- OBJETIVO.

Fundamentar el conocimiento del modelo de datos de SOV.

III.0.2.- DOCUMENTOS INICIALES.

Imagen ORC multibanda.

Tabla de atributos SMP.

III.0.3.- PROCEDIMIENTOS.

Se visualizará con WordPad la información contenida en el fichero ORC de cabecera de la imagen.

Se visualizará, también con WordPad la información y estructura de la tabla SMP.

Realizar las siguientes operaciones gráficas, conforme se explican en el anexo Proceds:

I.2.0.- Edición de archivos.

I.2.1.- Visualización monobanda.

I.2.2.- Combinación color.

I.2.3.- Digitalizar sobre imagen.

I.2.4.- Visualizar un fichero vector.

I.2.5.- Formación de una imagen multibanda a partir de otra u otras existentes.

I.2.8.- Concatenar imágenes.

I.2.9 .- Crear o editar una paleta.

III.0.4.- DOCUMENTOS FINALES.

Describir la estructura de los ficheros utilizados y comentar los procedimientos aplicados.

S. Ormeño. Teledetección.

III.1.- CELDAS DE VORONOI A PARTIR DE DATOS CLIMATOLÓGICOS.

III.1.1.- OBJETIVO.

Obtención de celdas de Voronoi (polígonos Thiessen) en formato raster.

III.1.2.- DOCUMENTOS INICIALES.

Fichero SMP con datos de alguna variable climatológica (temperatura, pluviometría, etc.).

Fichero DBV con coordenadas de estaciones del INM (Instituto Nacional de Meteorología).

Los anteriores ficheros quedan vinculados entre sí mediante los identificadores de las estaciones.

Mascara en formato raster ORC delimitando el área a que se aplica el modelo (Península Ibérica).

III.1.3.- PROCEDIMIENTOS.

Las consideraciones a tener en cuenta y los procedimientos a aplicar se encuentran en:

- I.2.14.- Poner cotas en un fichero vector. (Proceds).
- I.4.1.- Adecuación de ficheros vector(DBV) para modelos. (Proceds).
- I.4.5.- Obtención de celdas de Voronoi en formato raster.
- I.6.8.- Enmascarado de ORC. (Proceds).

III.1.4.- DOCUMENTOS FINALES.

Fichero raster ORC con las celdas de Voronoi de la variable elegida.

III.2.- MODELOS SUPERFICIALES DE VARIABLES CLIMATOLOGICAS POR TRIANGULACIÓN.

III.2.1.- OBJETIVO.

Obtención de un fichero raster ORC interpolado mediante triangulación de Deloné.

III.2.2.- DOCUMENTOS INICIALES.

Fichero SMP con datos de alguna variable climatológica (temperatura, pluviometría, etp, etc.).

Fichero DBV con coordenadas de estaciones del INM (Instituto Nacional de Meteorología).

Los anteriores ficheros quedan vinculados entre sí mediante los identificadores de las estaciones.

Mascara en formato raster ORC delimitando el área a que se aplica el modelo (Península Ibérica).

III.2.3.- PROCEDIMIENTOS.

Las consideraciones a tener en cuenta y los procedimientos a aplicar se encuentran en:

- I.2.14.- Poner cotas en un fichero vector. (Proceds).
- I.4.1.- Adecuación de ficheros vector(DBV) para modelos. (Proceds).
- I.4.3.- Obtención de modelos raster a partir de triangulación. (Proceds).
- II.8.- Obtención de mde por triangulación. (D. De Flujo).
- I.6.8.- Enmascarado de ORC. (Proceds).

III.2.4.- DOCUMENTOS FINALES.

Fichero DBV con la triangulación.

Fichero raster ORC interpolado con la variable elegida.

III.3.- MODELOS SUPERFICIALES DE VARIABLES CLIMÁTICAS POR KRIGEADO.

III.3.1.- OBJETIVO.

Obtención de un fichero raster ORC interpolado mediante krigeado.

III.3.2.- DOCUMENTOS INICIALES.

Fichero SMP con datos de alguna variable climatológica (temperatura, pluviometría, etp, etc.).

Fichero DBV con coordenadas de estaciones del INM (Instituto Nacional de Meteorología).

Los anteriores ficheros quedan vinculados entre sí mediante los identificadores de las estaciones.

Mascara en formato raster ORC delimitando el área a que se aplica el modelo (Península Ibérica).

III.3.3.- PROCEDIMIENTOS.

Las consideraciones a tener en cuenta y los procedimientos a aplicar se encuentran en:

- I.2.14.- Poner cotas en un fichero vector. (Proceds).
- I.4.1.- Adecuación de ficheros vector(DBV) para modelos. (Proceds).
- 8.14.- Obtención del semivariograma.
- I.4.9.- Obtención de semivariograma o crosvariograma. (Proceds).
- 8.16.- Interpolación por krigeado ordinario.
- I.4.10.- Interpolación mediante krigeado ordinario. (Proceds).
- II.9.- Obtención de mde por krigeado ordinario. (D. De Flujo).
- I.6.8.- Enmascarado de ORC. (Proceds).

III.3.4.- DOCUMENTOS FINALES.

Fichero raster ORC interpolado con la variable elegida.

