

Curso “Paquete de Instrucción Básica para Meteorólogos” (PIB-M)

Semana 6 “Introducción práctica a SAGA GIS”

Capítulo 5

Algunas aplicaciones Climatológicas con SAGA GIS

Andrés Chazarra Bernabé (AEMET)

Octubre de 2022

Contenido

4 Algunas aplicaciones climatológicas con SAGA GIS	4
4.1 Cuestiones generales sobre los módulos o herramientas de SAGA GIS	4
4.2 Un ejemplo práctico: crear un mapa de temperatura media de marzo de 2016 en Andalucía a partir de los datos registrados en las estaciones	4
4.2.1 Abrir una tabla de datos desde SAGA GIS	5
4.2.2 Crear una capa de puntos a partir de una tabla	7
4.2.3 Salvar la capa que acabamos de crear	8
4.2.4 Representar los datos de temperatura en un mapa con la altitud y las provincias de fondo	10
4.2.5 Interpolación espacial de los datos de temperatura media de marzo de 2011 de Andalucía por el método Multilevel B-Spline	16
4.2.6 Recortar una capa ráster con una capa de polígonos	21
4.2.7 Copiar los ajustes gráficos de otra capa del proyecto	24
4.3. Interpolación espacial de datos mediante un modelo de regresión con interpolación de los residuos	26

4 Algunas aplicaciones climatológicas con SAGA GIS

4.1 Cuestiones generales sobre los módulos o herramientas de SAGA GIS

Hasta ahora hemos trabajado con capas tanto ráster como vectoriales que habían sido creadas previamente y nos hemos limitado a representarlas gráficamente utilizando la Interfaz Gráfica de Usuario GUI, pero aún no hemos creado ni editado ninguna capa. Nos falta aún por ver las herramientas más potentes de SAGA GIS y que son las que permiten crear y modificar capas: los módulos o herramientas (*tools*).

Desde la interfaz de SAGA podemos acceder a más de seiscientos módulos o herramientas (809 en la versión 8.3.0), un número muy elevado que da una idea de la enorme potencia de cálculo que ofrece SAGA. Resulta prácticamente imposible estudiar y aprender el manejo de todos y cada uno de los módulos, nosotros nos limitaremos a ver aquellos módulos fundamentales en los estudios de carácter climatológico.

Se puede acceder a cualquier módulo de dos formas:

- a) Desde la barra de menú, entrando en el apartado *Geoprocessing*.
- b) Desde la pestaña *Tools* de la ventana *Manager*, en la que se encuentran los módulos disponibles agrupados en librerías.

En los módulos encontraremos frecuentemente estos símbolos, cuyo significado especificamos:

- >> Capa de entrada obligatoria
- > Capa de entrada opcional
- << Capa de salida obligatoria
- < Capa de salida opcional

Mediante el siguiente ejemplo veremos el manejo básico de los módulos.

4.2 Un ejemplo práctico: crear un mapa de temperatura media de marzo de 2016 en Andalucía a partir de los datos registrados en las estaciones

Vamos a comenzar un nuevo proyecto en el que partiremos de una tabla con los datos de temperatura media del aire del mes de marzo de 2016 registrados en las estaciones de AEMET en Andalucía. Nuestro primer objetivo será representar espacialmente la localización de estaciones, marcando su posición con un punto, y añadiremos en la posición de cada estación una etiqueta con el valor registrado; a continuación, interpolaremos espacialmente dichos valores para obtener un campo de temperatura en formato ráster.

Utilizaremos los siguientes datos y capas que se encuentran en el archivo comprimido *Andalucía.zip*:

a) *Tmar2011_And.dbf* → Tabla en formato DBF con las coordenadas y los datos de temperatura media de marzo de 2011 de las estaciones de Andalucía contenidos de la Base de Datos Climatológica de AEMET.

b) *MDE1000_And.sgrd* → Modelo digital de elevaciones (concretamente el GTOPO30) con una resolución de 1000m para Andalucía y alrededores, en formato ráster de SAGA GIS.

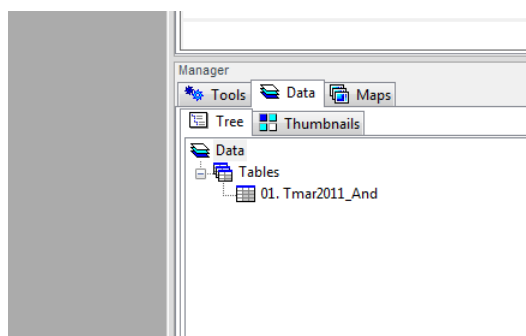
c) *Provincias_And.sgrd* → Capa vectorial de polígonos con las provincias andaluzas.

