

# Cómo hacer mapas con GMT

Francisco Alonso Sarría

January 26, 2006

Uno de los problemas más complejos de resolver cuando se trabaja con SIG, es la obtención de salidas cartográficas de suficiente calidad. No se trata de obtener mapas como los que producen los organismos cartográficos, sino tan sólo de disponer de un sistema lo suficientemente flexible como para crear un mapa que aune los objetivos de representación y simplificación, así como los criterios estéticos, que se esperan de un mapa que va a publicarse, como tal o dentro de un trabajo científico.

Las salidas gráficas de un SIG se caracterizan por su inmediatez y por ser una representación para el usuario de los modelos de datos que utiliza el programa, asumiendo a este usuario los suficientes conocimientos de SIG, del área de estudio y de las variables representadas, como para que baste una representación cruda. Sin embargo un mapa es para uso de terceros a los que no debemos suponer ningún conocimiento *a priori* y que, por tanto, van a necesitar ayuda para interpretar el mapa (escalas, leyendas, etc.). Conscientes de este problema, los desarrolladores de SIG han implementado una serie de herramientas de maquetación de mapas que no suelen ser, por desgracia, ni muy flexibles ni muy potentes.

GMT (Generic Mapping Tools) pone a disposición del usuario un conjunto de módulos orientados a la producción de cartografía a partir de datos codificados según los modelos lógicos (raster, vectorial, lista de puntos) habituales en los SIG. Los datos raster se almacenan por defecto en formato propio (GMT/ netCDF) pero también se admiten ficheros binarios con datos en coma flotante, enteros, bytes o bits. Los datos vectoriales se almacenan como simples pares de coordenadas, no se incluye por tanto información topológica pero de hecho no tiene sentido incluirla si el resultado que espera obtenerse es un mapa para imprimir en papel.

El manejo de estos módulos en línea de comandos y la posibilidad de combinarlos (entre si y con otras herramientas UNIX) así como el elevado número de opciones de cada uno de ellos, convierte GMT en un entorno de maquetación de mapas extremadamente flexible. La contrapartida de esta flexibilidad es un lenguaje que puede llegar a ser bastante complejo y hermético.

En este artículo se van a dar las claves de la forma de trabajar con GMT y se presentarán algunos de sus módulos junto con sus opciones más relevantes.

Además de los módulos estrictamente destinados a la generación de mapas, GMT dispone de módulos de álgebra de mapas y de producción de gráficos más generales (histogramas, etc.). Puesto que vamos a presentar fundamentalmente GMT como maquetador de mapas en un entorno SIG más amplio basado en programas GPL (incluyendo por ejemplo GRASS, R y postgresQL) no se tratarán estos módulos.

Finalmente cabe destacar la posibilidad de utilizar GMT como herramienta de cartografía para usuarios que necesiten representar datos espaciales pero no precisen trabajar con un SIG. Estos usuarios pueden obtener representaciones cartográficas de calidad sin necesidad de entrar en las complejidades técnicas y conceptuales de un SIG.

## 1 ‘?Cómo treabaja GMT?

### 1.1 La estructura de los ficheros postscript y GMT

GMT genera mapas en formato postscript mediante la inclusión progresiva de diversos elementos al mapa/fichero por parte de diferentes módulos. Un fichero postscript se caracteriza por tener:

- Cabecera
- Código para la representación de diversos elementos
- Cierre

Generalmente cuando un programa escribe un fichero postscript debe escribir los tres elementos. En el caso de GMT, puesto que diversos módulos escriben código de forma sucesiva en un mismo fichero de salida, el módulo que inicia el mapa debe escribir la cabecera pero no el cierre; por el contrario, el último en hacerlo debe escribir el cierre y no la cabecera; finalmente los módulos intermedios no deben escribir ni cabecera ni cierre.

### 1.2 Módulos y opciones

GMT es un programa modular al estilo de GRASS, por tanto está compuesto de un conjunto de pequeños programas que realizan acciones concretas y sencillasa. La ejecución interrelacionada de varios de ellos es lo que da a GMT su potencia. Esta modularidad facilita el mantenimiento del programa y también su aprendizaje ya que cada módulo cuenta con una pequeña página de manual. A lo largo de este tutorial, las referencias a los distintos módulos se harán en negrita.

Cada módulo de GMT admite múltiples opciones y parámetros. Algunos de ellos se consideran de carácter global y se actualizan con el módulo **gmtset** pero en muchos casos, será necesario pasar estas opciones y parámetros en línea de comandos.

Debido al elevado número de opciones y parámetros que pueden llegar a pasarse a un módulo, es necesario, para evitar que la línea de comandos llegue a ocupar varias líneas, reducir a la mínima expresión la codificación. Es aquí donde reside la complejidad de GMT ya que la línea de comandos acaba pareciendo un conjunto caótico de letras, números y signos de puntuación; por ejemplo el que un carácter aparezca en mayúsculas o minúsculas significa cosas diferentes.

Tanto opciones como parámetros se codifican en el formato que UNIX utiliza de forma habitual para codificar las opciones, con un guión seguido de una letra mayúscula, a continuación de esta se codifican todas las posibles variaciones. Cada opción de GMT incluye toda la información acerca de un aspecto particular del mapa que se va a crear. Una de las ventajas es que algunas de las opciones son compartidas por todos o casi todos los módulos y se codifican de la misma manera.

La inclusión progresiva de diferentes elementos en un gráfico, así como la complejidad de las órdenes hacen que la creación de representaciones cartográficas con GMT recuerde a la creación de gráficos con R.

A continuación se presentarán algunos de los módulos más relevantes de GMT junto con ejemplos para ilustrar su uso. Las diferentes opciones se presentarán brevemente, dejando para una sección al final de este tutorial una presentación más detallada de cada una de ellas.

## 2 Módulos para iniciar un mapa

Aunque no es estrictamente necesario, es útil iniciar un mapa mediante los módulos **pscoast** o **psbasemap**. Estos generan la base a la que se le incorporarán, posteriormente otros objetos. Las diferencias básicas entre ambos módulos es que el primero pinta las líneas de costa y, opcionalmente, los límites nacionales y grandes ríos utilizando coordenadas geográficas (en grados) a partir de la base de datos que viene con el programa; **psbasemap** permite utilizar coordenadas planas (UTM por ejemplo), como contrapartida no se tiene acceso a las bases de datos que utiliza **pscoast**.

### 2.1 pscoast

Genera un mapa de la región que le especifiquemos utilizando una base de datos espacial que incluye costas, límites nacionales y ríos. Resulta útil para, por ejemplo, localizar áreas de trabajo en regiones mayores. La base de datos está en coordenadas geográficas y, por tanto, para añadir datos estos deberán estar también en coordenadas geográficas. Deben utilizarse como mínimo las opciones **-R**, **-J** y **-W** para determinar, respectivamente, la región que se va a representar, el sistemas de proyección y escala, así como el tipo de línea con el que se representarán los datos. La región, así como los intervalos de anotación en el marco se especifican en coordenadas geográficas (grados y décimas de grado).

Este módulo tiene varias opciones específicas.

#### 2.1.1 Opciones que determinan los elementos que se pintan y como se pintan

**-Dresolución** . Selecciona la resolución de la base de datos de la que se extraeran los elementos, *resolución* puede ser:

- f** máxima
- h** alta
- i** intermedia

**l** baja

**c** muy baja

Ten en cuenta que las bases de datos de más alta resolución sólo se instalan si se le especifica al programa de instalación.

**-Ndetalle[pluma]** Pinta los límites nacionales y los de los estados de EEUU.

El nivel de detalle puede ser:

1. Límites nacionales
2. Límites de los estados de EEUU
3. Límites marinos
4. Todos los límites (1-3)

**-Idetalle [pluma]** Pinta los ríos, *detalle* indica el grado de detalle de los ríos pintados (10 niveles y la opción *a* para pintarlos todos).

**-Scolor** Establece el color o tramas para pintar el mar. Ver en la sección 5.1.2 a la parte referente a la opción **-G**.

En la sección 5.1.2 se especifica como codificar plumas y colores.

## 2.1.2 Opciones para incluir elementos decorativos y de ayuda a la interpretación del mapa

**-L** Pinta una escala gráfica en el mapa

**-L[f|m][x]<lon0>/<lat0>/[<slon>/]<slat>/<longitud>[m|n|k][:etiqueta:<just>][+p<pen>][+f<fill>]]**

Los parámetro **f** y **m** especifican si la escala es adornada (f) o no (m). La escala se centrará en el punto definido por las coordenadas **lon0/lat0**; la **x** indica que se han pasado coordenadas planas (x/y), si no se incluye se asume que se trata de coordenadas geográficas. La escala se calcula para la latitud **slat**, dependiendo del tipo de proyección puede ser necesario incluir la longitud **slon** a la que se calcula la escala. El tamaño de la escala se especifica con **longitud** en unidades de terreno (m, n o k). Por defecto se añade una etiqueta consistente en la longitud de la escala seguida de las unidades, pero puede especificarse otra con **etiqueta**. Esta etiqueta puede justificarse (**just** a la derecha (r), izquierda (l), arriba (t) y abajo (d) de la escala. Los modificadores **+p** y **+f** permiten dibujar un rectángulo bajo la escala pintado con una pluma definida por **pen** y rellena con un color definido por **fill**.

Las instrucciones para definir plumas y colores aparecen en la sección 5.1.2 al especificar las opciones **-W** y **-G** respectivamente.

**-T** Pinta una rosa de los vientos en el mapa

`-T[f/m][x]<lon0>/<lat0>/tamaño[/info][:w,e,s,n:][+<grados>[/<minutos>]]`

Los parámetros de esta opción son similares a los de la opción anterior. El parámetro **info** permite introducir información acerca de la declinación magnética. Los parámetros **grados** y **minutos** modifican el intervalo entre las marcas de los rumbos sobre la rosa. Incluyendo o no en la orden las cuatro direcciones (w,e,s y n) estas aparecen o no en la rosa.

Consulta la página de manual de **pscoast** para obtener más detalles acerca de la inclusión de rosas de los vientos.

**-U** Añade un rótulo con el día y hora y un texto. La ubicación del rótulo se establece con los parámetros dx y dy.

`-U[dx/dy][[etiqueta]`

### 2.1.3 Un ejemplo

La figura 9 es una representación cartográfica de la Península Ibérica a la que se han añadido diversos elementos. Este mapa se ha realizado con una sola llamada al módulo **pscoast**, aunque se trata de una llamada algo larga:

```
pscoast -R-10/5/35/45 -JU30/15c -W0.02c -Dh -B5g1 -S100/100/255 -G200/150/0 \  
-Ia/0.02c/0/0/255 -Na/0.02c/255/0/0 -Lf0.1/35.9/40/0/250+p0.5+f150/150/150 \  
-Tf2.5/37.8/1.5c:O,E,S,N:/1p -X7.5c -Y4c>mapa8.ps
```

Aunque la imagen se ha reducido para insertarla en el manual, el tamaño original del marco es A4. A continuación, se procederá a explicar todos los componentes de esta orden, partiremos de una orden con el número mínimo de opciones, y se verá como se modifica el resultado al añadir, una a una, nuevas opciones.

1. La orden mínima, queremos representar la región definida por los meridianos  $10^{\circ}O^1$  y  $5^{\circ}E$  y los paralelos  $35^{\circ}N$  y  $45^{\circ}S$ . La representaremos utilizando la proyección UTM (zona 30 que es la que corresponde por convención a la Península Ibérica) y el mapa resultante tendrá una anchura de 15 cm. Finalmente especificamos que pintaremos las líneas costeras con una pluma de 2 milímetros de grosor con el color por defecto (negro). En la secciones 5.1.4, 5.1.5 y 5.1.2 aparece una referencia más completa de las opciones **-R**, **-J** y **-W** respectivamente.

```
pscoast -R-10/5/35/45 -JU30/15c -W0.02c>mapa0.ps
```

El resultado aparece en la figura 1. Como se puede ver sólo hemos especificado que parte del planeta queremos representar (opción **-R**) con que proyección y escala (opción **-J**) y que tipo de línea queremos utilizar (opción **-W**).

2. Queremos la base de datos de alta (**high**) resolución.

```
pscoast -R-10/5/35/45 -JU30/15c -W0.02c -Dh>mapa1.ps
```

---

<sup>1</sup>las longitudes oeste se codifican en negativo

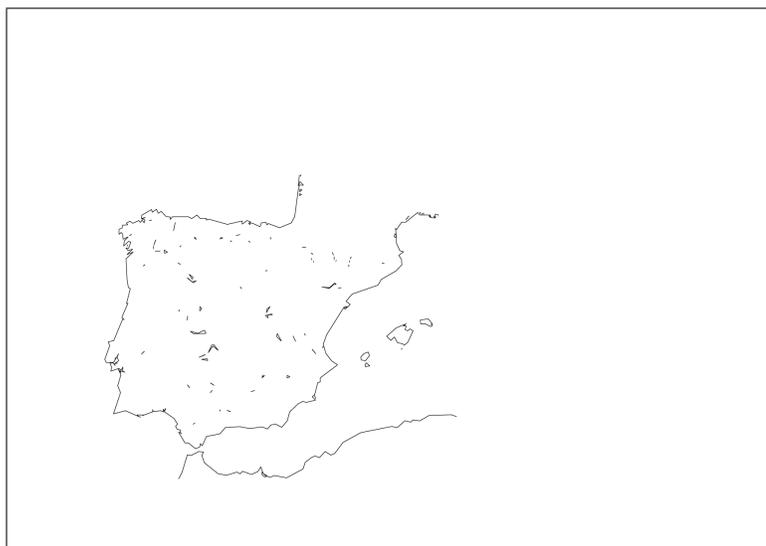


Figure 1: La orden mínima

El resultado aparece en la figura 2. Puedes ver que ha mejorado algo la resolución del mapa resultante. La opción **-D** se ha explicado anteriormente

3. Definimos el marco del mapa para tener una referencia de localización y distancias. Vamos a especificar una malla con una línea cada grado y una anotación en los márgenes cada 5 grados.

```
pscoast -R-10/5/35/45 -JU30/15c -W0.02c -Dh -Ba5g1>mapa2.ps
```

El resultado aparece en la figura 3. En la sección 5.1.6 aparece una referencia más completa de la opción **-B**. Posiblemente la opción más compleja de las que aparecen en GMT.