Ficheros TXT con los datos del semivariograma.

III.4.- OBTENCIÓN DE DOCUMENTOS DE COROPLETAS.

III.4.1.- OBJETIVO.

Obtención de documento ORC de coropletas relativas a cierta variable de entidades territoriales.

III.4.2.- DOCUMENTOS INICIALES.

Fichero SMP con datos de alguna variable correspondiente a entidades administrativas (% de desempleo, tasa de natalidad, etc.).

Fichero ORC con un conjunto de entidades territoriales (provincias), el valor digital de cada píxel es el identificador de la entidad en que se encuentra el píxel.

Los anteriores ficheros quedan vinculados entre sí mediante los identificadores de las estaciones.

III.4.3.- PROCEDIMIENTOS.

Las consideraciones a tener en cuenta y los procedimientos a aplicar se encuentran en:

- 3.18.- Modelización cartográfica con tablas de atributos.
- II.11.- Variables de entidades superficiales, coropletas. (D. De Flujo).
- I.2.9.- Crear o editar una paleta. (Proceds).

III.4.4.- DOCUMENTOS FINALES.

Fichero raster ORC con los valores correspondientes a cierta variable relativa a entidades administrativas.

III.5.- REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA RELATIVA AL MEDIO HUMANO Y ECONÓMICO.

III.5.1.- OBJETIVO.

Representación cartográfica de variables como población, empleo, usos del suelo, tráfico de mercancías, producción industrial, etc. Estas variables pueden ser entidades puntuales, lineales o superficiales. El alumno elegirá el o los temas de su interés.

III.5.2.- DOCUMENTOS INICIALES.

Bases cartográficas con las entidades a que se refieren los datos (puntos, líneas o áreas).
Tablas de datos vinculadas con las anteriores a través de un identificador entero.

III.5.3.- PROCEDIMIENTOS.

Usualmente se utilizará un sistema vectorial que permita realizar este tipo de representaciones, pudiendo ser un sistema de CAD (AutoCad, MicroStation, etc.) o un SIG con las correspondientes posibilidades de simbología.

Las bases cartográficas se escanearán, digitalizando las correspondientes entidades cartográficas y asignando, en la digitalización, el identificador para cada tipo de entidad. Dependiendo del sistema que se utilice, las tablas de atributos se introducirán en una base de datos (frecuentemente Microsoft Access) que pueda ser importada por el sistema.

Los procedimientos a aplicar para seleccionar la simbología concreta dependerá del sistema utilizado.

El alumno elegirá el sistema a utilizar, en función de sus conocimientos.

III.5.4.- DOCUMENTOS FINALES.

Documentos cartográficos con las correspondientes representaciones. Entre las diferentes posibilidades se encuentran:

- Población urbana de ciudades. Círculos proporcionales.
- Población por entidades territoriales. Círculos proporcionales.
- Tasas de natalidad por entidades territoriales. Coropletas.
- Regímenes de explotación de tierras por entidades territoriales. Gráficos de tarta.
- Utilización de terrenos agrícolas por entidades territoriales. Gráficos de tarta.
- Tráfico de mercancías entre países. Líneas de flujo.
- Tráfico de mercancías por carretera. Líneas de flujo.
- Porcentaje de empleo por tipo de actividad en ciudades. Gráficos de tarta.
- Tipos de industrias por entidades territoriales. Puntuales cualitativos.
- Porcentaje de empleo por sectores de actividad en entidades territoriales. Gráficos de tarta.
- Población urbana y total por entidades territoriales. Gráficos circulares concéntricos o símbolos adyacentes.

S. Ormeño. Teledetección.

III.6.- REVISIÓN DE ATLAS Y MAPAS TEMATICOS.

III.6.1.- OBJETIVO.

Analizar representación cartográfica en atlas y/o mapas temáticos.

III.6.2.- DOCUMENTOS INICIALES.

Atlas temáticos y/o mapas temáticos de diferentes orígenes.

III.6.3.- PROCEDIMIENTOS.

En diferentes temas, escalas y fuentes. Se analizará y comentará la representación cartográfica considerando los parámetros que se indican a continuación. Para cada documento cartográfico analizado se confeccionará una “ficha” que contenga los siguientes puntos:

Título.

Publicación.

Escala.

Proyección cartográfica.

Información de la base cartográfica.

Tema.

Clasificación u intervalos y unidades utilizados.

Tipo de documento temático. Cualitativo (puntos, líneas áreas), Cuantitativo (isolíneas, isopleas, flujo, corisométrico, dasimétrico, coropleas, etc)

Variables visuales utilizadas.

Simbología.

Comentario.

III.6.4.- DOCUMENTOS FINALES.

Documento de texto (ficha) para cada uno de los documentos cartográficos analizados.

III.7.- DISEÑO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS.

III.7.1.- OBJETIVO.

Realizar un diagrama de flujo en el que aparezcan datos, documentos y procesos interconectados entre sí con flechas de dirección que muestre la forma de proceder para obtener determinado documento temático a elección del alumno.

III.7.2.- DOCUMENTOS INICIALES.

Información contenida en el texto.

III.7.3.- PROCEDIMIENTOS.