Las capas y datos se encuentran en el sistema de referencia ED50 / UTM zona 30N.

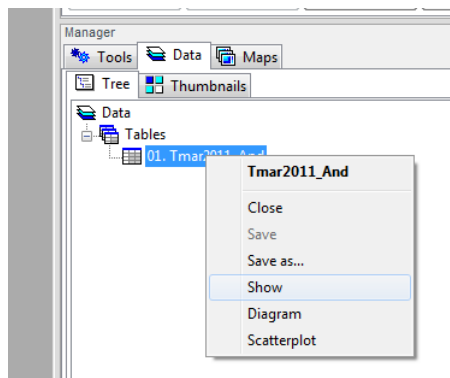
4.2.1 Abrir una tabla de datos desde SAGA GIS

Abrimos SAGA GIS con un proyecto en blanco (ejecuta *File/Project/Close Project* si tienes un proyecto anterior en pantalla).

Añadimos al proyecto la tabla *Tmar2011_And.dbf* con el comando *File/Table/Load*. En la pestaña *Data* de la ventana *Manager* comprobamos que tenemos un proyecto que contiene únicamente una tabla denominada *01.Tmar2011_And*



Siempre que añadimos una tabla a un proyecto es conveniente mostrarla para comprobar que SAGA la ha reconocido correctamente (son especialmente típicos los problemas debidos a la utilización de separadores decimales diferentes entre SAGA y el programa desde el que se ha creado la tabla). Para verla, pinchamos con el botón derecho sobre el nombre de la tabla y escogemos la opción *Show*.



Se muestra la tabla de datos en una ventana como la siguiente:

	C_X	C_Y	INDICATIVO	NOMBRE	ALTITUD	NOM_PROV	TMAR2011
1	275940	4245055	4258	FUENTE OBEJL	571	CORDOBA	10.400000
2	294882	4254053	4263X	VALSEQUILLO	575	CORDOBA	10.200000
3	314323	4263513	4267X	HINOJOSA DE	540	CORDOBA	10.700000
4	326912	4258328	4274	VILLARALTO	583	CORDOBA	11.100000
5	337985	4249431	4275	POZOBLANCC	649	CORDOBA	11.300000
6	173835	4203813	4515	GALAROZA	554	HUELVA	11.300000
7	150914	4211462	4527X	AROCHE, MA	260	HUELVA	11.300000
8	100768	4166119	4541U	EL GRANADO	60	HUELVA	13.300000
9	100768	4166119	4541X	EL GRANADO	60	HUELVA	13.500000
10	109556	4145701	4544E	SAN SILVESTRI	90	HUELVA	13.600000
11	118729	4128310	4546M	ISLA CRISTINA	23	HUELVA	12.800000
12	109933	4125717	4549B	AYAMONTE (I	2	HUELVA	14.000000
13	109933	4125717	4549Y	AYAMONTE, P	2	HUELVA	13.900000
14	134510	4127546	4554E	CARTAYA (PEI	20	HUELVA	13.100000
15	137775	4127065	4554X	CARTAYA, PE	15	HUELVA	13.200000
16	148369	4122228	4555	PUNTA UMBR	5	HUELVA	15.400000
17	186778	4200003	4558A	ARACENA (SE	730	HUELVA	9.100000
18	176852	4197794	4560Y	ALAJAR, CABE	572	HUELVA	10.900000
19	166863	4198410	4563	ALMONASTER	610	HUELVA	11.400000

Vemos que contiene datos y coordenadas de 245 estaciones. Contiene las siguientes variables:

C_X → Coordenada X de la estación en el sistema de referencia ED50/UTM zona 30N, en metros.

C_Y → Coordenada Y de la estación en el sistema de referencia ED50/UTM zona 30N, en metros.

INDICATIVO → Indicativo climatológico de la estación.

NOMBRE → Nombre de la estación.

ALTITUD → Altitud de la estación, en metros.

NOM_PROV → Nombre de la provincia a la que pertenece la estación.

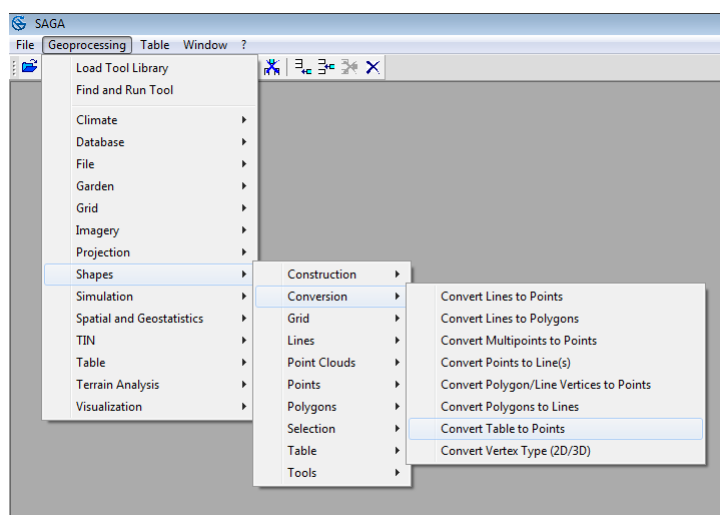
TMAR2011 → Temperatura media de marzo de 2011, en °C.