4. Damos color a tierras (anaranjado) y mares (azulado) mediante las opciones **-G** y **-S** respectivamente

```
pscoast -R-10/5/35/45 -JU30/15c -W0.02c -Dh -B5g1 -S100/100/255 -G200/150/0>mapa3.ps
```

El resultado aparece en la figura 4

5. Añadimos ríos (opción **-I**) y límites nacionales (opción **-N**), los pintamos todos (**a** en ambas opciones), en color azul los ríos y en rojo los límites nacionales. El tamaño de pluma será de nuevo 2 milímetros en ambos casos

```
pscoast -R-10/5/35/45 -JU30/15c -W0.02c -Dh -B5g1 -S100/100/255 -G200/150/0 \  
-Ia/0.02c/0/0/255 -Na/0.02c/255/0/0>mapa4.ps
```

El resultado aparece en la figura 5

6. Añadimos, mediante la opción **-L**, una escala gráfica centrada en el punto de coordenadas 0.1 E - 35.9 N. La escala se calcula para el punto 0 E - 40 N y tiene una longitud de 250 kilómetros.

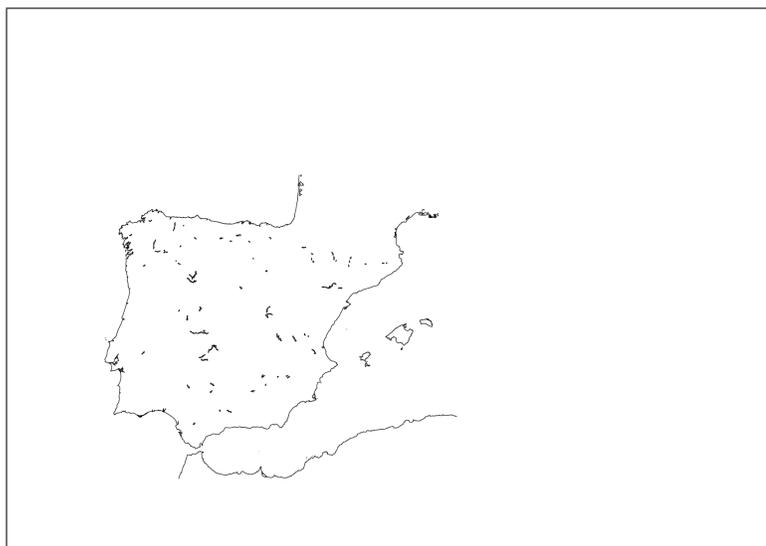


Figure 2: Queremos la base de datos de alta (high) resolución

```
pscoast -R-10/5/35/45 -JU30/15c -W0.02c -Dh -B5g1 -S100/100/255 -G200/150/0 \
-Ia/0.02c/0/0/255 -Na/0.02c/255/0/0 -Lf0.1/35.9/40/0/250>mapa5.ps
```

El resultado aparece en la figura 6

7. Le ponemos un marco a la escala, el borde será negro con un grosor de milímetros, mientras que el color de fondo será gris.

```
pscoast -R-10/5/35/45 -JU30/15c -W0.02c -Dh -B5g1 -S100/100/255 -G200/150/0 \
-Ia/0.02c/0/0/255 -Na/0.02c/255/0/0 -Lf0.1/35.9/40/0/250+p0.5+f150/150/150>mapa6.ps
```

El resultado aparece en la figura 7

8. A continuación añadimos una rosa de los vientos de 1.5 centímetros de diámetros centrada en 2.5 E 37.8 N, incluyendo los cuatro puntos cardinales. Antes de hacer la correspondiente llamada a **pscoast**, se modifican los tamaños de letra para las anotaciones con el módulo **gmtset**.

```
gmtset LABEL_FONT_SIZE 15 HEADER_FONT_SIZE 12 \
pscoast -R-10/5/35/45 -JU30/15c -W0.02c -Dh -B5g1 -S100/100/255 -G200/150/0 \
-Ia/0.02c/0/0/255 -Na/0.02c/255/0/0 -Lf0.1/35.9/40/0/250+p0.5+f150/150/150 \
-Tf2.5/37.8/1.5c:O,E,S,N:/1p>mapa7.ps
```

El resultado aparece en la figura 8

9. Finalmente centramos la figura utilizando las opciones **-X** y **-Y**

```
gmtset LABEL_FONT_SIZE 15 HEADER_FONT_SIZE 12
pscoast -R-10/5/35/45 -JU30/15c -W0.02c -Dh -B5g1 -S100/100/255 -G200/150/0 \
```

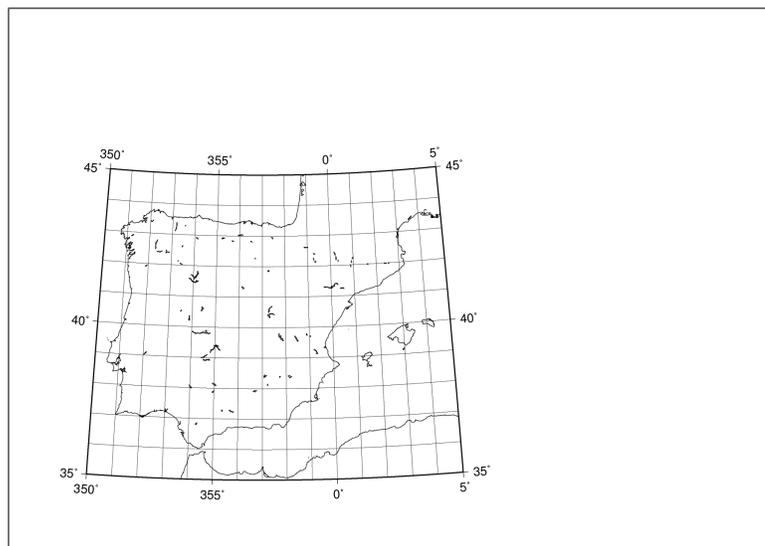


Figure 3: Definimos el marco del mapa

```
-Ia/0.02c/0/0/255 -Na/0.02c/255/0/0 -Lf0.1/35.9/40/0/250+p0.5+f150/150/150 \  
-Tf2.5/37.8/1.5c:O,E,S,N:/1p -X7.5c -Y4c>mapa8.ps
```

El resultado aparece en la figura 9. Las opciones **-X** y **-Y** se explican en la sección 5.1.1.

## 2.2 psbasemap

Crea la base para construir un mapa. Esto incluye un marco, marcas y anotaciones en sus bordes y una malla. Puede considerarse una opción alternativa a **pscoast** para iniciar la creación de un mapa cuando los datos a representar no están en coordenadas geográficas sino que ya han pasado por un proceso de proyección cartográfica.

Este módulo requiere como mínimo las opciones **-R**, **-J** y **-B**. Admite además varias de las que se vieron en el apartado 1, así como las opciones para incluir elementos decorativos y de ayuda a la interpretación del mapa de **pscoast**.

### 2.2.1 Un ejemplo

A continuación vamos a utilizar **psbasemap** para crear la base cartográfica de un mapa (figura 10) que se completará utilizando otros módulos<sup>2</sup>. Al igual que en el ejemplo anterior se comenzará con la orden mínima para ir añadiendo detalles.

1. Los parámetros de la orden básica son muy similares a los de **pscoast**

<sup>2</sup>Se trata de un mapa creado para un Proyecto de Fin de Carrera de la Licenciatura en Ciencias Ambientales

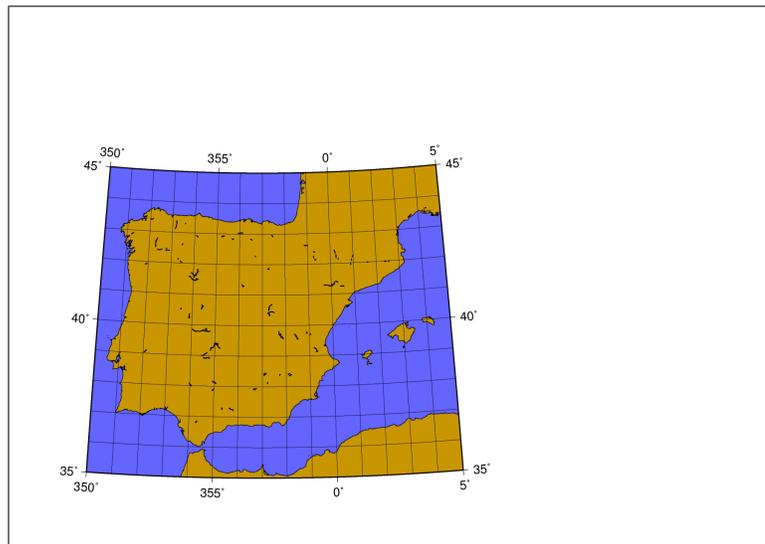


Figure 4: Damos color a tierras y mares

**psbasemap -R648181/649073.5/4158791.5/4159985 -Jx1:400 -Ba250g100 -P>mapab.ps**

Ahora la región de trabajo se especifica en coordenadas UTM por lo que utilizamos un sistema de coordenadas plano (**-Jx1:400**) la letra minúscula indica que el tamaño del mapa vendrá dado por la escala (1:400 en este caso). Si la letra **x** se hubiera escrito en mayúscula, el tamaño del mapa hubiera habido que expresarlo con su anchura (por ejemplo **-JX15c**, que indica una anchura de 15 cm).

El parámetro **-B** indica aquí que queremos una malla con una línea cada 100 metros y una anotación en los ejes cada 250 metros. Finalmente la opción **-P** indica que el mapa tendrá una orientación vertical.

El resultado aparece en la figura 11, de nuevo el marco de las figuras corresponde a la extensión de una hoja en A4.

2. Añadimos ahora un título y restringimos las anotaciones a los márgenes izquierdo e inferior de un mapa.

**psbasemap -R648181/649073.5/4158791.52/4159985 \**  
**-Jx1:400 -B250g100:."Barranco de Puntabella":WeSn -P> mapab.ps**

El resultado aparece en la figura 12. Observa que los puntos cardinales codificados en la orden con mayúscula, reciben marcas y anotaciones en los márgenes del mapa, mientras que los que aparecen en minúscula reciben sólo marcas.

3. Finalmente modificamos el formato de las anotaciones para evitar que salgan en notación científica. Para ello podría modificarse la variable global **D\_FORMAT** con el módulo **gmtset** (ver sección 5.1.8), pero aquí vamos a modificarla sólo para el ámbito del módulo, para ello basta con introducir el nombre de la variable en la orden precedida por un doble guión y seguida por un signo igual más el valor que queremos

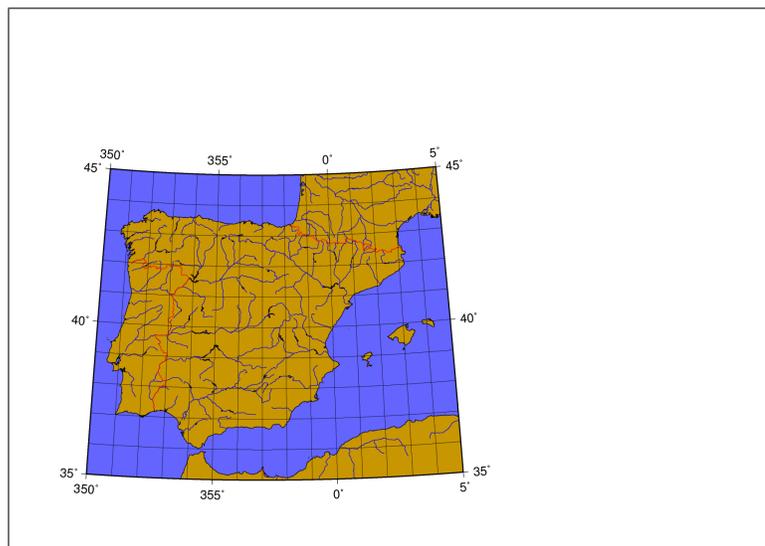


Figure 5: Añadimos ríos y límites nacionales

darle (**-D\_FORMAT=%7.0f**). La codificación de los formatos numéricos es similar a las de la función **printf** en C o AWK.

Vamos a utilizar también esta forma de dar valor a las variables globales para modificar el tamaño del título (**-HEADER\_FONT\_SIZE=15**) y las anotaciones (**-ANNOT\_FONT\_SIZE=11p**).

Finalmente centraremos la figura en el papel moviendola 4 centímetros en horizontal y 6 en vertical (**-X4c -Y6c**).

```
psbasemap -R648181/649073.5/4158791.5/4159985 -Jx1:400 \  
-B250g100:."Barranco de Puntabella":WeSn -P -D_FORMAT=%7.0f \  
-ANNOT_FONT_SIZE=11p -HEADER_FONT_SIZE=15p -X4c -Y6c> mapab.ps
```

El resultado aparece en la figura 13.

Con esto hemos preparado la base para crear el mapa. Cuando empecemos a introducir información espacial en el mapa, la generación del fichero postscript será bastante más lenta, por tanto es conveniente ajustar desde el principio aspectos como los tamaños de fuente o la ubicación exacta del mapa en el papel ya que harán falta varios ensayos para obtener los valores adecuados de los diversos parámetros.

En las siguientes secciones veremos como introducir información espacial a esta base cartográfica que hemos creado.