El diagrama de flujo estará constituido por una serie de entidades conectadas entre sí por flechas que indican la dirección del proceso. Las entidades y su representación son las siguientes:

A/ Datos o documentos. Se pone el nombre con mayúsculas y sin recuadro. Podrán ser tablas (SMP), gráficos vector (DBV), gráficos raster (ORC), otros tipos de datos y formatos.

B/ Procedimientos. Son procesos cartográficos elementales (georreferenciación, reclasificación, reasignación, etc). Pueden utilizarse las denominaciones de SOV, o alguna otra si la operación deseada no puede realizarse con SOV (p. ejemplo las contempladas en sistemas vector). Se representan mediante su denominación (usualmente con letras minúsculas con mayúsculas al principio o intercaladas), en un recuadro con línea continua. El un procedimiento entran una o varias flechas procedentes de datos y salen una o varias flechas procedentes de datos.

Ejemplos de representación de modelos pueden encontrarse en los diagramas de flujo del anexo II.

III.7.4.- DOCUMENTOS FINALES.

Diagrama de flujo que muestre el modelo cartográfico.

ANEXO IV: SOV. PREGUNTAS MAS FRECUENTES

1.- GENERALES.

- 1.1.- ¿Qué operaciones pueden realizarse con la versión limitada de SOV?.
- 1.2.- Al ir a visualizar una imagen, la opción Ver-Digivec se encuentra inhabilitada.
- 1.3.- ¿Cómo puedo introducir una imagen en SOV?.
- 1.4.- ¿Cómo puedo georreferenciar una imagen?.
- 1.5.- ¿Cómo puedo obtener unas gafas de anaglifos?.
- 1.6.- Cuando voy a visualizar un fichero vector no aparece en pantalla.
- 1.7.- ¿Qué relación hay entre precisión, resolución y escala?.
- 1.8.- ¿Utiliza SOV imágenes monobanda color de 24 bits (RGB o true color)?.
- 1.9.- ¿Cual es el número máximo de caracteres para el nombre de una imagen?.
- 1.10.- ¿Cómo puedo visualizar un fichero vector?.
- 1.11.- ¿Como se edita un fichero de texto, por ejemplo un DBV?.
- 1.12.- ¿Qué significan exactamente los términos “raster” y “vector”?.
- 1.13.- ¿Qué es la paleta de una imagen color?.

2.- FOTOGRAMETRIA.

- 2.1.- ¿Cómo puedo hacer un modelo estereoscópico?.
- 2.2.- ¿Tiene que ser el vuelo en la dirección Este – Oeste para obtener un modelo estereoscópico?.
- 2.3.- ¿Pueden utilizarse cámaras normales en fotogrametría de objeto cercano?.
- 2.4.- ¿Con qué resolución se escanean las fotos aéreas?¿Cómo tiene que ser el escaner?.
- 2.5.- ¿Qué relación hay entre escala del fotograma y escala de la ortofoto que se obtiene?.
- 2.6.- Al hacer un modelo estereoscópico se me producen las dos bandas iguales.
- 2.7.- ¿Cómo puedo concatenar imágenes?.
- 2.8.- ¿Son altos los residuos que obtengo?.
- 2.9.- Tengo problemas con la concatenacion de imagenes.
- 2.10.- No consigo obtener el modelo estereoscopico.

3.- TELEDETECCION.

- 3.1.- Thematic Mapper tiene 7 bandas, en los ejemplos roble y toledo, sólo hay 6 bandas.
- 3.2.- ¿Qué significado tienen los niveles de gris en las imágenes de satélite?.

4.- MODELOS.

- 4.1.- ¿Puede aplicarse el método de correlación automática para obtener modelos digitales?.
- 4.2.- ¿Puede utilizarse el método de krigeado para obtener modelos digitales del terreno?.
- 4.3.- ¿Delone o Delaunay?.
- 4.4.- ¿Puede obtenerse un modelo digital de cualquier fichero vector?.
- 4.5.- ¿Cómo se obtienen las curvas de nivel tanto de raster (ORC) como de vector (DBV)?.
- 4.6.- ¿Qué significa, en este contexto el término “modelo”?.
- 4.7.- ¿Qué parametros introducir en correlacion automatica (ParalVec)?

1.- GENERALES.

1.1.- ¿Qué operaciones pueden realizarse con la versión limitada de SOV?

Visualizar, importar y exportar imágenes. Realzar(expansión), clasificar (multibanda), componentes principales y algunas más. Se puede hacer bastante de Teledetección (excepto georreferenciar) y casi nada de modelos y fotogrametría.

1.2.- Al ir a visualizar una imagen, la opción Ver-Digivec (el primer ojo), se encuentra inhabilitada.

Eso puede ser por dos motivos, tal vez exista una imagen cargada, en ese caso descárguela, (Archivo – CerrarOrc), es posible, también que el cuadro de visualización ya esté abierto, pero se encuentra oculto (por haberle picado al aspa del cuadro), ciérrelo picando en el aspa de la barra de herramientas (Imagen – Ver – CloseDigi).

1.3.- ¿Cómo puedo introducir una imagen en SOV?