Una vez comprobado que SAGA ha reconocido correctamente la tabla cerramos la ventana que nos muestra la tabla pinchando en el botón X del extremo superior derecho de la ventana.

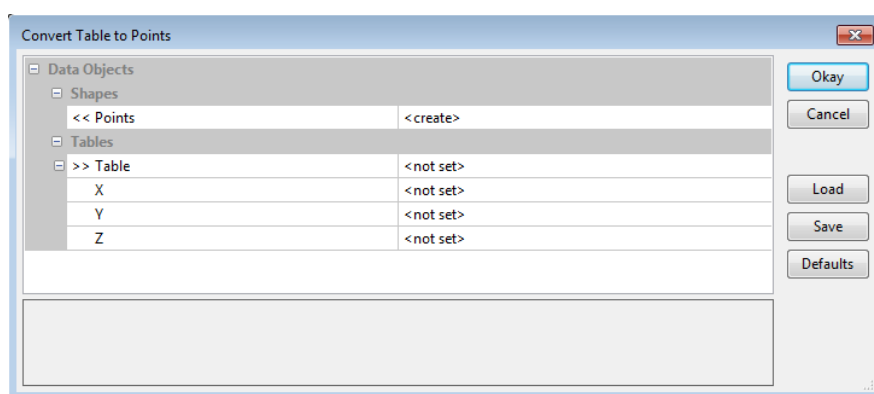
4.2.2 Crear una capa de puntos a partir de una tabla

Para representar espacialmente los datos de temperatura debemos crear antes una capa vectorial de puntos a partir de la tabla de datos.

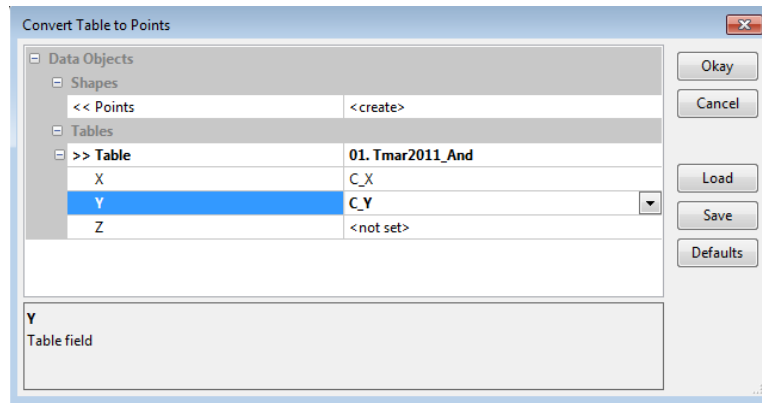
Abrimos la herramienta **Convert Table to Points** (Convertir una tabla en capa de puntos) desde la barra de menú en *Geoprocessing/Shapes/Conversion/Convert Table to Points*.



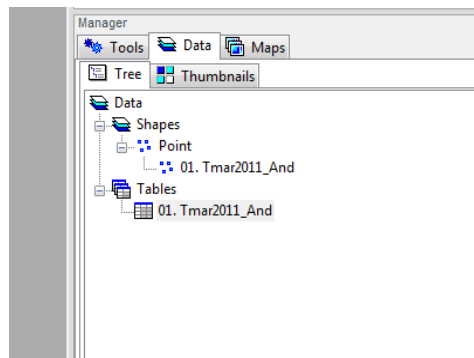
Se abrirá una ventana como la siguiente:



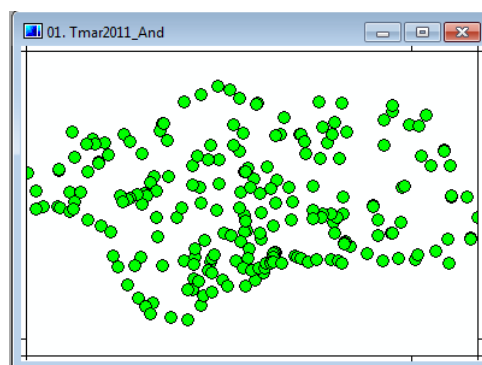
Este módulo crea una capa de puntos a partir de la tabla que especifiquemos en '>>Table', tomando como coordenadas X e Y las columnas de la tabla que elijamos. Escogemos *01.Tmar2011_And* como tabla de entrada y los campos *C_X* y *C_Y* de la tabla como coordenadas X e Y respectivamente y pulsamos en el botón *Okay*.