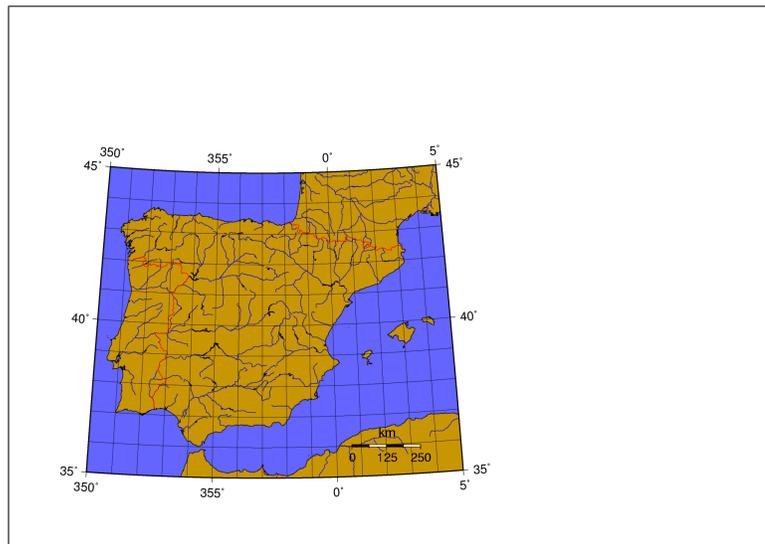


Figure 6: Añadimos una escala

### 3 Módulos para inclusión de objetos espaciales

#### 3.1 Una pequeña introducción a los objetos y datos espaciales

Dentro de la bibliografía acerca de cartografía y SIG, los objetos espaciales suelen dividirse entre:

- Superficies (variables cuantitativas que muestran autocorrelación espacial)
- Variables cualitativas
- Polígonos
- Líneas
- Puntos

Por otro lado los formatos de representación de estos objetos son básicamente dos, raster y vectorial.

El formato raster se basa en la división del espacio en celdillas, normalmente cuadradas y del mismo tamaño. En el caso de estar representando superficies, cada celdilla contiene un valor de la variable representada que se considera representativo de toda la celdilla. En el caso de polígonos, aquellas celdillas que forman parte de un polígono reciben su identificador. Finalmente para representar líneas o puntos, aquellas celdillas por donde pasen los objetos recibirán su identificador.

En formato vectorial se representan los objetos espaciales (puntos y líneas) o sus límites (polígonos y manchas con un determinado valor de una variable cualitativa) mediante puntos (par de coordenadas), líneas (cadena de

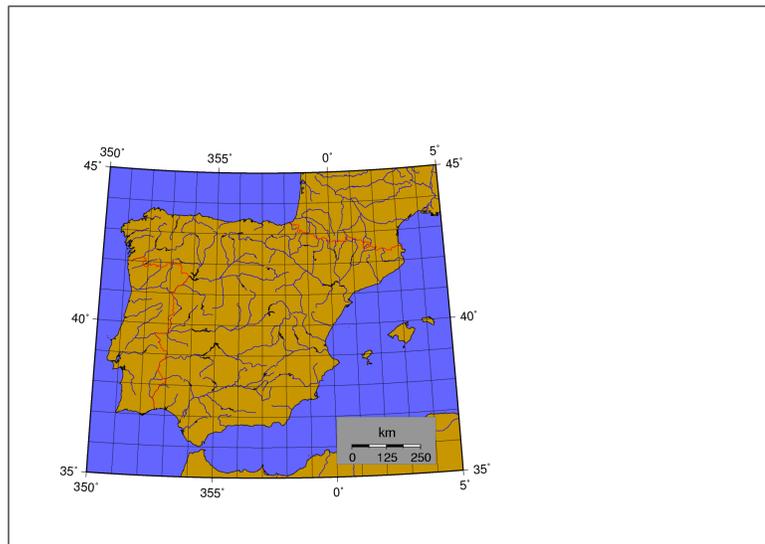


Figure 7: Le ponemos un marco a la escala

pares de coordenadas) o polígonos (líneas cerradas o conjunto de líneas que forman el polígono). Las superficies también admiten ser representadas mediante líneas (isolinias).

Las superficies se representan preferiblemente mediante capas raster, polígonos y variables cualitativas tipo pueden representarse en formato raster o vectorial, mientras que las líneas y puntos se representan mejor mediante vectores.

Los módulos de GMT para representar objetos espaciales son:

**grdimage** para representar datos espaciales

**grdcontour** extrae isolineas de una capa raster

**pscontour** genera isolineas a partir de un fichero de puntos

**psxy** dibuja datos puntuales, líneas o polígonos a partir de un fichero con los objetos

Estos módulos deben incluir la opciones ya vistas **-R** y **-J**, sin embargo no es necesario volver a introducir toda la cadena de caracteres, si simplemente se pasan las opciones sin valores, el módulo correspondiente asumirá que se trata de los valores ya utilizados con **psbasemap** para crear el fichero postscript. También pueden utilizar (aunque de forma voluntaria) la opción **-B**.

### 3.2 **grdimage**

Este módulo lee un fichero raster en el formato de **grd**, le asigna una paleta de color y lo pinta en el fichero postscript de salida. Alternativamente puede leer tres ficheros raster y generar con ellos una composición RGB.

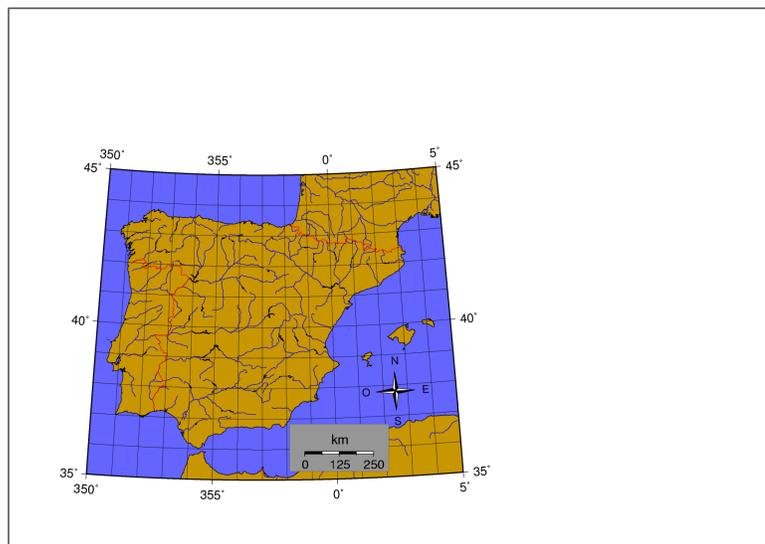


Figure 8: Le ponemos un marco a la escala gráfica

Puede además añadirse un fichero de luminosidad (valores de -1 a 1) que modificará los colores asignados. Las opciones fundamentales de **grdimage** son:

*-Cpaleta.cpt*

Se asume que paleta.cpt es un fichero de paleta de color con el formato especificado en la sección 6.

Es obligatorio añadir las opciones **-R** y **-J**, si no se especifican valores, se asume que son los del fichero postscript de salida al que ya dio valores de región y proyección un módulo anterior. Puede utilizarse también la opción **-B** para añadir marcas, anotaciones y malla.

GMT utiliza un formato específico para ficheros raster pero admite también datos en un formato binario sencillo. En GRASS se dispone de la orden **r.out.bin** que, incluyendo la opción **-h**, exporta capas raster de GRASS al formato de GMT (ver sección 7.2).

### 3.2.1 Ejemplo

Para añadir la foto aérea de fondo que aparece en la figura 10 deberemos añadir a la llamada a **psbasemap** que hemos hecho antes, una llamada a **grdimage**:

```
psbasemap -R648181/649073.5/4158791.5/4159985 -Jx1:400 \
-B250g100:."Barranco de Puntabella":WeSn -P -D_FORMAT=%7.0f \
-ANNOT_FONT_SIZE=11p -HEADER_FONT_SIZE=15p -X4c -Y6c -K> mapab.ps
grdimage -R -J -Bg100 foto.grd=2 -Cfoto.cpt -O »mapab.ps
```

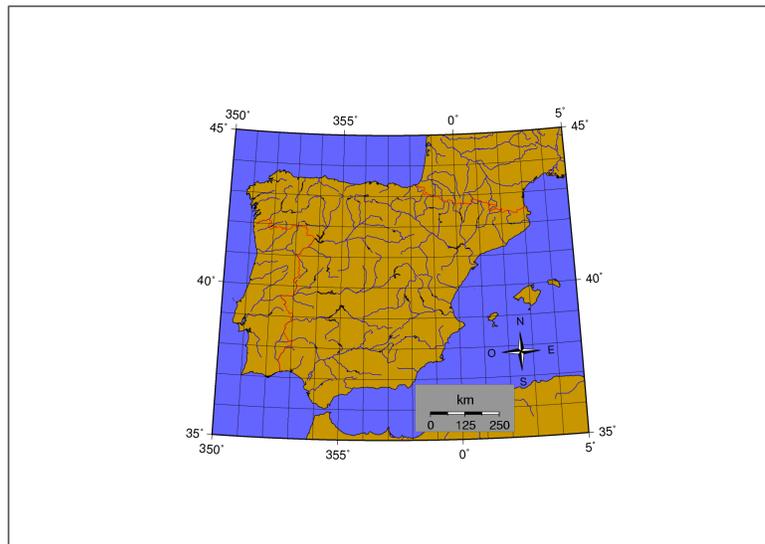


Figure 9: Centramos la figura

en la que **foto.grd** es el fichero raster en un formato válido para GMT. En este caso se trata de un fichero importado desde GRASS (con el módulo **r.out.bin** y no en el formato por defecto de GMT, por ellos se añade **=2** al nombre del fichero. El fichero **foto.cpt** es el fichero de paleta de color utilizado para pintarlo (consulta la sección 6 para obtener más información sobre paletas de color en GMT y como crearlas).

La opción **-Bg100** permite redibujar la malla que habíamos creado con **psbasemap** y que queda borrada al superponerle la capa raster.

Es importante resaltar como a la orden que hemos creado anteriormente con el módulo **psbasemap** se le ha añadido la opción **-K** para que no se cierre el fichero postscript. La opción **-O** de **grdimage**, así como la doble redirección, indica que el resultado se añadirá al fichero **mapab.ps** creado con **psbasemap**. Conforme vayamos añadiendo líneas a este script para añadir elementos al mapa, deberemos añadir **-K** a la última orden y **-O** a la nueva.

El resultado de la inclusión de esta foto sobre el mapa aparece en la figura 14.

### 3.3 **grdcontour**

Añade isoclinas generadas a partir de un fichero raster. Uno de los problemas fundamentales a la hora de representar isoclinas con calidad es obtener un buen procedimiento para situar las etiquetas de las isoclinas. Se trata tanto de ponerlas en el lugar adecuado como de darles el ángulo correcto. GMT incluye una serie de técnicas para situar las etiquetas de forma correcta.

Opciones:

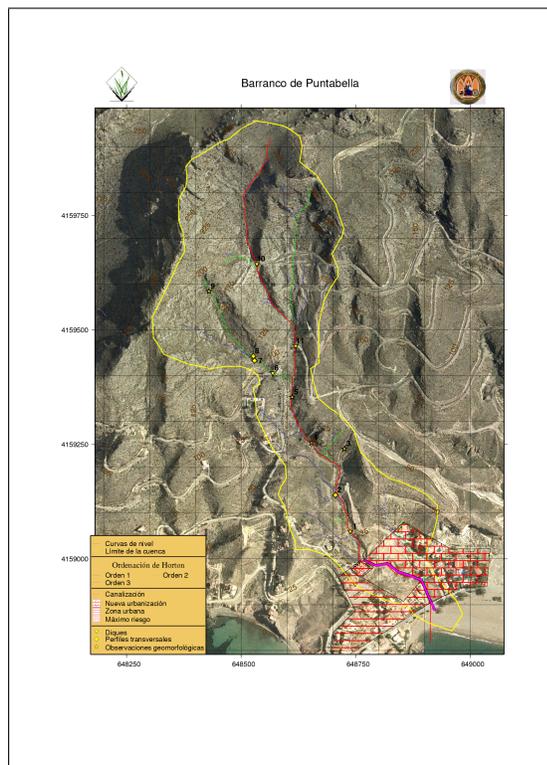


Figure 10: Mapa completo

**-Cfic** Especifica los valores de las isolíneas que van a pintarse. Si *fic* es un fichero con extensión **.cpt**, se asume que es un fichero de paleta de color y se adoptan los límites de los intervalos de color como valores de isolíneas a pintar.

Si *fic* es un fichero sin extensión **.cpt** (es decir no es un fichero de paleta de color), debe tener dos columnas, una con los valores de las isolíneas y otra con los caracteres *C* o *A* en función de que la isolínea debe simplemente pintarse o pintarse y anotarse.

Finalmente, *fic* puede ser simplemente el valor numérico del intervalo entre isolíneas.

**-A** Controla la forma y color de las etiquetas que se añaden a las isolíneas. Se trata de una opción bastante compleja que incluye varias subopciones. Cada una de estas subopciones se añade precedida de un signo “+”.