El formato de imágenes de SOV está formado por un archivo de texto con extensión ORC y tantos archivos binarios como bandas tenga la imagen, éstos tienen extensión RAW. Para pasar una imagen al formato de SOV, debe de estar en alguno de los formatos siguientes, BMP de 256 colores sin comprimir o TIFF sin comprimir. También puede ser un archivo binario multibanda, tal como los formatos BSQ, BIL o BIP. En (Archivo – Importar – DeImg) puede realizar la importación.

1.4.- ¿Cómo puedo georreferenciar una imagen?

Hay dos tipos de correcciones geométricas a desarrollar con SOV:

a.- Georreferenciación de imágenes de satélite o documentos cartográficos escaneados. Este no es el caso de las fotos aéreas. En este caso se necesitan coordenadas iniciales y finales de una serie de puntos de apoyo. Las coordenadas iniciales se leen por el procedimiento indicado en el apartado 2.3 de proceds (digitalizar sobre imagen). Las coordenadas finales (por ejemplo UTM) se leen identificando los puntos sobre cartografía disponible o tomados con GPS. Supongamos que las coordenadas iniciales son x_i, y_i , siendo las finales x_f, y_f . Pues bien con las coordenadas de cada uno de los puntos se forma un fichero tal como el roble.rec, dejando los datos de la cabecera tal como están y poniendo sucesivamente $x_i y_i x_f y_f$ para cada uno de los puntos. Ahora, provistos del .rec y de la imagen orc a corregir, aplicamos el procedimiento indicado en el apartado 3.4 de proceds (corrección geométrica mediante ajuste mínimo-cuadrático). Si después de aplicar el procedimiento citado visualizamos la imagen como si fuésemos a digitalizar sobre ella (2.3 de proceds), veremos que las coordenadas que aparecen son coordenadas finales (por ejemplo UTM).

b.- Rectificación u ortorectificación (si existe MDT) de fotos aéreas.

Este es el método que se aplica en fotogrametría. También aquí vamos a necesitar las coordenadas iniciales y finales de una serie de puntos de apoyo, con la diferencia de que en el caso anterior no considerábamos las Z de las coordenadas finales y aquí sí lo vamos a hacer. Además aquí vamos a necesitar las coordenadas (lógicamente iniciales) de las marcas fiduciales. Esas coordenadas las vamos a introducir en el lugar

correspondiente del fichero .fly necesario para llevar a cabo la rectificación tal como se indica en los apartados 5.1, 5.2 y 5.3 de proceds.

1.5.- ¿Cómo puedo obtener unas gafas de anaglifos?.

En Madrid CIAGAMI (Tf. 915331401) tienen 2 tipos de gafas, unas de cartón (unos 12 Euros las 10 uds.) y otras de plástico (unos 36 Euros las 5 Uds). También puede montárselas ud. mismo con papel celofán de buena transparencia, no olvide que el color rojo siempre en el ojo izquierdo. En <http://www.depthography.com> encontrará otras formas de fabricarlas.

1.6.- Cuando voy a visualizar un fichero vector no aparece en pantalla.

Probablemente tenga uno visualizado, quítelo (Vector – ClearVec).

1.7.-¿Qué relación hay entre precisión, resolución y escala?.

Cuando se aplica un procedimiento de corrección geométrica como el ajuste o la rectificación(fotogrametría) se utilizan unos puntos de apoyo de los que se conocen sus coordenadas imagen y terreno, dichas coordenadas se encuentran en el fichero REC para el ajuste y en el FLY para la rectificación. Tales procedimientos calculan unos parámetros de transformación entre coordenadas iniciales y finales, aplicando uno u otro modelo (ajuste polinómico o modelo fotogramétrico). Como resultado del cálculo se obtienen los correspondientes parámetros de transformación y los residuos (diferencias entre coordenadas terreno introducidas y las calculadas para cada punto aplicando los parámetros obtenidos). La magnitud de tales residuos es una medida de la precisión en la corrección geométrica y suele corresponderse con la raíz cuadrada del error medio cuadrático, obtenido a partir de tales residuos. En SOV los citados parámetros se muestran en un fichero FIT (para ajuste) y en un TXT obtenido en RecWin (para rectificación fotogramétrica). La resolución de una imagen raster se corresponde con el tamaño en el terreno de un pixel de dicha imagen. La escala está en correspondencia con la resolución y con la precisión. Suele estimarse que, una vez impreso o visualizado, el tamaño de un pixel debe ser del orden de 0.2 mm., así podríamos obtener la escala. Un mapa podría tener una escala muy grande, es decir una resolución grande (tamaño de pixel pequeño) pero tener poca precisión, lo cual no tendría sentido. Debe de existir tal correspondencia entre precisión, resolución y escala.

1.8.- ¿Utiliza SOV imágenes monobanda color de 24 bits (RGB o true color)?.

NO, si se quieren importar tales imágenes, previamente hay que convertirlas a tipo paleta (256 colores) o niveles de gris sin comprimir. La exportación siempre es a tipo paleta sin comprimir.

1.9.- ¿Cual es el número máximo de caracteres para el nombre de una imagen ?.

No deben de usarse nombres con mas de 7 caracteres, en realidad son 8, pero se reserva el último para poner el identificador numérico de la banda.

1.10.- ¿Cómo puedo visualizar un fichero vector?.