Vemos en la pestaña Data que se ha creado una capa de puntos llamada igual que la tabla, *01.Tmar2011_And*

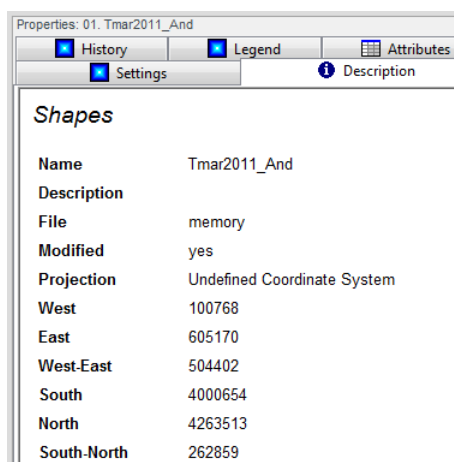


Mostramos la capa de puntos recién creada en un mapa para comprobar que la hemos creado correctamente

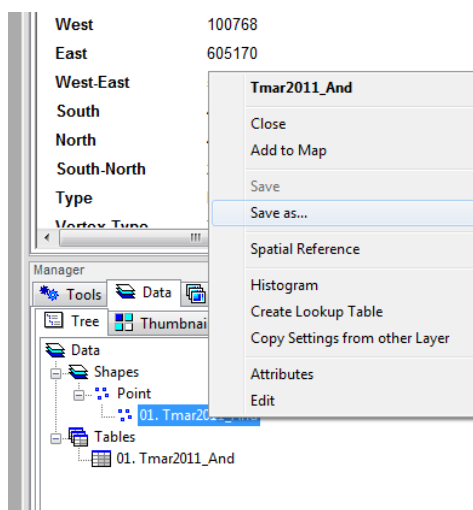


4.2.3 Salvar la capa que acabamos de crear

Las capas que creamos al ejecutar una herramienta se encuentran en archivos temporales, como podemos comprobar seleccionando la capa de puntos *01.Tmar2011_And* y mirando en la pestaña *Description* de la ventana de propiedades del objeto.

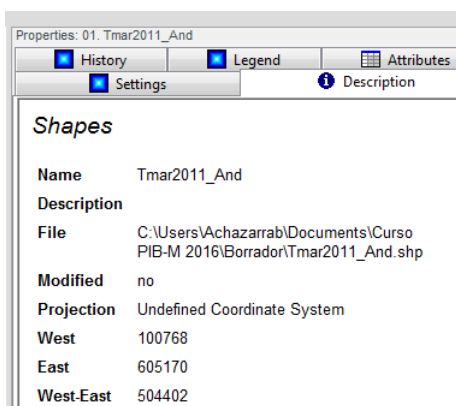


Vemos que en *File* se especifica que está guardado en la memoria temporal. Para salvar la capa, pinchamos con el botón derecho sobre su nombre en la pestaña *Data* y elegimos *Save As...*



Elegimos el directorio y el nombre con el que queremos guardar la capa y pulsamos en *Guardar*.

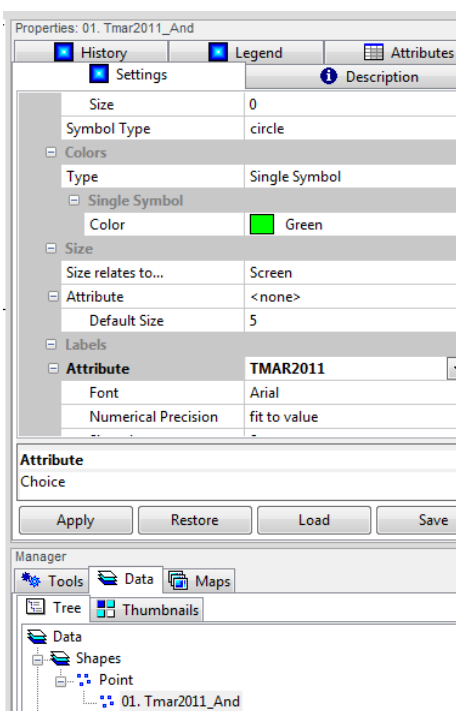
Volviendo a la pestaña *Description*, vemos ahora en *File* el directorio y el nombre con el que está salvada la capa [NOTA: es posible que sigamos viendo *memory* en el apartado *File* por no haberse actualizado la ventana; en ese caso, seleccionamos cualquier otro elemento de la pestaña *Data* y a continuación volvemos a seleccionar la capa de puntos, con lo que refrescamos la pestaña *Description*, que se verá ahora correctamente]