1. *+angulo* ángulo para las anotaciones
2. *+pangulo* anotaciones paralelas a las isolíneas
3. *+nangulo* anotaciones normales a las isolíneas
4. *+cdx[dy]*

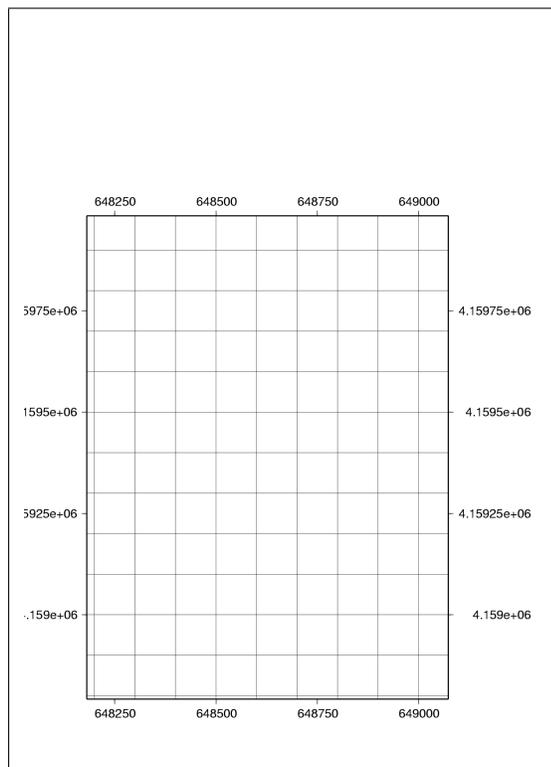


Figure 11: Mapa básico

5. *+fuente* establece la fuente para las anotaciones
6. *+gcolor* establece un color para el fondo de las cajas que contienen las etiquetas, por defecto son transparentes
7. *+justificación* establece la justificación de las etiquetas, por defecto es CM
8. *+kcolor* determina el color de las etiquetas de texto
9. *+etiqueta* se utiliza una *etiqueta* constante para todas las isoclinas
10. *+L*
11. *+o* las cajas serán redondeadas en lugar de rectangulares
12. *+p[pen]* dibuja las cajas que contienen las etiquetas. Pueden añadirse las características de pluma que se utilizarán para dibujarla
13. *+rradio*, no escribirá etiquetas cuando el radio de curvatura de la isoclinea sea inferior a *radio*
14. *+stamaño*, especifica el tamaño de fuente que se utilizará para escribir las etiquetas
15. *+unidad*, añade la cadena de texto *unidad* a la etiqueta, sirve para especificar la unidad de medida en que se expresan las isoclinas

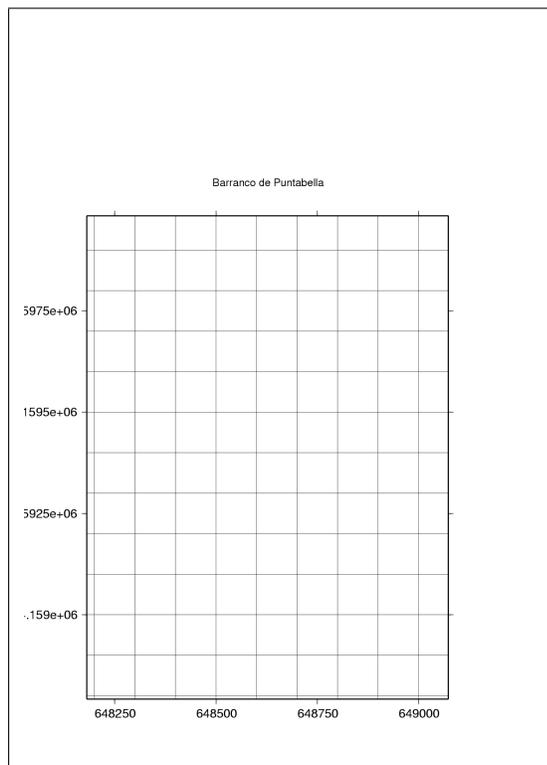


Figure 12: Se añade un título

16. +v, especifica etiquetas curvas siguiendo las isolineas
17. +wnumero
18. +=prefijo

En el manual del módulo puedes encontrar información más detallada acerca de esta opción.

**-G** Controla la ubicación de etiquetas en las isolineas, pueden utilizarse cinco algoritmos:

- Gd** *distancia*[c|i|m|p]
- GD** *distancia*[e|k|m|n]
- Gf** *fichero* ubica las etiquetas en las posiciones incluidas en el fichero que coinciden con la presencia de isolinea
- Gl|L** *linea1* [,*linea2*,...]
- Gn** *numero*
- Gx|X** *fichero* Coloca las etiquetas en las intersecciones entre las isolineas y los segmentos incluidos en el fichero

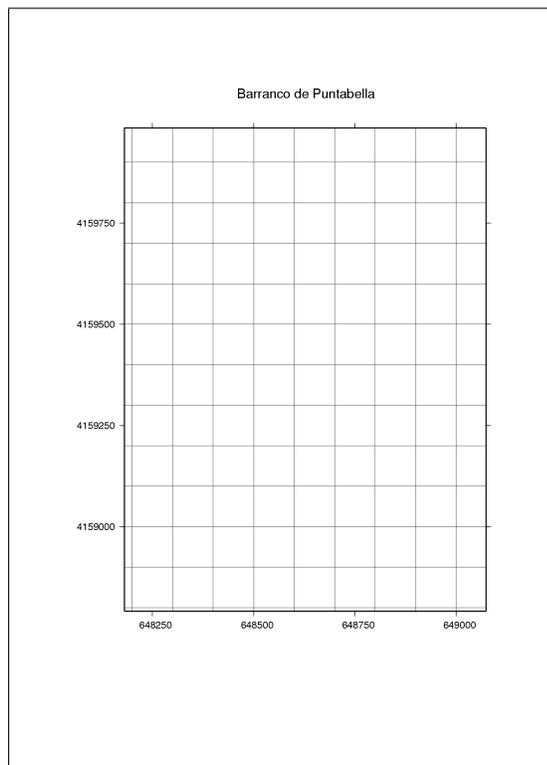


Figure 13: Ultimas modificaciones

**-Q<sub>minimo</sub>** No incluye isolneas con menos de *minimo* vértices. Permite generalizar la información.

**-Sfactor** Generaliza, es decir simplifica, las isolneas eliminando vértices

**-T**[+[- [gap/length][:LH] ] ] Dibuja pequeñas marcas apuntando pendiente abajo cada *gap* en las isolneas cerradas que indican máximos o mínimos locales. Pueden dibujarse sólo en los máximos o en los mínimos añadiendo los signos + o – a la opción **-T**.

**-Z**[factor[/shift ]][p]

**-W**[+ [tipo]pen ]

### 3.3.1 Ejemplo

Se va a utilizar un Modelo Digital de Elevaciones en formato raster (fichero mde.grd) para añadir curvas de nivel al mapa que estamos haciendo.

```
psbasemap -R648181/649073.5/4158791.5/4159985 -Jx1:400 \
-B250g100:."Barranco de Puntabella":WeSn -P -D_FORMAT=%7.0f \
```

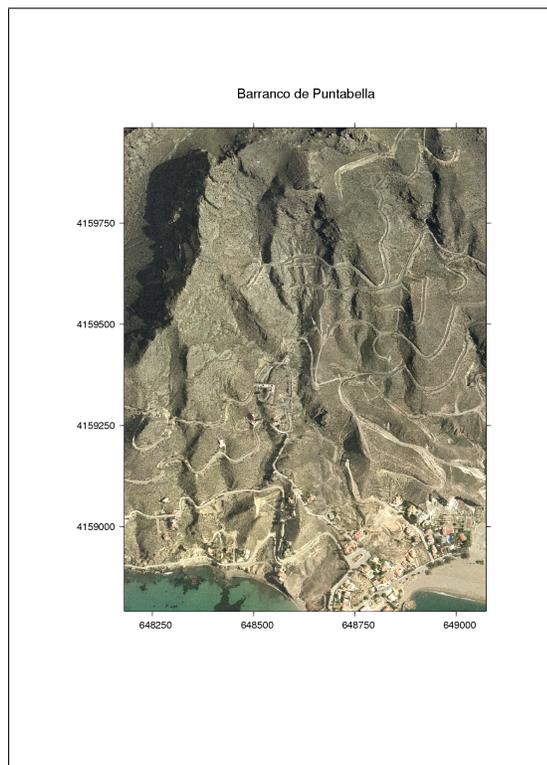


Figure 14: Añadimos una imagen raster

```
-ANNOT_FONT_SIZE=11p -HEADER_FONT_SIZE=15p -X4c -Y6c -K> mapab.ps  
grdimage -R -J -Bg100 foto.grd=2 -Cfoto.cpt -O -K»mapab.ps  
grdcontour -R -J mde.grd=2 -Cmde.cpt -W0.05c/100/50/0 -A+k100/50/0+s12 -O »mapab.ps
```

Se dibujarán aquellas curvas que aparezcan como valores umbral en el fichero de paleta de color mde.cpt. Las curvas se dibujarán con un ancho de línea de medio milímetro y en color marrón, por otro lado se anotarán también en color marrón y con un tamaño de letra de doce puntos.

El resultado aparece en la figura 15.

### 3.4 pscontour

Añade isoclinas calculadas a partir de un fichero con datos de X, Y y Z. El funcionamiento, en cuanto a las opciones y parámetros que gestionan la representación de las isoclinas es similar al de **grdcontour**, la diferencia está en el tipo de información de entrada de la que se extraen las isoclinas.

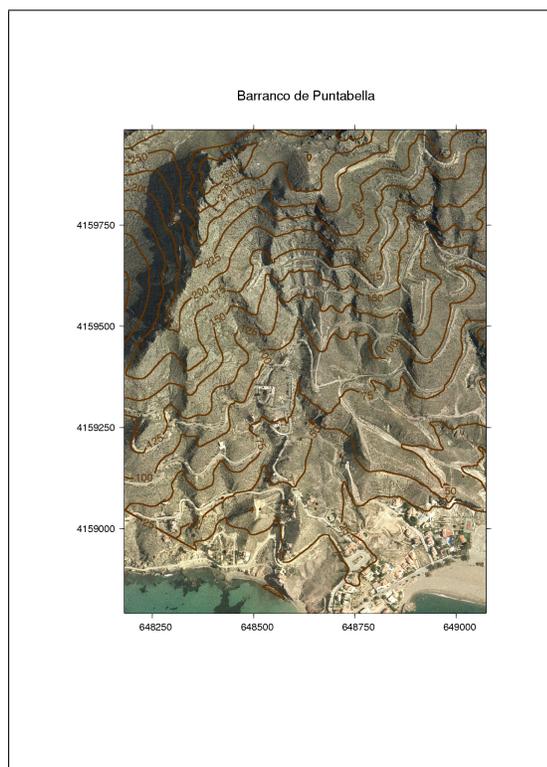


Figure 15: Añadimos curvas de nivel

### 3.5 psxy

Permite incluir puntos líneas o polígonos en el mapa. Los puntos pueden representarse mediante diferentes iconos, tamaños y colores. Las líneas mediante diversos tipos de línea, anchos y colores; los polígonos mediante tramas, colores y anchos de línea.

La codificación de la geometría de los objetos y de los datos temáticos asociados se hace en ficheros aparte que pueden tener formato ASCII o binario.

#### 3.5.1 Representación de puntos

En formato ASCII un fichero de puntos está formado por una línea por cada uno de los puntos. La primera columna contiene la coordenada X y la segunda columna la coordenada Y. La tercer columna contiene el tamaño del icono salvo en aquellos iconos (elipse por ejemplo) que requieren varios valores para especificar tamaño y forma. Estos casos se especifican más adelante.

La opción que indica a **psxy** que se van a pintar puntos es **-S**. Se trata de una opción con múltiples variantes que indican el tipo de icono que se utilizará:

- -Sx Signo más
- -Sy Línea vertical
- -Sa Estrella
- -Sb Barra
- -Sc Círculo
- -Sd Diamante
- -St Triángulo
- -Si Triángulo invertido
- -Ss Cuadrado
- -Sp Pentágono
- -Sh Hexágono
- -Sg Octágono
- -S11\"cadena"
- -Se elipse (dirección en grados, eje mayor y eje menor en las columnas 3,4 y 5)
- -Sv Vector (dirección en grados y longitud en las columnas 3 y 4)
- -Sw Tarta (radio, dirección de comienzo y dirección final en las columnas 3,4 y 5)

Para especificar el color del que se pintarán los símbolos se utiliza la opción **-G** para pasarle al módulo un único color para todos los símbolos o la opción **-C** para seleccionar un fichero de paleta de color que se utilizará para transformar los valores de la tercera columna del fichero de puntos en colores.

### 3.5.2 Un ejemplo

En la tabla 3.5.2 aparece el contenido del fichero puntos.xy. Se trata de una tabla cuyos registros son puntos definidos por sus coordenadas X e Y en proyección UTM y, a continuación una serie de características de cada uno de los puntos. Como se ha visto anteriormente, el módulo **psxy** utilizará las dos primeras columnas para establecer las coordenadas donde se pintará cada punto y la tercera para especificar el tamaño, salvo que lo que se pinten sean elipses, vectores o secciones de un gráfico de tartas, en cuyo caso se utilizarían las columnas 4 y 5 para obtener las diferentes variables que determinan el tamaño y forma del objeto pintado.

A continuación añadiremos a las órdenes anteriores una para pintar estos puntos como estrellas en color amarillo con el tamaño especificado en la tercera columna. El resultado aparece en la figura 16.

648737.96666667	4159060.0375	1	0	1	BC	1
648705.64270833	4159139.60416667	0.6	0	1	BC	2
648725.416667	4159240.583333	1.2	1	1	BC	3
648653.42708333	4159253.98125	0.6	0	1	BC	4
648611.15729167	4159353.43958333	0.8	0	1	BC	5
648568.8875	4159405.65520833	1	0	1	BC	6
648529.10416667	4159433.00625	0.8	0	1	TL	7
648526.61770833	4159442.95208333	0.6	0	1	BC	8
648429.64583333	4159584.68020833	1.2	0	1	BC	9
648534.07708333	4159644.35520833	0.6	0	1	BC	10
648618.61666667	4159465.33020833	1	0	1	BC	11

Table 1: El fichero puntos.xy

```
psbasemap -R648181/649073.5/4158791.5/4159985 -Jx1:400 \
-B250g100:."Barranco de Puntabella":WeSn -P -D_FORMAT=%7.0f \
-ANNOT_FONT_SIZE=11p -HEADER_FONT_SIZE=15p -X4c -Y6c -K> mapab.ps
grdimage -R -J -Bg100 foto.grd=2 -Cfoto.cpt -O -K>mapab.ps
grdcontour -R -J mde.grd=2 -Cmde.cpt -W0.05c/100/50/0 -A+k100/50/0+s12 -O -K>mapab.ps
psxy -R -J -Sa puntos.xy -G255/255/0 -W0.01c/0/0/0 -O> mapab.ps
```

### 3.5.3 Pintar líneas

Si se va a leer un fichero que contiene varias líneas o polígonos se requiere la opción **-M** en lugar de **-S**.