En principio, lo que tiene que hacer es crear una ORC vacía sobre la que visualizarle, para ello (Vector – SetOrcVoid). Una vez que tiene la ORC, (Imagen – Ver – DigiVec), picar en “ORC”, picar en “TODO”, cuando aparece la base vacía en pantalla (Vector – VerDbv). Debe de tenerse en cuenta que la base raster que genera SetOrcVoid puede

tener muchas filas y columnas, lo que hace que la visualización sea lenta, para disminuir el número de filas y columnas debe editarse el vector, por ejemplo con WordPad, la cuarta línea del fichero contiene la resolución en x e y, ponga un número en metros mayor, por ejemplo si pone 1 1 ponga 10 10, es decir en vez de generar una base vacía de 1 metro utilizamos una base de 10 metros de resolución.

1.11.- ¿Cómo se edita un fichero de texto, por ejemplo un DBV?

Si el fichero no es muy grande puede hacerse con (Archivo - EditarTexto). En caso contrario, debe abrirse con el WordPad, para que, en este segundo caso se puedan abrir desde SOV, debe seleccionar el fichero de texto en cuestión desde el explorador de Windows, picando en el botón derecho selecciona AbrirCon, ElegirPrograma, selecciona WordPad y pica en la casilla “Utilizar siempre este programa para abrir estos archivos. A partir de aquí ya siempre podrá abrir los ficheros de texto en cuestión con SOV mediante (Archivo – AbrirFichero).

1.12.- ¿Qué significan exactamente los términos “raster” y “vector”?

Son dos formas de almacenar digitalmente la información gráfica. En formato raster se almacenan fotografías o imágenes, está constituido por una matriz de valores que pueden ser de tipo byte (0 – 255) o de tipo entero o real. Si el valor de tipo byte se asigna a un color de una paleta de colores (por ejemplo escala de gris u otra cualquiera) entonces podemos visualizar gráficamente la imagen. El formato raster de SOV está constituido por un fichero ORC y uno o varios RAW que contienen la o las matrices de valores. En el formato vector se almacenan dibujos de línea que pueden consistir de tres tipos de entidades (puntos, líneas y polígonos o áreas), estos ficheros, esencialmente están constituidos por las coordenadas de todos los puntos y vértices que constituyen el vector. En SOV, los ficheros vector tienen extensión DBV, son ficheros de texto y a cada entidad se la caracteriza por un “identificador” que es un número entero. Vea en la ayuda de SOV o en el manual la descripción y ejemplo de tales tipos de ficheros. Otro formato vector para almacenar ficheros en SOV es el .X , el cual se utiliza para almacenar modelos.

1.13.- ¿Qué es la paleta de una imagen color?

La imagen raster está constituida por una matriz de valores digitales. En una imagen tipo byte en gris (la opción por defecto), para visualizarla se asigna a cada valor digital un píxel pantalla cuyo color es el nivel de gris que le corresponda en una escala de grises que va del negro (valor digital 0) al blanco (valor digital 255). Si la imagen byte es en color, existe un fichero binario con extensión PAL y el mismo nombre de la imagen, que contiene una correspondencia entre valores digitales y colores, los colores se indican en el formato RGB, por ejemplo el color (23 145 45) es un tono de verde (145) con una cierta cantidad de rojo (23) y de azul (45), cada valor del formato RGB varía entre 0 y 255.

2.- FOTOGRAMETRIA.

2.1.- ¿Cómo puedo hacer un modelo estereoscópico?

Para hacer el modelo estereoscópico debe tener un fichero .fly con los datos (apoyo y marcas fiduciarías) de los dos fotogramas que forman el par. Como, por ejemplo el fichero oru.fly de la carpeta orusco. Si no tiene modelo digital del terreno ponga la palabra void en lugar del nombre del modelo. A continuación debe de aplicar el

procedimiento 5.4 de proceds. Una vez que se ha aplicado el procedimiento anterior se obtiene una imagen de dos bandas, siendo la banda 1 procedente del fotograma izquierdo y la 2 procedente del derecho, la del izquierdo es la que está en primer lugar en oru.fly y la del derecho la que está en segundo lugar en tal fichero. Después de obtener la imagen de dos bandas debe de obtener una imagen monobanda color para percibir la estereoscopia. Esto se hace mediante el procedimiento 2.2 de proceds (obtención de fichero color con paleta), al hacer la combinación color se introduce la banda 1 (izquierda) por el canal del rojo y la banda 2 (derecha) por el verde, ahora ya si puede visualizarla en modo estereoscópico.

2.2.- ¿Tiene que ser el vuelo en la dirección Este – Oeste para obtener un modelo estereoscópico?.

Cuando utiliza la opción (Foto – Recpar), en el cuadro de diálogo hay un botón de radio que activado indica vuelo E-O, si no es así desactívelo antes de cargar el FLY. La ventaja que tiene el vuelo E-O es que el modelo estereoscópico está georreferenciado. Si se quiere digitalizar sobre el modelo, en el cuadro (Imagen – Ver – Digivec), antes de cargarlo (ORC) debe de indicar en la casilla vuelo E-O, si tiene o no tal dirección. Igualmente, en el procedimiento de correlación automática (Vector – ParalVec) debe de indicarlo antes de cargar el FLY.