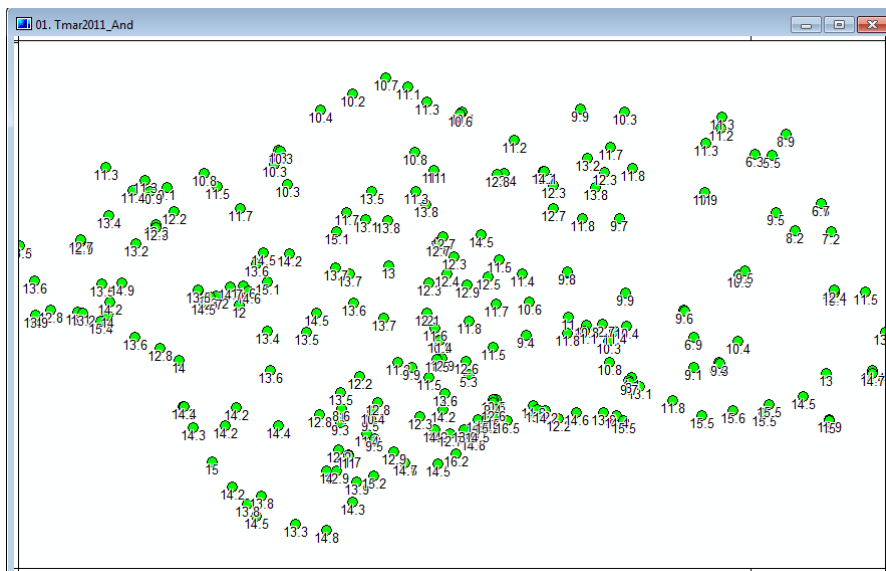
4.2.4 Representar los datos de temperatura en un mapa con la altitud y las provincias de fondo

Vamos a etiquetar las estaciones con sus valores de temperatura y a mejorar la presentación añadiendo a nuestro mapa las capas de altitud y de provincias y modificando los ajustes gráficos de las capas. El proceso es similar al que seguimos en el proyecto nuestro primer proyecto para representar el mapa de precipitación anual media de Andalucía, por lo que ahora explicaremos los pasos con menos detalle.

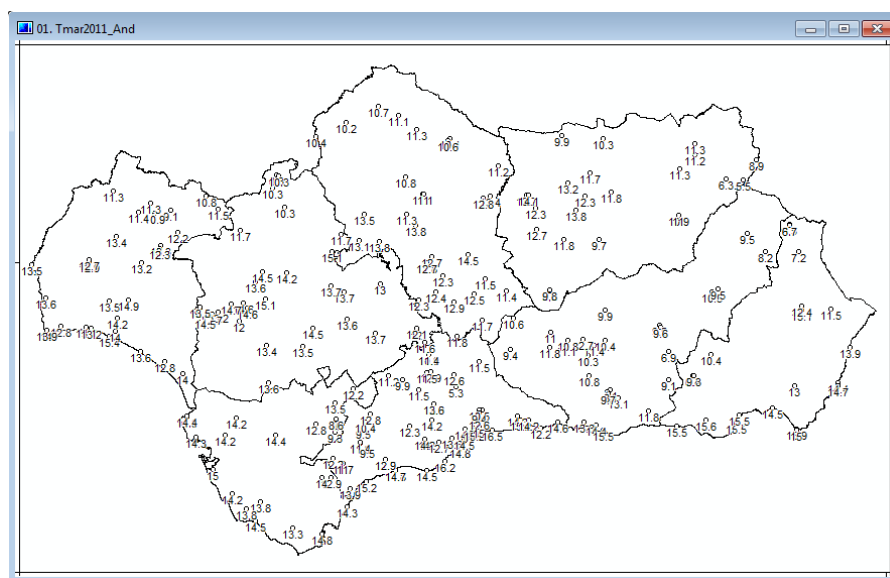
Comenzamos añadiendo las etiquetas con los datos de temperatura media de marzo de 2011: teniendo seleccionada la capa *Tmar2011_And* vamos a la pestaña *Settings* y seleccionamos en la opción *Attribute* del apartado *Labels* la variable *TMAR2011*