El formato de un fichero de líneas es similar al antiguo formato vectorial de IDRISI. Cada línea se codifica como un conjunto de pares de coordenadas (uno por línea) precedido de un registro de cabecera que comienza con el carácter '>'.>

A continuación de este carácter pueden aparecer, formando parte de la cabecera, las siguientes opciones:

- **-Z** para asignar a la línea o polígono un identificador que permitirá asignar posteriormente colores mediante la opción **-C** del módulo **psxy**
- **-W** para especificar las características de la pluma con que se pinta la línea
- **-G** para especificar el color con que se pinta el objeto (en el caso de que se trate de polígonos)
- **-L** para establecer las especificaciones de las etiquetas

También pueden especificarse los colores y tipos de plumas para todos los objetos mediante las opciones **-G** y **-W** en línea de comandos.

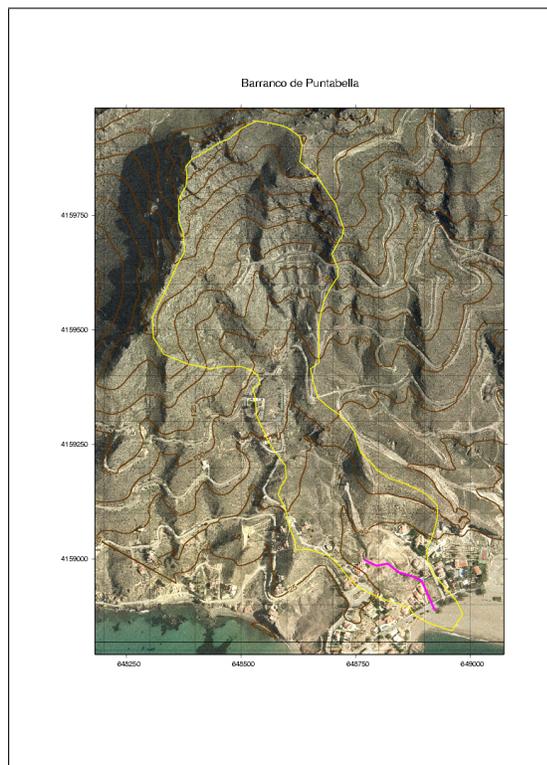


Figure 16: Añadimos un conjunto de puntos

### 3.5.4 Pintar polígonos

La opción **-L** especifica que van a pintar polígonos, de esta manera se fuerza el cierre de las líneas.

En este caso la opción **-G** admite tanto patrones como colores, las posibles opciones de esta opción serían:

- **-Gn**, donde n es un nivel de gris entre 0 y 255;
- **-Gr/g/b** con valores entre 0 y 255;
- **-Gh/s/v** con valores de 0 a 360 para el tono (h) y de 0 a 1 para los otros dos componentes;
- **-Gc/m/y/k** con valores de 0 a 100;
- **-Gcolor** donde color puede ser: black, white, red, orange, yellow, green, cyan, blue, magenta, brown, gray. Salvo los dos primeros, el resto de colores pueden ir precedidos por light o dark;
- **-G[p|P]dpi/pattern** para seleccionar alguno de los 90 patrones predefinidos (ver figura 23);

648768.085938	4158998.800781
648795.253906	4158985.425781
648819.496094	4158990.023438
648842.902344	4158971.632812
648872.996094	4158962.019531
648893.476562	4158953.242188
648922.734375	4158887.203125

Table 2: El fichero tubo.xy

La opción por defecto es no asignar colores a los polígonos y que estos sean transparentes. Otra posibilidad es no utilizar la opción **-G** en la línea de comandos e incluirla en los registros de cabecera de cada uno de los polígonos.

Hay que tener en cuenta en todo caso que los colores y tipos de línea del perímetro del polígono se determina con la opción **-W**.

### 3.5.5 Ejemplo

A continuación se incluyen dos llamadas a **psxy** la primera dibuja una línea, la canalización que desagua el barranco, y la segunda un polígono que representa la cuenca del barranco. Las tablas 2 y 3 muestran el contenido de los dos ficheros, se trata de simples series de pares de coordenadas. A la orden que dibuja la cuenca se le ha añadido la opción **-L** para especificar que se trata de un polígono<sup>3</sup>. La opción **-W** indica en cada caso el ancho de línea (1 milímetro) y el color de la línea (magenta y amarillo respectivamente).

```
psbasemap -R648181/649073.5/4158791.5/4159985 -Jx1:400 \
-B250g100:."Barranco de Puntabella":WeSn -P -D_FORMAT=%7.0f \
-ANNOT_FONT_SIZE=11p -HEADER_FONT_SIZE=15p -X4c -Y6c -K> mapab.ps
grdimage -R -J -Bg100 foto.grd=2 -Cfoto.cpt -O -K»mapab.ps
grdcontour -R -J mde.grd=2 -Cmde.cpt -W0.05c/100/50/0 -A+k100/50/0+s12 -O -K»mapab.ps
psxy -R -J tubo.xy -W0.1c/255/0/255 -O -K» mapab.ps
psxy -R -J -Sa puntos.xy -G255/255/0 -W0.01c/0/0/0 -O -K» mapab.ps
psxy -R -J cuenca.xy -W0.05c/255/255/0 -M -L -O » mapab.ps
```

El resultado aparece en la figura 17.

La primera orden utiliza triángulos invertidos para representar diques que se pintan en color amarillo, el perímetro de los mismos se dibuja en color negro con un ancho de línea de 1 punto.

El fichero que contiene la red de drenaje es un fichero multisegmento (opción **-M**) en el que las cabeceras de los segmentos contienen la información que se utilizará para representarlos.

<sup>3</sup>En sentido estricto no hubiese hecho falta ya que como se ve en la tabla 3 la última coordenada coincide con la primera, por tanto la representación será la misma, pero creo que es preferible identificar que son polígonos y que son líneas

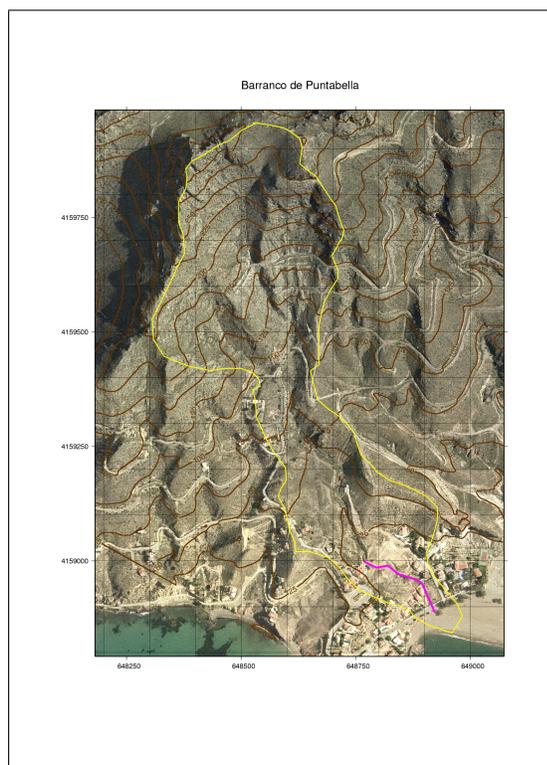


Figure 17: Añadimos una línea y un polígono

En el caso de la representación de la cuenca, el fichero sólo tiene una línea (aún así contiene una cabecera por lo que es un fichero multisegmento, por ello se ha incluido la opción **-M**. Para pintar el perímetro se ha seleccionado un ancho de línea de 5 milímetros y color amarillo. A pesar de ser un polígono, no se ha incluido la opción **-L** para que sea tratada como una línea.

Finalmente el fichero con los polígonos urbanizados incluyen múltiples segmentos en los que aparece la información necesaria para representarlos.

## 4 Otros elementos

Un mapa, además de la representación de los objetos espaciales, debe incluir otros elementos para facilitar al usuario su interpretación o incluso con un propósito puramente decorativo. Se trata de incluir textos, leyendas, escalas, rosas de los vientos, escudos y otras imágenes, etc.

648959.762500	4158842.543750
648907.450000	4158860.853125
648876.062500	4158879.162500
...	...
648970.225000	4158907.934375
648983.303125	4158879.162500
648959.762500	4158842.543750

Table 3: El fichero cuenca.xy

## 4.1 Inclusión de textos: El módulo `pstext`

El módulo `pstext`

Toma como entrada un fichero en el que cada línea codifica un rótulo con los siguientes parámetros separados por espacios.

**X Y Tamaño Angulo Fuente Justificación Texto**

El tamaño del texto se especifica en puntos; el ángulo en grados en sentido contrario a las agujas del reloj; la fuente puede ser el nombre de la fuente o su número (ver figura 24).

La justificación se define mediante dos letras, la primera puede ser L (izquierda), C (centro) o R (derecha) y la segunda T (arriba), M (medio) o B (abajo). Se refiere a la parte del texto que se colocará en el punto definido por las coordenadas **X** e **Y**.

El parámetro Texto puede ser una cadena incluyendo espacios, no es necesario utilizar comillas. Admite una codificación específica para símbolos griegos, superíndices y subíndices.

La variable global `CHAR_ENCODING` contiene el conjunto de caracteres activo. La codificación en octal de caracteres especiales como la letra ñ y las vocales acentuadas aparecen en el apéndice k del manual de GMT.

Opciones:

- **-Ddx/dy** establece una separación entre las coordenadas fijadas en el fichero y el punto donde realmente se escribirá el texto. Resulta útil para, por ejemplo, pintar símbolos y etiquetas pegadas a los símbolos a partir del mismo conjunto de pares de coordenadas.
- **-L** la orden `pstext -L` producirá un listado de las fuentes disponibles y terminará.
- **-W[R/G/B][o|O|c|C[pluma]]** dibuja un rectángulo bajo el texto escrito con las características especificadas.

### 4.1.1 Un ejemplo

El fichero `textos.txt` (tabla 4.1.1) contiene los textos que van a escribirse sobre el mapa. Si te das cuenta las coordenadas de los puntos de inserción de los puntos son las mismas que en el fichero `puntos.xy` (tabla 3.5.2).

648737.96666667	4159060.0375	12	0	1	BC	Muestreo 1
648705.64270833	4159139.60416667	12	0	1	BC	Muestreo 2
648725.416667	4159240.583333	12	1	1	BC	Muestreo 3
648653.42708333	4159253.98125	12	0	1	BC	Muestreo 4
648611.15729167	4159353.43958333	12	0	1	BC	Muestreo 5
648568.8875	4159405.65520833	12	0	1	BC	Muestreo 6
648529.10416667	4159433.00625	12	0	1	TL	Muestreo 7
648526.61770833	4159442.95208333	12	0	1	BC	Muestreo 8
648429.64583333	4159584.68020833	12	0	1	BC	Muestreo 9
648534.07708333	4159644.35520833	12	0	1	BC	Muestreo 10
648618.61666667	4159465.33020833	12	0	1	BC	Muestreo 11

Table 4: El fichero textos.txt

Se trata en definitiva de añadir una etiqueta de texto a cada uno de aquellos puntos. Como verás, los rótulos tendrán un tamaño de 12 puntos, serán horizontales y se utilizará la fuente 1, es decir *Helvetica Bold* (ver figura 24). La justificación cambia en cada punto y es un parámetro que debe ajustarse por prueba error hasta lograr una adecuada ubicación de símbolos y textos.

A continuación añadimos la línea correspondiente al script que se está creando la orden con la que se van a insertar estas etiquetas.

```
psbasemap -R648181/649073.5/4158791.5/4159985 -Jx1:400 \
-B250g100:."Barranco de Puntabella":WeSn -P -D_FORMAT=%7.0f \
-ANNOT_FONT_SIZE=11p -HEADER_FONT_SIZE=15p -X4c -Y6c -K> mapab.ps
grdimage -R -J -Bg100 foto.grd=2 -Cfoto.cpt -O -K»mapab.ps
grdcontour -R -J mde.grd=2 -Cmde.cpt -W0.05c/100/50/0 -A+k100/50/0+s12 -O -K»mapab.ps
psxy -R -J tubo.xy -W0.1c/255/0/255 -O -K» mapab.ps
psxy -R -J -Sa puntos.xy -G255/255/0 -W0.01c/0/0/0 -O -K» mapab.ps psxy -R -J cuenca.xy -W0.05c/255/255/0
-M -L -O -K » mapab.ps
pstext -R -J textos.txt -D0.2/0.15c -G0/0/0 -O » mapab.ps
```

En este caso la opción -D indica que los puntos de inserción se desplazan 2 milímetros hacia la derecha y 1.5 milímetros hacia arriba para evitar situar el punto de inserción en el centro del símbolo al que corresponde.

## 4.2 Inclusión de leyendas: El módulo pslegend

La utilización combinada de los módulos **pstext** y **psxy** permiten generar una leyenda con el nivel de sofisticación que se desee. Sin embargo su uso puede llegar a ser bastante complejo. GMT proporciona el módulo **pslegend** para simplificar la creación de leyendas, a partir de dichas herramientas, que pueden superponerse al mapa.

Al igual que **pstext** y **psxy**, **pslegend** utiliza un fichero de entrada que contiene las instrucciones para crear la

leyenda. Cada línea en este fichero define un elemento de la leyenda. El orden en que aparecen los elementos en el fichero será el orden en que se pinten en el mapa. Cada línea debe empezar con un carácter clave que especifica el tipo de elemento definido por la línea. Estos caracteres clave son:

- **#** Comentario, no tiene ningún efecto sobre la leyenda resultante
- **C** *color* Color del texto que se escribe a partir de la en la que aparece línea
- **D** *margin* Una línea horizontal atraviesa la leyenda y queda centrada comienza y termina a una distancia de los límites de la leyenda de *margin*
- **G** *gap* Salto vertical cuya longitud viene dada por *gap*
- **H** *tamaño fuente texto* Escribe el *texto* centrado con la *fuerza* y *tamaño* especificados
- **I** *fichero.ras anchura justificacion* Coloca la imagen de un fichero SUN rasterfile<sup>4</sup>
- **M** Dibuja una escala en la leyenda.
- **N** *numero* El resto de la leyenda tendrá *numero* columnas a partir de esta línea
- **S** *dx1 simbolo tamaño color pluma dx2 texto* Se dibuja el *simbolo* especificado a una distancia de *dx1* del comienzo de la leyenda con el tamaño y el color especificados. A una distancia del margen de *dx2* se sitúa el texto especificado. Los símbolos se codifican igual que con el módulo **psxy**.
- **V** *margin ancho* Dibuja una línea vertical, con la anchura y márgenes definidos entre las columnas de la leyenda.