2.3.- ¿Pueden utilizarse cámaras normales en fotogrametría de objeto cercano?.

No es aconsejable por las distorsiones y descentrado de la película. Conviene utilizar cámaras métricas. Sin embargo Sí pueden usarse cámaras digitales y utilizar las esquinas del fotograma como marcas fiduciales, aunque para ver la fiabilidad conviene hacer una prueba para estimar la fiabilidad de la cámara.

2.4.- ¿Con qué resolución se escanean las fotos aéreas?¿Cómo tiene que ser el escaner?.

Es frecuente escanearlas a 21 micras, que se corresponde con 1200 puntos por pulgada. De esta forma, un fotograma (usualmente 23 por 23 cm) ocupará algo más de 100 megabytes, teniendo en cuenta que si es en color, debe pasarse a tipo paleta (256 colores) sin comprimir para llevarlo a SOV. El escáner conviene que sea fotogramétrico, aunque si la escala del documento final lo permite, puede utilizarse un escaner de sobremesa, siempre que se lleve a una escala menor de la nominal (no estar en el límite de precisión).

2.5.- ¿Qué relación hay entre escala del fotograma y escala de la ortofoto que se obtiene?.

Hay una correspondencia directa y depende de la resolución con que se escanea el fotograma. Usualmente para ortofotos escala 1/5000 (rústica) se utilizan fotogramas escala 1/18000 o 1/20000. Para obtener cartografía 1/1000 (urbana) se suele utilizar, al menos una escala del fotograma de 1/6000 o 1/6500. Ir a I

2.6.- Al hacer un modelo estereoscópico se me producen las dos bandas iguales.

Es un error frecuente, se debe a que el nombre de la imagen de salida (el del modelo) No debe de tener mas de 7 caracteres.

2.7.- Cómo puedo concatenar imágenes?.

En 5.9 de Proceds se explica la forma de proceder.

S. Ormeño. Teledetección.

2.8.- ¿Son altos los residuos que obtengo?.

¿Cual es la escala del vuelo?. Si es 1/30000 o menor, no se suelen bajar los residuos muy por debajo del metro. Sobre todo si las coordenadas terreno se obtienen de cartografía. ¿Ha hecho la prueba de superponer la orto con la cartografía?, si el MDE es bueno, es la mejor forma de verificación. En un vuelo 1/18000, apoyado en cartografía urbana 1/1000 y escaneando a 20 micras (1260 ppp) se obtiene residuos con un RMSE algo inferior a 0.5 m. Superponiendo tal orto con el catastro de rústica, ajusta muy bien.

2.9.- Tengo problemas con la concatenacion de imagenes.

En la página Web, seccion servicios tiene un diagrama de flujo relativo a la concatenación en color y en gris. En el proceds (actualizado) también lo explica. Si quedan huecos entre ellas, es porque las fotos a concatenar no se tocan entre ellas. Al aplicar Recwin, puede seleccionar Xmax, Xmin, Ymax, Ymin pruebe a hacerlo por cuadrados que coincidan con cuadrículas UTM de 1Km, haga un croquis de distribucion de las cuadrículas obtenidas, teniendo en cuenta las coordenadas extremas de cada una de ellas. Despues confeccione el fichero de texto .CAT y pruebe el resultado. Tenga en cuenta al concatenar, el tamaño de la imagen final que puede ser exagerado y entonces tendrá errores de sistema. Si las fotos son en color tiene que prestar atención a las paletas, vea el diagrama de flujo.

2.10.- No consigo obtener el modelo estereoscopico.

En primer lugar, a la imagen de salida no le ponga un nombre de mas de 6 caracteres. En segundo lugar, los fotogramas a concatenar deben de apuntarse entre sí, es decir, por ejemplo, supongamos que el fotograma izquierdo es el 1 1 (pasada 1 fotograma 1, con espacio en blanco entre ellos) y el derecho es el 1 2 (pasada 1 fotograma 2) en el fotograma 1 1 debe de poner: Relativa/Pasada_Fotograma : 1 2 y en el fotograma 2 debe de poner: Relativa/Pasada_Fotograma : 1 1

3.- TELEDETECCION.

3.1.- Thematic Mapper tiene 7 bandas, en los ejemplos roble y toledo, sólo hay 6 bandas.

Se ha quitado la banda 6 (térmico) y la banda 7 se ha renombrado como 6. En sensor de Landsat 7 (a partir de 1999) recibe el nombre de Enhanced Thematic Mapper y tiene una banda más en pancromático (visible).

3.2.- ¿Qué significado tienen los niveles de gris en las imágenes de satélite?.

El nivel de gris es una representación gráfica del valor digital del pixel. El significado depende del sensor y de la banda de que se trate. En las bandas del intervalo óptico (Visible, IR próximo, e IR medio) el valor digital está relacionado con la capacidad de los objetos para reflejar la radiación correspondiente. En el caso de las bandas del IR térmico el valor digital está relacionado con la temperatura del objeto. En las imágenes originales de Thematic Mapper las bandas 1,2,3,4,5 y 7 pertenecen al intervalo óptico, mientras que la banda 6 es del térmico.