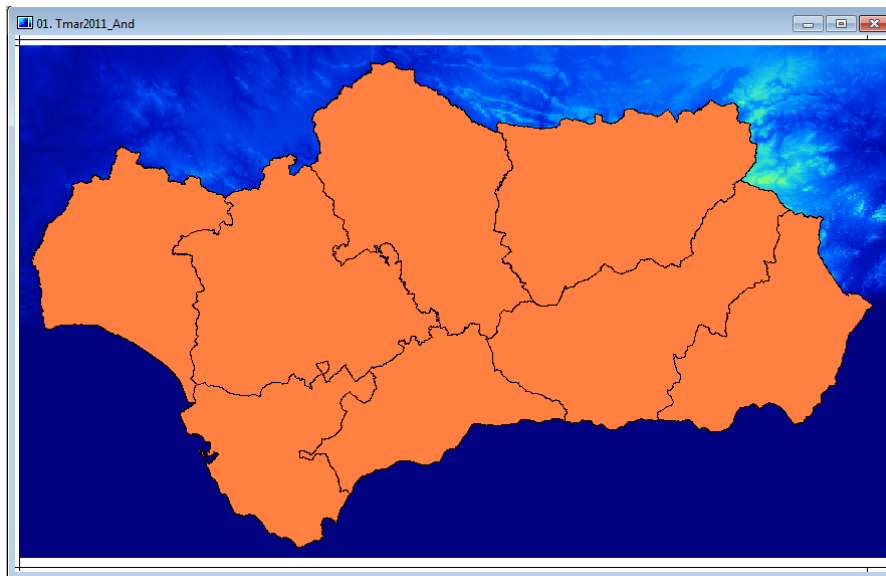
y pulsamos en *Apply*.



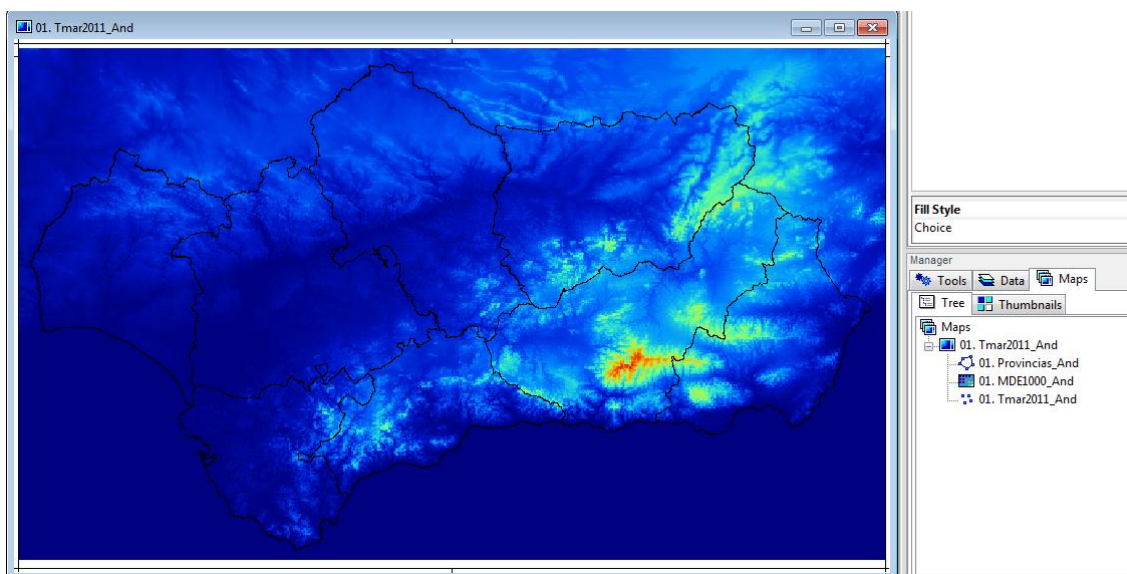
Podemos modificar el tamaño de las etiquetas y de los puntos desde la pestaña *Settings* para verlos mejor: seleccionamos, por ejemplo, un tamaño de 8 puntos para las etiquetas y de 2 para los símbolos, y escogemos un color blanco para el fondo de los símbolos.