El módulo **pslegend** admite una serie de opciones específicas, son opciones del módulo y por tanto deben ir en la línea de comandos y no en el fichero con las especificaciones de la leyenda.

**-D** *lon lat anchura altura justificacion*

**-F** sitúa un marco alrededor de la leyenda

**-L** especifica el interlineado

**-S***fichero* envía el script de GMT que se utiliza para hacer la leyenda a un *fichero* o a la salida estándar (si no se especifica fichero). El script así generado contiene llamadas a **psbasemap**, **psxy** y **pstext**; fundamentalmente a estos dos últimos.

Puesto que **pslegend** no permite todas las posibilidades que permiten estos dos módulos, puede resultar útil editar el script así generado para ajustar algunos detalles de la leyenda y posteriormente ejecutarlo. Por ejemplo:

---

<sup>4</sup>xv y convert permiten generar ficheros .ras

G 0.1c
S 0.2c c 0.25c 0100/50/0 0.05p 0.7c Curvas de nivel
S 0.2c e 0.25c 255/255/0 0.1p 0.7c Límite de la cuenca
D 0.05c 1p
G 0.01c
H 13 Times-Roman Ordenación de Horton
G 0.2c
N 2
S 0.2c c 0.25c 0/0/255 0.05p 0.7c Orden 1
S 0.2c c 0.25c 0/255/0 0.05p 0.7c Orden 2
S 0.2c c 0.25c 255/0/0 0.05p 0.7c Orden 3
D 0.05c 1p
N 1
S 0.2c e 0.25c 255/0/255 0.1p 0.7c Canalización
G 0.1c
S 0.2c c 0.25c p300/20:F255/0/0B255/255/255 0.1p 0.7c Nueva urbanización
S 0.2c c 0.25c p300/6:F255/0/0B255/255/255 0.1p 0.7c Zona urbana
S 0.2c c 0.25c p300/18:F255/0/0B255/255/255 0.1p 0.7c Máximo riesgo
G 0.1c
D 0.05c 1p
S 0.2c i 0.25c 255/255/0 0.1p 0.7c Diques
S 0.2c d 0.25c 255/255/0 0.1p 0.7c Perfiles transversales
S 0.2c a 0.25c 255/255/0 0.1p 0.7c Observaciones geomorfológicas

Table 5: El fichero leyenda.gmt

1. **pslegend leyenda.gmt -Dx3c/6.7c/6.5c/6.7c/TC -R -J -F -G240/200/100 -O -ANNOT\_FONT\_SIZE=11p -Sleyenda.sh**
2. modificamos el fichero leyenda.sh
3. **sh leyenda.sh»mapab.ps**

Admite, además de las anteriores, las opciones **-R**, **-J** y **-G**.

#### 4.2.1 Un ejemplo

La tabla 4.2.1 muestra el contenido del fichero leyenda.gmt que debe leer el módulo **pslegend** para añadir una leyenda al mapa que estamos creando.

La orden que generará la leyenda es:

**pslegend leyenda.gmt -Dx3c/6.7c/6.5c/6.7c/TC -R -J -F -G240/200/100 -O -ANNOT\_FONT\_SIZE=11p**

El resultado aparece en la figura 18.

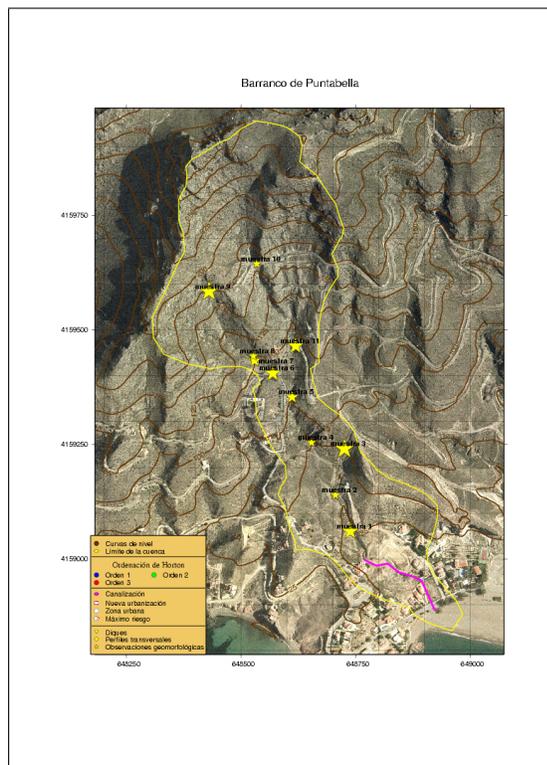


Figure 18: Añadimos una leyenda

### 4.3 Inclusión de leyendas: El módulo psscale

Este módulo genera una escala de colores a partir de una paleta de colores (fichero .cpt).

Las opciones principales son:

- D Define la posición y tamaño de la escala  
 $-Dxpos/ypos/longitud/anchura[h]$   
 Si se incluye la [h] la escala será horizontal en lugar de vertical
- B Establece las anotaciones en la escala de colores
- C Fichero de paleta de colores utilizado para crear la paleta

### 4.4 Inclusión de imágenes: El módulo psimage

Añade una imagen de un fichero en formato SUN rasterfile. La única opción de interés de psimage es:

**-C** Establece la posición y tamaño de la imagen (en unidades del mapa).

Los programas **convert** y **xv** de Unix permiten obtener ficheros en formato SUN rasterfile a partir de otros formatos.

#### 4.4.1 Un ejemplo

Vamos a añadir el escudo de la Universidad de Murcia (UMU.ras) y un logo de GRASS (grasslogo\_big.ras) al mapa. Se trata de ficheros bajados de las páginas web correspondientes y pasados a formato SUN rasterfile con **convert**<sup>5</sup>.

Para ello añadiremos a nuestro script las líneas:

```
psimage UMU.ras -W2c -C12c/20c -O -K» mapab.ps
```

```
psimage grasslogo_big.ras -W2c -C0.5c/20c -O » mapab.ps
```

y de este modo obtenemos el mapa que aparece en la figura 19.

#### 4.5 Inclusión de escalas gráficas y rosas de los vientos

Estos elementos pueden incluirse a partir del módulo **psbasemap**. Sin embargo, aparentemente<sup>6</sup>, sólo son accesibles si se utiliza una proyección cartográfica, no pueden utilizarse con coordenadas planas.

## 5 Opciones en GMT

### 5.1 Algunas opciones sencillas

Muchas de las opciones incluyen como parámetros longitudes. Estas se expresan en unos casos en unidades de mapa (**c** centímetros o **i** pulgadas) y en otros en unidades de terreno (**k** kilómetros, **m** millas o **n** millas náuticas). Los tamaños de las fuentes se expresan en puntos (**p**).

#### 5.1.1 Opciones que controlan la ubicación del mapa en el papel

**-P** Orientación del papel vertical en lugar de apaisada que es la opción por defecto

**-Xdesplazamiento** Desplazamiento del mapa en el eje X en unidades de mapa.

**-Ydesplazamiento** Desplazamiento del mapa en el eje Y en unidades de mapa, esta orden y la anterior sirven para situar el mapa en el papel seleccionado. Los valores por defecto son los de las variables globales **X\_ORIGIN** e **Y\_ORIGIN**.

---

<sup>5</sup>convert forma parte del paquete Imagemagick, no de GMT

<sup>6</sup>Los manuales de GMT no dicen nada a este respecto y mis intentos de hacerlo han sido infructuosos

### 5.1.2 Opciones que determinan como se dibujarán los objetos

**-G** Colores y patrones de relleno para dibujar puntos y polígonos

- Ggris** Establece el color de los objetos representados en niveles de gris (256 niveles).
- GR/G/B** Establece el color de los objetos representados en codificación RGB (256 niveles por cada banda).
- Gdpi/patron:FR/G/BBR/G/B** Establece el patrón de relleno de un polígono, *dpi* es la densidad de dibujo en puntos por pulgada, *patron* es uno de los patrones especificados en la figura 23; *FR/G/B* es el color del patrón dibujado (foreground) y *BR/G/B* el color del fondo (background), se puede optar por un fondo transparente con la opción *B-*

**-W***grosor,color,textura* Establece el tipo de línea que se utilizará. Incluye tres parámetros fundamentales:

*grosor* en unidades de mapa, en puntos o con los siguientes nombres **thin, thick, fat[er|est]**

*color* según las especificaciones vistas en la opción anterior

*textura* se puede especificar mediante:

- un patrón de rayas (-) y puntos (.),
- **a** para especificar rayas y **o** para especificar puntos,

La opción por defecto es una línea negra continua con anchura 0.25p.

**-Cpaleta** establece la paleta de colores que se va a utilizar para dar colores a los elementos representados. En la sección 6 se especifica como crear una paleta de color.

### 5.1.3 Opciones que controlan el fichero postscript que se genera

**-O** la salida del módulo se añade a un fichero postscript ya abierto, por tanto no escribe la cabecera del fichero postscript. Lógicamente el fichero postscript al que se añaden elementos no debe haber sido previamente cerrado.

**-K** el módulo no cierra el fichero postscript para que otros módulos puedan seguir añadiendo objetos

Las opciones **-O** y **-K** son como habrás imaginado básicas para el proceso de generar un mapa en formato postscript utilizando diferentes módulos.

### 5.1.4 Definición de la región cartografiada

**-Roeste/este/sur/norte[r]**

Establece los límites del mapa, si se añade la **r** final se considera que los cuatro valores anteriores corresponden, respectivamente, a las coordenadas de la esquina inferior izquierda y superior derecha del mapa.

Admite dos *atajos* (**-Rg** equivale a **-R0/360/90/90** y **Rd** equivale a **-R-180/180/-90/90**) que proporcionan una representación global del planeta centrada, respectivamente, en el meridiano de Greenwich y en la línea de cambio de día (figura 5.1.4).

### 5.1.5 Sistemas de proyección

A la opción **-J** sigue un carácter que indica el sistema de proyección utilizado, los valores que se pasan a continuación son los parámetros que se utilizarán para proyectar la región especificada con **-R** utilizando el sistema de proyección especificado. Cada sistema de proyección requiere parámetros específicos.

Por ejemplo la proyección UTM requiere especificar en que zona UTM se encuentra el área de trabajo (en el caso de España la zona 30). Otras proyecciones requerirán otros parámetros, los más habituales son la longitud y latitud del punto central.

Tras especificar el sistema de proyección y sus parámetros se debe especificar (separada por una barra (/) la escala de trabajo. Si el carácter que especifica el sistema de proyección se pasa en mayúscula, en lugar de escala se pasa la anchura deseada para el mapa (en unidades de mapa).

Por ejemplo para generar un mapa de España en proyección UTM (zona 30) con escala 1:200000 la opción sería:

**-Ju30/1:200000**

si en lugar de especificar la escala queremos que el mapa que tenga 20 centímetros de anchura escribiremos:

**-JU30/20c**

El utilizar un sistema de proyección determinado sólo tiene sentido si los datos que queremos representar están en coordenadas geográficas (esféricas) es decir en grados. Cuando se trabaja en regiones pequeñas lo normal es que no se utilicen coordenadas geográficas sino que los datos hayan sido ya proyectados (por ejemplo cuando se trabaja con datos en coordenadas UTM). En estos casos se debe trabajar con un sistema de referencia plano que se especifica con la letra **x**

### 5.1.6 Formato de los márgenes del mapa

Es posiblemente la más compleja de todas las opciones ya que permite modificar casi cualquier cosa de la representación de las anotaciones en los márgenes del mapa, así como incorporar una malla sobre el mapa. Su codificación es:

**-B[p|s|xinfo[/yinfo]/zinfo][:."Título":][W|w][E|e][S|s][N|n][Z|z[+]]**

Donde la primera letra (p, s o ninguna de ellas) indica si la opción se refiere, respectivamente, a las marcas primarias, las secundarias o a ambas. Los parámetros **xinfo**, **yinfo** y **zinfo** hacen referencia a las anotaciones relativas a las respectivas coordenadas; se codifican del siguiente modo:

**[f|g|a]intervalo[+-fase][u][:."Etiqueta del eje":][:=."prefijo":][:."etiqueta de unidad":]**

donde *f*, *g* y *a* significan que la información subsiguiente se refiere a las marcas en el marco del mapa, a la malla y a las anotaciones respectivamente, *intervalo* es el intervalo de marcas, *u* las unidades en que se expresa

el intervalo. *prefijo* es una cadena de texto que se añade a cada anotación y *etiqueta de unidad* se escribe detrás de cada anotación.

Si se quiere escribir un título para el mapa este debe ir entrecomillado, precedido de `:.`  y seguido de `:.`

Finalmente las letras **W**, **E**, **S**, y **N** indican a cuales de los cuatro márgenes del mapa se aplican las anotaciones. Si se escriben en mayúscula, recibirán marcas y anotaciones, si se hace en minúsculas sólo marcas, si se omite alguna de ellas no se dibujan marcas ni tampoco se cierra por ese lado el marco del mapa. La letra **Z** hace referencia al eje vertical en el caso de representaciones 3D.