4.- MODELOS.

4.1.- ¿Puede aplicarse el método de correlación automática para obtener modelos digitales?.

Si. El procedimiento se explica en proceds (apdo. 5.7). Los puntos obtenidos deben de triangularse, y obtener el modelo a partir de la triangulación. Todo ello se explica en el proceds. Lógicamente, en la correlación automática se producen errores, para eliminar los puntos correspondientes del fichero vector, debe de visualizarse en modelo obtenido (pasado a tipo Byte) digitalizar con la opción puntos, picando sobre aquéllas zonas donde se encuentra el punto que está mal. Se graba este fichero de puntos a borrar. Se siguen las indicaciones del proceds (4.2) para borrar los puntos del fichero inicial.

4.2.- ¿Puede utilizarse el método de krigeado para obtener modelos digitales del terreno?.

Este método se explica en los apartados 4.10 y 4.11 del proceds. La principal limitación es el tiempo de cálculo, por ello sólo es de aplicación cuando en número de puntos es limitado (inferior a 4000), aún así tarda bastante tiempo si la resolución del raster a obtener es grande (muchas filas y columnas). Este método proporciona superficies muy suavizadas y con representaciones muy agradables.

4.3.- ¿Delone o Delaunay?.

Ambas formas se utilizan, la primera es una transcripción literal del alfabeto cirílico, la segunda es una transcripción fonética al francés. Boris Nikolaievich Delone (1890–1980) Nació en San Petersburgo (Rusia), trabajó en Algebra y geometría de los números. Realizó trabajos destacados en análisis estructural de los cristales. Además de reconocido como matemático, fue famoso como escalador.

4.4.- ¿Puede obtenerse un modelo digital de cualquier fichero vector?.

Si, aunque hay que tomar ciertas precauciones para prevenir errores. En primer lugar debe de ser un fichero que tenga valores de Z, puede haberse importado como tal, por ejemplo desde un fichero de texto (Archivo - IdxyzToVec), puede haberse obtenido por fotogrametría o digitalizando curvas de nivel, ver los apartados 2.14, 4.6, 4.7 y otros relacionados con el tema en el documento Proceds. En segundo lugar debe de "filtrarse" para eliminar puntos dobles o muy próximos y eliminar puntos con cotas fuera de un rango lógico, esto se hace con (Modelos - SetDbvForMod). Una vez tomadas estas precauciones, pueden elegirse una o ambas de las siguientes vías, puede aplicarse la Triangulación y a continuación SetModelo para obtener un raster o bien, puede exportarse a fichero .X (Archivo - Exportar - VecToXfiles), en este último caso el fichero .X obtenido de visualiza con (Modelos - SOV3D). Todo ello se explica en el Proceds.

4.5.- ¿Cómo se obtienen las curvas de nivel, tanto de un fichero vector(DBV) como de un raster(ORC)?.

Lo más usual es utilizar un fichero vector. En ese caso se debe de filtrar mediante (Modelos – SetDbvForMod) , posteriormente se debe de triangular (Modelos – Triangulación – Triangulos) y, en último lugar, se utilizará (Modelos – Curvado). En el caso de disponer de un fichero ORC que se desea curvar, se carga el ORC mediante (Archivo – AbrirORC) y después (Modelos - Curvado - OrcCur). El fichero ORC puede ser de tipo real (lo que será el caso cuando se trata de modelos digitales del terreno).

4.6.- ¿Qué significa, en este contexto el término “modelo”?

Se dice que modelo es un sistema que se utiliza para describir o sustituir (simulación) a un sistema (original) existente o inexistente (diseño). En nuestro caso, pretendemos formar modelos de variables que tienen una distribución territorial (altitud, temperatura, contaminación, etc), tales modelos serán descripciones gráficas de las variables en cuestión, como tales gráficos, los modelos serán de dos tipos, raster (ORC) o vector(DBV). En el caso del raster, suelen ser de tipo real ya que el valor de la variable suele exceder del rango 0-255, cuando se aplica el procedimiento (Modelos – SetModelo) después de una triangulación, el modelo raster obtenido es de tipo real, también sucede cuando se obtienen modelos mediante krigado . En el caso del vector, tales modelos se almacenan como una triangulación DBV (Modelos – Triangulación – Triángulos) o bien, el conjunto de puntos sin triangular se exporta a un tipo .X mediante (Archivo – Exportar – VecToXfiles). Para visualizar modelos vectoriales en formato .X se utiliza la opción (Modelos – SOV3D).

4.7.- ¿Qué parametros introducir en correlacion automatica (ParalVec)?