### 5.1.7 Un ejemplo

La siguiente orden crea un marco de mapa con **psbasemap** utilizando todas las posibilidades de la opción **-B**:  
**psbasemap -Rg -JX10c -Bf60+10a120g30:"Rótulo del eje X"::="x="::,"\260":f200a50g20:"Rótulo del eje Y":::"Prueba para la opción -B":WSn -P>demoB.ps**

El resultado de esta orden aparece en la figura 21

Se ha optado por representar todo el globo en coordenadas geográficas (opción **-Rg**). El contenido utilizado para la opción **-B** puede dividirse en cuatro partes:

1. Eje X (**f60+10a120g30:"Rótulo del eje X"::="x="::,"\260":**): Aparecerán marcas cada  $60^\circ$ , pero en lugar de comenzar en  $0^\circ$  se comienza en  $10^\circ$  (+10), las anotaciones aparecen cada  $120^\circ$  y la malla cada  $30^\circ$ . Se añade un rótulo para el eje X. Por otro lado se especifica un prefijo para cada anotación ( $x=$ ) y una unidad ( $^\circ$ ).
2. Eje Y (**f200a50g20:"Rótulo del eje Y"::**): Aparecerán marcas cada  $200^\circ$ , anotaciones cada  $50^\circ$  y la malla cada  $20^\circ$ . En este caso sólo se añade un rótulo.
3. Título (**:"Prueba para la opción -B":**):
4. Modo de dibujo de los límites del mapa (**WSn**): Aparecen todas las opciones en los límites Oeste y Sur (mayúsculas), sólo las marcas en el límite Norte (minúscula) y nada en el límite Este.

El código `\260` corresponde en el sistema de codificación ISOLatin1+ al símbolo  $^\circ$ . Existen cuatro sistemas de codificación en GMT (StandardEncoding, ISOLatin1+, Symbol y ZapfDingBats) los dos primeros contienen caracteres y los otros dos símbolos. Al instalar el programa, en función de nuestra ubicación, el programa incorporará StandardEncoding o ISOLatin1+ como opción por defecto. En la figura 25 aparecen los códigos ISOLatin1+.

Puesto que existen cuatro, en cualquier momento puedes cambiar el sistema de codificación modificando la variable global **CHAR\_ENCODING**. Para determinar cual es en cada momento puedes utilizar la orden:

**gmtdefaults -L|grep CHAR\_ENCODING**

### 5.1.8 Opciones por defecto

)

La gran flexibilidad de GMT para la confección de mapas se basa en la existencia de una gran cantidad de parámetros. Muchos de ellos no van a modificarse normalmente o se modifican muy poco. Existen diversas estrategias para dar valores a estos parámetros. La más sencilla es el módulo **gmtset** que permite modificar uno o varios de estos parámetros:

**gmtset** *parametro* valor [*parametro* valor ... ]

Otra posibilidad es modificar el valor de estas variables globales, pero sólo en el ámbito de ejecución de un módulo concreto. Para ello se añade la opción *-nombre\_de\_variable=nuevo\_valor*.

El módulo **gmtdefaults** devuelve un listado de todos los parámetros y sus valores actuales (opción -L) o por defecto (opción -D). En el apéndice final se presentan todas las variables globales agrupadas por tipo en diferentes tablas.

El listado completo de variables globales aparece en las tablas 8 a 8.

### 5.1.9 Otras opciones

**-V** Modo *verbose*

## 6 Creación de paletas

### 6.1 makecpt

Crea un fichero de paleta de colores. Las principales opciones son:

**-C** determina el modelo de paleta (por defecto *rainbow*), los modelos de paleta aparecen en la figura 22.

**-T***inicio/fin/incr* Crea una tabla de colores lineal comenzando por el valor *inicio* y terminando con el valor *final* con incrementos de *incr*

**-Z** crea una paleta continua, la opción por defecto es que sea discontinua

### 6.2 grd2cpt

Crea un fichero de paleta de colores a partir de un fichero raster. Las principales opciones son:

**-E***numero* Crea una tabla de colores lineal con *numero* niveles equidistantes

**-S***inicio/fin/incr* Crea una tabla de colores lineal comenzando por el valor *inicio* y terminando con el valor *final* con incrementos de *incr*

**-Z** Crea una paleta de color continua, la opción por defecto es que sea discontinua

Las siguientes variables globales influyen sobre el resultado de la creación de una paleta de color, admiten como valor una combinación R/G/B:

- COLOR\_BACKGROUND color de fondo
- COLOR\_FOREGROUND color de primer plano
- COLOR\_NAN color para los valores nulos

## 7 GMT y otros programas

### 7.1 GMT y AWK

Anteriormente se ha visto como algunos de los módulos de GMT manejan ficheros ASCII

Los datos en formato vectorial pueden pasarse a GMT mediante ficheros ASCII en forma de tabla.

### 7.2 GRASS y GMT

Hay diversos módulos para convertir datos en formato de GRASS a los formatos utilizados por GMT.

#### 7.2.1 gmt.psbasemap

Genera una orden de psbasemap con la región tomada de la región de trabajo activa en ese momento. Para ejecutarla la orden directamente, basta con reconducir el resultado de este módulo a **sh** mediante una tubería

#### 7.2.2 r.out.bin -h

La opción -h añade una cabecera para GMT:

**r.out.bin -h input=mapa\_grass output=mapa\_gmt.grd**

Este módulo se encuentra en cualquier distribución de GRASS.

#### 7.2.3 gmt.grdimage

Simplifica las llamadas a gmt.grdimage

G 0.1c
S 0.2c c 0.25c 0100/50/0 0.05p 0.7c Curvas de nivel
S 0.2c e 0.25c 255/255/0 0.1p 0.7c Límite de la cuenca
D 0.05c 1p
G 0.01c
H 13 Times-Roman Ordenación de Horton
G 0.2c
N 2
S 0.2c c 0.25c 0/0/255 0.05p 0.7c Orden 1
S 0.2c c 0.25c 0/255/0 0.05p 0.7c Orden 2
S 0.2c c 0.25c 255/0/0 0.05p 0.7c Orden 3
D 0.05c 1p
N 1
S 0.2c e 0.25c 255/0/255 0.1p 0.7c Canalización
G 0.1c
S 0.2c c 0.25c p300/20:F255/0/0B255/255/255 0.1p 0.7c Nueva urbanización
S 0.2c c 0.25c p300/6:F255/0/0B255/255/255 0.1p 0.7c Zona urbana
S 0.2c c 0.25c p300/18:F255/0/0B255/255/255 0.1p 0.7c Máximo riesgo
G 0.1c
D 0.05c 1p
S 0.2c i 0.25c 255/255/0 0.1p 0.7c Diques
S 0.2c d 0.25c 255/255/0 0.1p 0.7c Perfiles transversales
S 0.2c a 0.25c 255/255/0 0.1p 0.7c Observaciones geomorfológicas

Table 6: El fichero leyenda2.gmt

## 7.2.4 v.out.gmt

Lee un fichero vectorial con líneas o polígonos y genera un fichero ASCII multisegmento en el que los registros de cabecera contienen información diversa acerca del objeto:

- Identificador
- Atributo
- Longitud
- Superficie (si se trata de un mapa de polígonos)
- Número de vértices
- Etiqueta de categoría (si se ha activado la opción -c)

El identificador es el código interno único que GRASS utiliza para identificar cada objeto, mientras que atributo es el identificador numérico establecido por el usuario.

Estos campos se separan con el carácter ';' siendo el primer campo el carácter '>'

**v.out.gmt [-c] input=mapa\_grass type=line|area**

La opción **-c** indica que el mapa vectorial incluye un fichero de categorías y estas se incluirán como último campo en los registros de cabecera de cada línea.

La salida del módulo se dirige a la salida estándar, puede ser almacenado en un fichero utilizando una redirección o pasado a **psxy** mediante una tubería.

Los ficheros creados tienen la particularidad de contener la información geométrica (la geometría de cada polígono se codifica como una línea cerrada) y temática de los diferentes objetos en un sólo fichero.

Puesto que el separador de campos es ';', los registros que contienen la información temática comienzan por '>' y tienen varios campos. Los que contienen la geometría tienen un sólo campo (el par de coordenadas separado por espacios). De este modo resulta sencillo modificar estos ficheros con un *script* de **awk** para obtener ficheros que en las cabeceras de los objetos tengan las opciones -Z, -W, -G o -L con los parámetros de visualización propios de cada uno de los objetos.

## 7.2.5 gmt.colr2cpt

Se trata de un *script* que crea un fichero de paleta de color de GMT (extensión .cpt) a partir de un fichero de color de GRASS. Esta opción resulta útil para exportar fotografías o mapas escaneados en los que no existe una relación entre valores y colores. Se basa en un *script* de **awk**.

Este módulo no tiene en cuenta los valores de las variables globales **COLOR\_BACKGROUND**, **COLOR\_FOREGROUND** y **COLOR\_NAN** y asignan el color blanco (255/255/255) a las tres variables

Variable	Valor por defecto	Significado
PAGE_COLOR	255/255/255	Color de fondo para el papel
PAGE_ORIENTATION	landscape	Orientación
PAPER_MEDIA	a4	Tamaño de papel

Table 7: Parámetros referidos al papel sobre el que se crea el mapa

## 8 Apendice de tablas y figuras

ANNOT_MIN_ANGLE	20
ANNOT_MIN_SPACING	0
ANNOT_FONT_PRIMARY	Helvetica
ANNOT_FONT_SIZE	14p
ANNOT_OFFSET_PRIMARY	0.2c
ANNOT_FONT_SECONDARY	Helvetica
ANNOT_FONT_SIZE_SECONDARY	16p
ANNOT_OFFSET_SECONDARY	0.2c
DEGREE_SYMBOL	ring
HEADER_FONT	Helvetica
HEADER_FONT_SIZE	36p
HEADER_OFFSET	0.47625c
LABEL_FONT	Helvetica
LABEL_FONT_SIZE	24p
LABEL_OFFSET	0.3c
OBLIQUE_ANNOTATION	1
PLOT_CLOCK_FORMAT	hh:mm:ss
PLOT_DATE_FORMAT	yyyy-mm-dd
PLOT_DEGREE_FORMAT	+ddd:mm:ss
Y_AXIS_TYPE	hor_text

Table 8: Parámetros de las anotaciones en la base cartográfica

BASEMAP_AXES	WESN
BASEMAP_FRAME_RGB	0/0/0
BASEMAP_TYPE	fancy
FRAME_PEN	1.25p
FRAME_WIDTH	0.2c
GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY	0c
GRID_CROSS_SIZE_SECONDARY	0c
GRID_PEN_PRIMARY	0.25p
GRID_PEN_SECONDARY	0.5p
MAP_SCALE_HEIGHT	0.2c
TICK_LENGTH	0.2c
TICK_PEN	0.5p
X_AXIS_LENGTH	25c
Y_AXIS_LENGTH	15c
X_ORIGIN	2.5c
Y_ORIGIN	2.5c
UNIX_TIME	FALSE
UNIX_TIME_POS	-2c/-2c

Table 9: Parámetros de la base cartográfica

COLOR_BACKGROUND	0/0/0
COLOR_FOREGROUND	255/255/255
COLOR_NAN	128/128/128
COLOR_IMAGE	adobe
COLOR_MODEL	rgb
HSV_MIN_SATURATION	1
HSV_MAX_SATURATION	0.1
HSV_MIN_VALUE	0.3
HSV_MAX_VALUE	1

Table 10: Parámetros del Sistema de color

CHAR_ENCODING	ISOLatin1+
DOTS_PR_INCH	300
N_COPIES	1
PS_COLOR	rgb
PSIMAGE_FORMAT	hex
GLOBAL_X_SCALE	1
GLOBAL_Y_SCALE	1

Table 11: Parámetros Postscript

D_FORMAT	%lg
FIELD_DELIMITER	tab
GRIDFILE_SHORTHAND	FALSE
INPUT_CLOCK_FORMAT	hh:mm:ss
INPUT_DATE_FORMAT	yyyy-mm-dd
IO_HEADER	FALSE
N_HEADER_RECS	1
OUTPUT_CLOCK_FORMAT	hh:mm:ss
OUTPUT_DATE_FORMAT	yyyy-mm-dd
OUTPUT_DEGREE_FORMAT	+D
XY_TOGGLE	FALSE

Table 12: Parámetros de formateo de Entrada/Salida

ELLIPSOID	WGS-84
MAP_SCALE_FACTOR	default
MEASURE_UNIT	cm

Table 13: Parámetros relativos a la proyección

TIME_FORMAT_PRIMARY	full
TIME_FORMAT_SECONDARY	full
TIME_EPOCH	2000-01-01T00:00:00
TIME_IS_INTERVAL	OFF
TIME_INTERVAL_FRACTION	0.5
TIME_LANGUAGE	us
TIME_SYSTEM	j2000
TIME_UNIT	d
TIME_WEEK_START	Sunday
Y2K_OFFSET_YEAR	1950

Table 14: Parámetros de calendario y tiempo

INTERPOLANT	akima
LINE_STEP	0.025c
VECTOR_SHAPE	0
VERBOSE	FALSE

Table 15: Otros parámetros

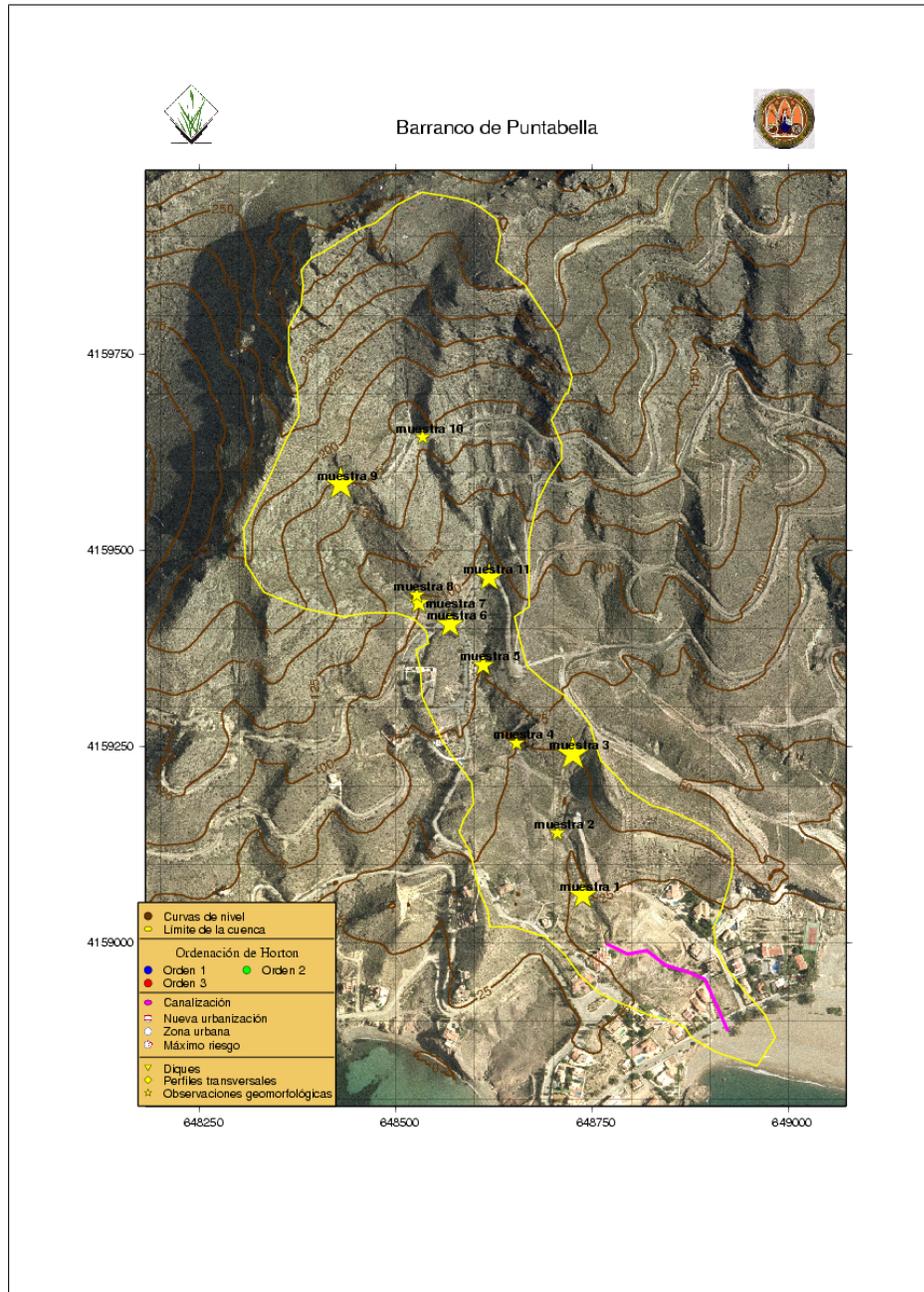


Figure 19: Mapa del Barranco de Puntabella

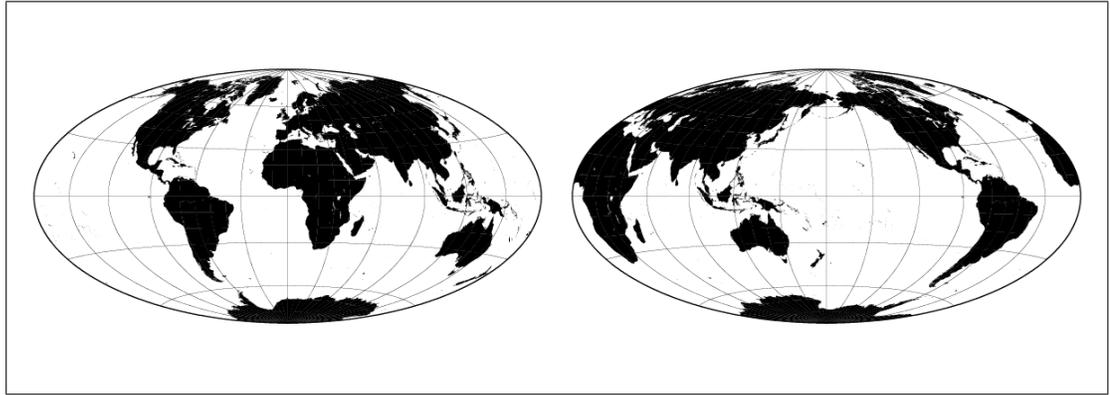


Figure 20: Representación planetaria con -Rg y -Rd

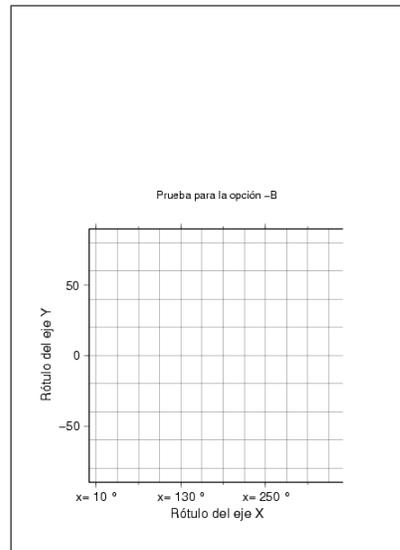


Figure 21: Utilización de las diversas posibilidades de la opción **-B**

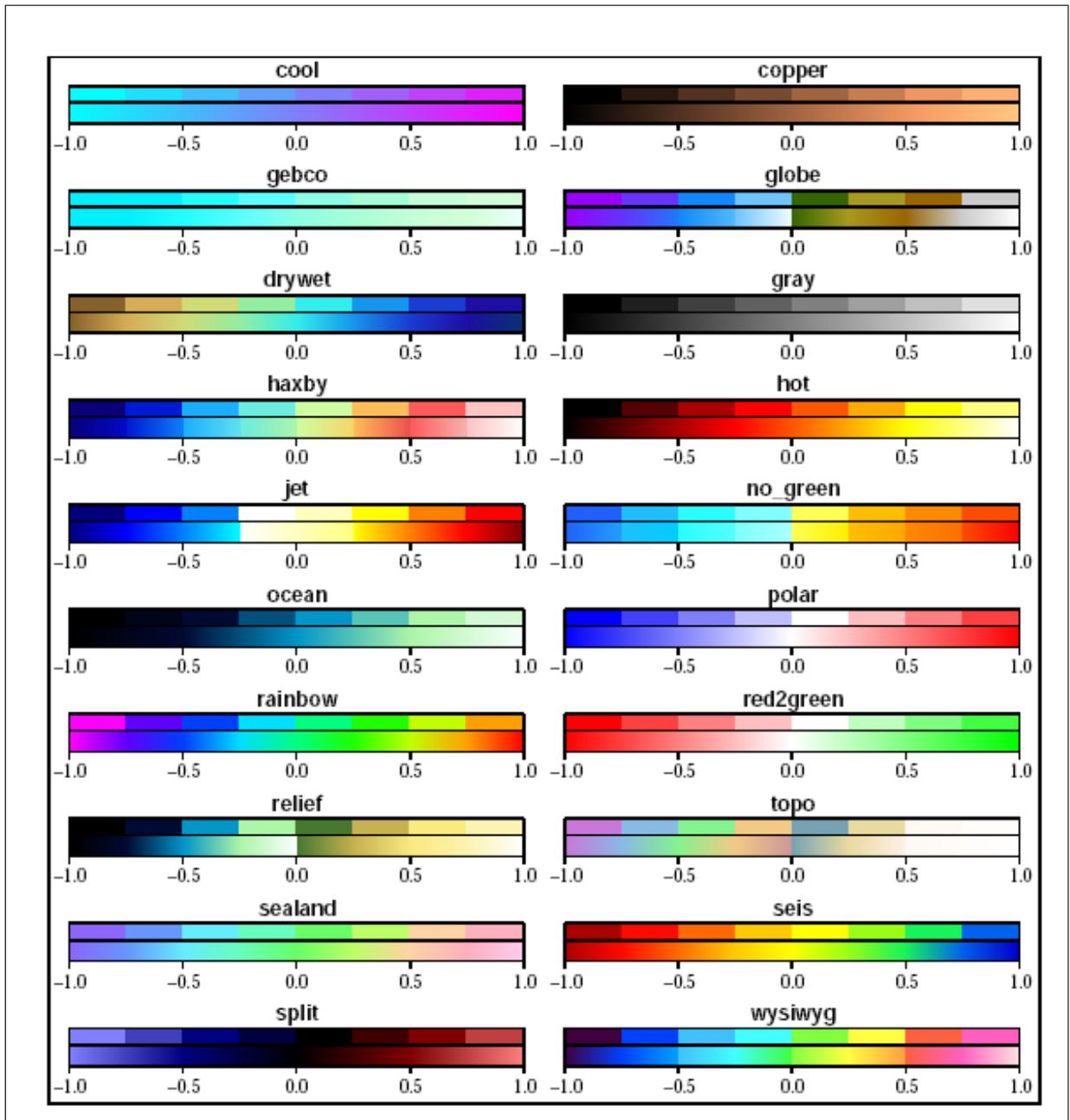


Figure 22: Modelos de paleta disponibles en GMT

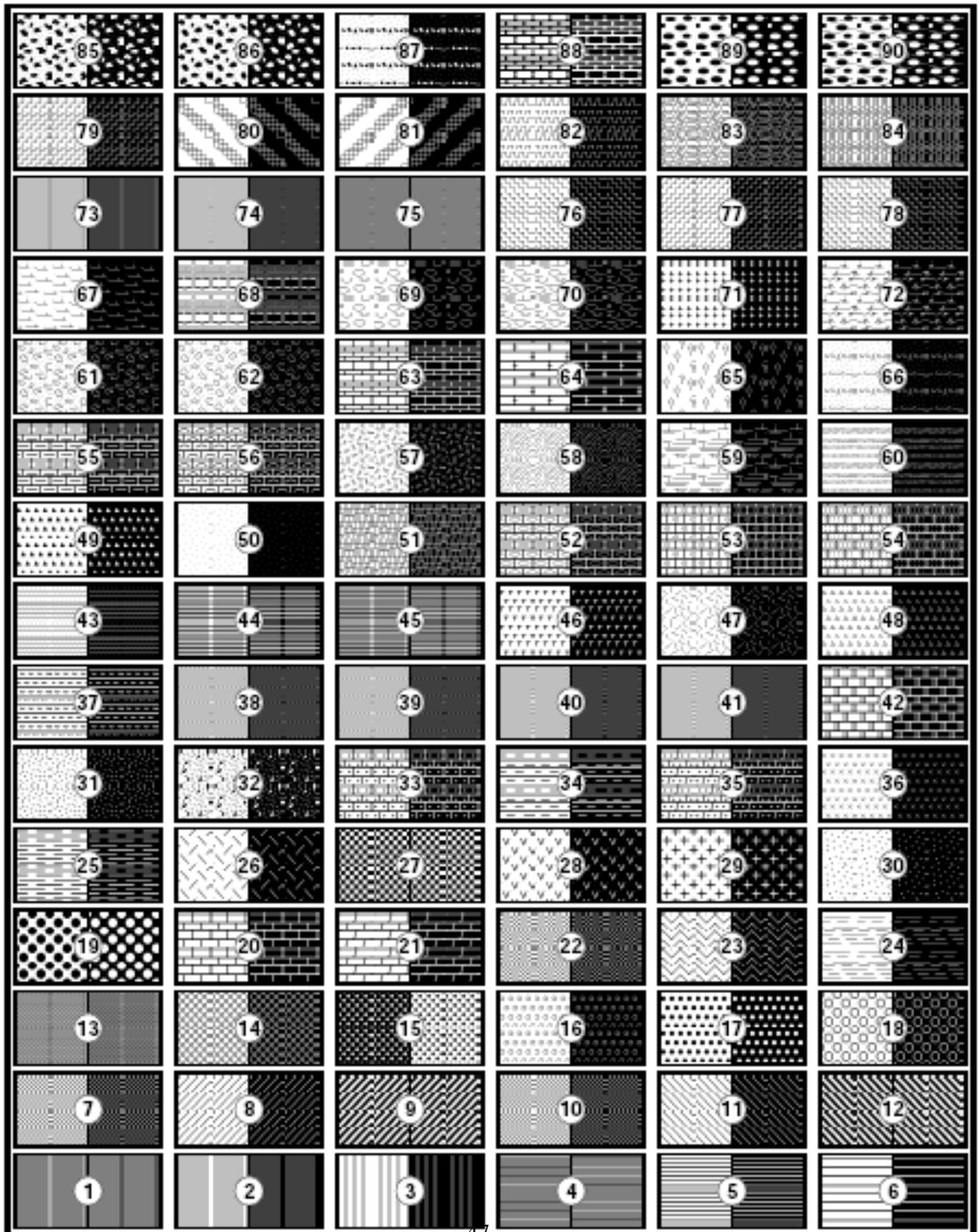


Figure 23: Modelos de patrones disponibles en GMT



octal	0	1	2	3	4	5	6	7
\03x		•	...	™	—	-	fi	ž
\04x		!	"	#	\$	%	&	'
\05x	(	)	*	+	,	-	·	/
\06x	0	1	2	3	4	5	6	7
\07x	8	9	:	;	<	=	>	?
\10x	@	A	B	C	D	E	F	G
\11x	H	I	J	K	L	M	N	O
\12x	P	Q	R	S	T	U	V	W
\13x	X	Y	Z	[	\	]	^	-
\14x	'	a	b	c	d	e	f	g
\15x	h	i	j	k	l	m	n	o
\16x	p	q	r	s	t	u	v	w
\17x	x	y	z	{		}	~	š
\20x	€	†	‡	£	/	<	Š	>
\21x	œ	ÿ	Ž	ł	‰	”	“	”
\22x	ı	`	´	^	-	-	˘	˙
\23x	”	,	°	,	,	˜	˚	˚
\24x		ı	¢	£	¤	¥	ı	§
\25x	”	©	ª	«	¬	-	®	¯
\26x	°	±	²	³	´	µ	¶	·
\27x	,	¹	º	»	¼	½	¾	¿
\30x	À	Á	Â	Ã	Ä	Å	Æ	Ç
\31x	È	É	Ê	Ë	Ì	Í	Î	Ï
\32x	Ð	Ñ	Ò	Ó	Ô	Õ	Ö	×
\33x	Ø	Ù	Ú	Û	Ü	Ý	Þ	ß
\34x	à	á	â	ã	ä	å	æ	ç
\35x	è	é	ê	ë	ì	í	î	ï
\36x	ð	ñ	ò	ó	ô	õ	ö	÷
\37x	ø	ù	ú	û	ü	ý	þ	ÿ

Figure 25: Caracteres disponibles en GMT (codificación ISOLatin1+)