Por ejemplo los siguientes: delta: 20 (pixels, tamaño de la ventana de calculo del coeficiente de correlación), Deltamx: 80 (pixels, el el paralaje máximo que se puede presentar en la zona, depende de los desniveles). Deltamy: 1 (posibilidad de componente y del paralaje). Dis : 50 (cada 50 pixels en x e y voy a obtener un punto). Ldtip: 8(si la desv. tipica dentro de la ventana es inferior a este valor no se calcula punto) Lcor: 60 (si el coef. de correlación dentro de la ventana es inferior a este valor no se calcula punto, si se pone un valor muy bajo se obtendran muchos puntos, pero también muchos errores).Con esos datos puede tardar 20 o 30 minutos, tal vez menos, depende del ordenador. Una vez terminado aplique el procedimiento (Modelos - SetDbvForMod) por ejemplo con los siguientes parametros: distancia mínima (en decimas): 10 (1 metro, por ejemplo). pendiente máxima (en porcentaje): 60. Z mínima: 400 (metros). Z máxima: 900 (metros). Ahora exportamos el dbv obtenido al formato X mediante: (Archivo - Exportar - VecToXfiles). Posteriormente visualizamos el X mediante (Modelos - SOV3D) poniendo como factor de Z, por ejemplo 4 y vemos el resultado.

ANEXO V.- SOLUCION DE PROBLEMAS DE SOV.

- 1.- Con una imagen visualizada, no se puede cambiar de paleta.
- 2.- Con una imagen visulizada no deja visualizar un Vector (DBV).
- 3.- Alguna opcion que se necesita utilizar está inhabilitada.
- 4.- Se quiere cargar una imagen y no se puede.
- 5.- La opción (Imagen - Ver DigiVec) está inhabilitada.
- 6.- Al hacer (Vector - SetOrcVoid) para ver un vector, se genera una imagen muy grande.
- 7.- Al hacer (Ver - DigiVec) no aparece el dialogo de visualización.
- 8.- Al hacer (Modelos - SOV3D) sale un mensaje de error.
- 9.- Al hacer ciertas transformaciones a una imagen ORC se pierde el color.
- 10.- En (Archivo - AbrirFichero) no abre los ficheros de texto de SOV.

1.- Con una imagen visualizada, no se puedecambiar de paleta. Hay que crear en la unidad c: una carpeta de nombre palette y grabar en ella todos los ficheros con extensión PAL que hay en la carpeta donde está la aplicación SOV.exe.

2.- Con una imagen visulizada no deja visualizar un Vector (DBV). Probablemente esté uno visualizado (aunque no se vea), descarguelo con (Vector - ClearVec).

3.- Alguna opción que se necesita utilizar está inhabilitada. Probablemente deberá cargarse primero la imagen con (Archivo - AbrirOrc), si dicha opción también está inhabilitada, probablemente se está visualizando una imagen. Utilizar (Imagen - Ver - CloseDigi).

4.- Se quiere cargar una imagen y no se puede. Probablemente se está visualizando una imagen. Utilizar (Imagen - Ver - CloseDigi).

5.- La opción (Imagen - Ver DigiVec) está inhabilitada. Probablemente esté abierto el diálogo DigiVec, y seha ocultado pulsando el aspa de la parte superior derecha del cuadro. Deberá cerrarse antes de abrirlo de nuevo, para ello (Imagen - Ver - CloseDigi).

6.- Al hacer (Vector - SetOrcVoid) para ver un vector, se genera una imagen muy grande. Editar el DBV y disminuir la resolución del mismo. En 2.4 del documento proceds y en el documento FAQs de la Web se le ilustra cómo hacerlo.

7.- Al hacer (Ver - DigiVec) no aparece el dialogo de visualización. Probablemente esté abierto el diálogo DigiVec, y se ha ocultado pulsando el aspa de la parte superior derecha del cuadro. Debe cerrarse antes de abrirlo de nuevo, para ello (Imagen - Ver - CloseDigi).

8.- Al hacer (Modelos - SOV3D) sale un mensaje de error.Dependiendo de la configuración del sistema, es posible que al seleccionar (Modelos - SOV3D) desde el programa no se ejecute SOV3D dando el siguiente mensaje de error "open camera.x". Para resolverlo puede realizarse la siguiente operacion: 1.- Poner en su escritorio de Windows un acceso directo a SOV.exe Pruebar si funciona (Modelos - SOV3D). Si no es así realizar la siguiente operación: 2.- Poner en el escritorio un acceso a SOV3D.exe

que está en el mismo directorio de SOV.exe. Picando en SOV3D equivala a lo mismo que (Modelos - SOV3D).

9.- Al hacer ciertas transformaciones a una imagen ORC se pierde el color. Si la imagen inicial es en color, en la carpeta en que se encuentre, habrá un fichero con el mismo nombre y extensión PAL, se debe copiar ese fichero con el nombre de la imagen de salida (manteniendo la extensión PAL). De esta forma le hemos asignado la paleta de colores del fichero inicial al fichero final. Visualícelo ahora y ya estará en color.

10.- En (Archivo - AbrirFichero) no abre los ficheros de texto de SOV. Esa opción corresponde al martillo de la barra de herramientas, abre los ficheros que están vinculados a algún programa por Windows, también ejecuta cualquier fichero ejecutable. Supongamos que se trata de un fichero de texto tal como DBV, para que siempre se pueda abrir desde SOV procedemos como sigue. Desde el navegador de Windows seleccionamos el fichero en cuestión picando en el botón derecho seleccionar AbrirCon, ElegirPrograma, seleccionar WordPad y picar en la casilla "Utilizar siempre este programa para abrir estos archivos. A partir de aquí ya siempre podrá abrir los ficheros de texto en cuestión con SOV mediante (Archivo – AbrirFichero).