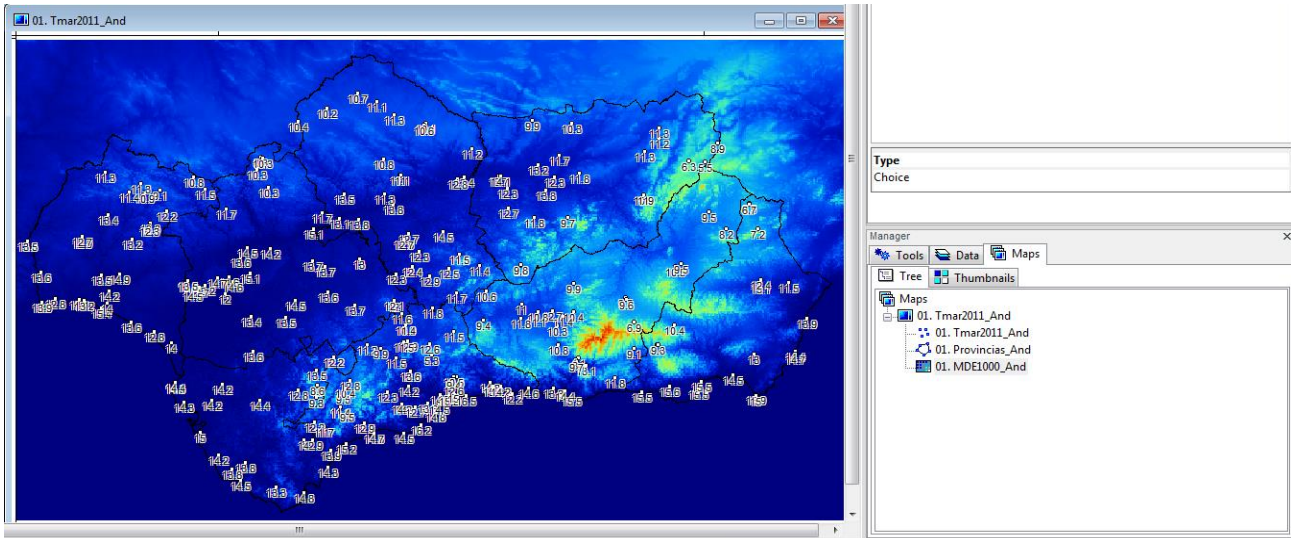
Añadimos ahora a nuestro proyecto las capas *MDE1000_And.sgrd* y *Provincias_And.shp* con los comandos *File/Grid/Load* y *File/Shape/Load* respectivamente, y los mostramos en el mapa de nuestro proyecto con botón derecho → *Add to Map* desde la pestaña *Data*.



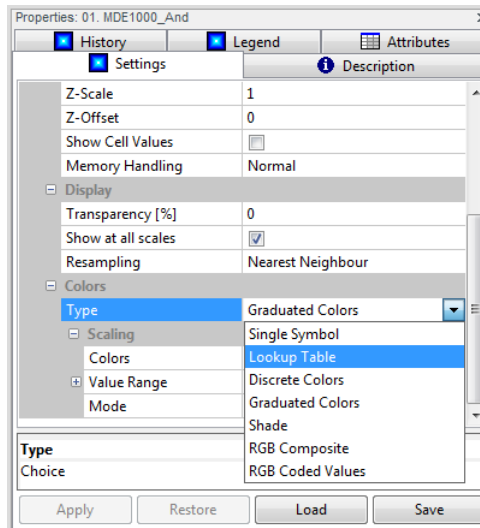
Comenzaremos a mejorar la presentación haciendo transparente el fondo de la capa de provincias: la seleccionamos en la pestaña *Data* y a continuación en la pestaña *Settings* elegimos *Display/File Style* → *Transparent* y pulsamos en *Apply*



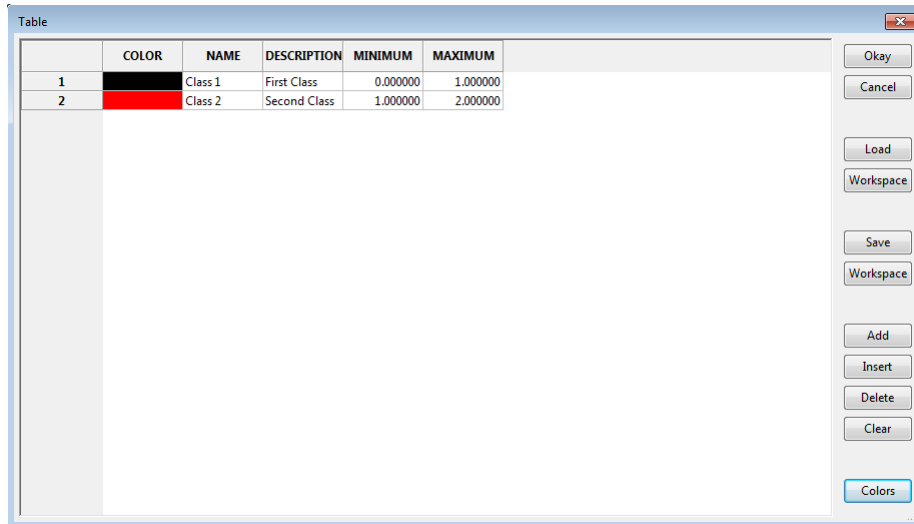
Seguramente no veremos la capa de puntos con los datos de temperatura por quedar debajo de la capa de altitud en el mapa. Vamos entonces a la pestaña *Maps* y la movemos hacia arriba pinchando sobre ella y arrastrando hasta situarla encima de las otras dos capas:



A continuación vamos a cambiar la escala de color de la capa de altitud ya que la que SAGA escoge por defecto, con colores que van del azul marino al rojo intenso, resulta poco adecuada para representar altitudes. Lo más adecuado es utilizar una tabla de colores. Podemos crearla nosotros mismos como hicimos en el caso de la precipitación, pero ahora vamos a utilizar una tabla creada y salvada previamente, la tabla de colores *Tabla_Altitud.dbf* contenida en el archivo *Andalucía.zip*. Para aplicarla, seleccionamos la capa *MDE1000_And* y en la pestaña *Settings* elegimos *Colors/Type* → *Lookup Table*

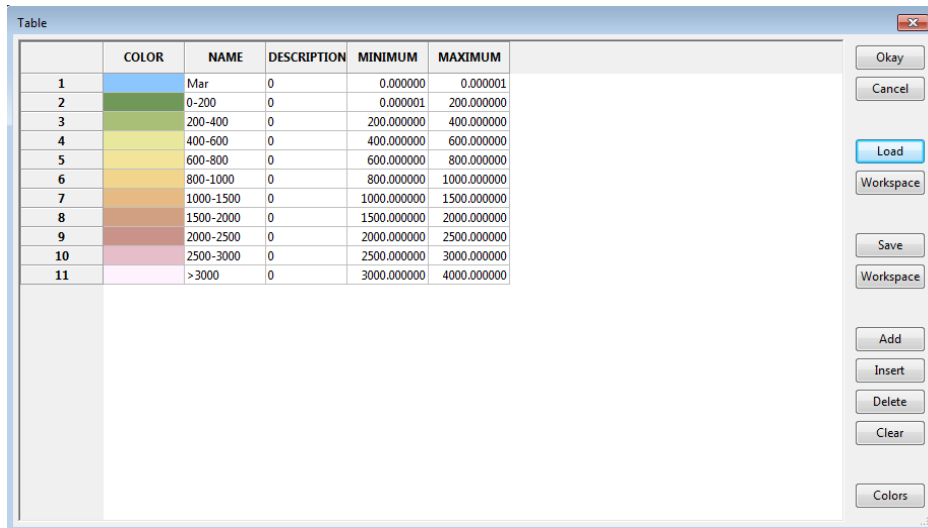


Pinchamos en el botón con los puntos suspensivos de *Colors/Lookup Table/Table* para desplegar la ventana de la tabla de color y pinchamos en el botón *Load* de esta ventana para cargar la tabla de colores



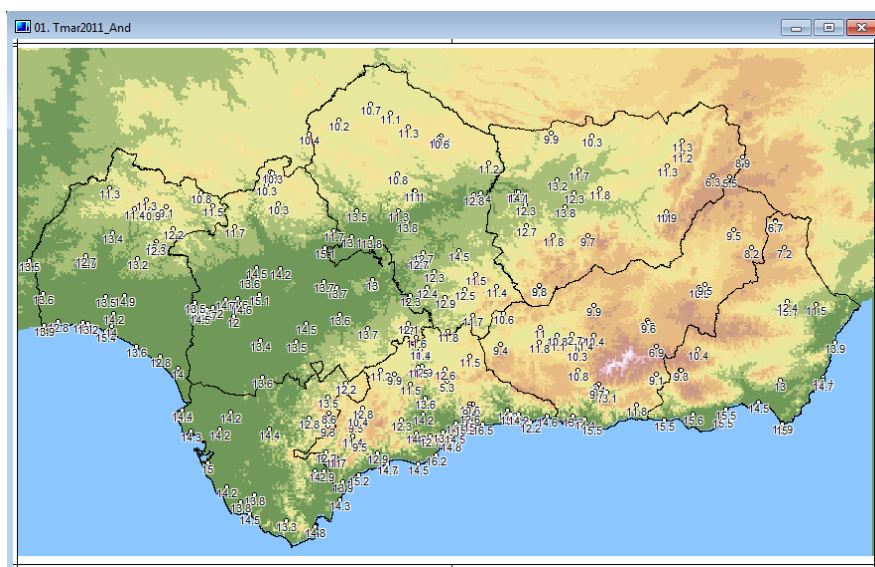
	COLOR	NAME	DESCRIPTION	MINIMUM	MAXIMUM
1	Black	Class 1	First Class	0.000000	1.000000
2	Red	Class 2	Second Class	1.000000	2.000000

Seleccionamos la dirección en la que se encuentra *Tabla_Altitud.dbf* y pulsamos en el botón *Abrir*. Vemos ahora la tabla de colores en la ventana:

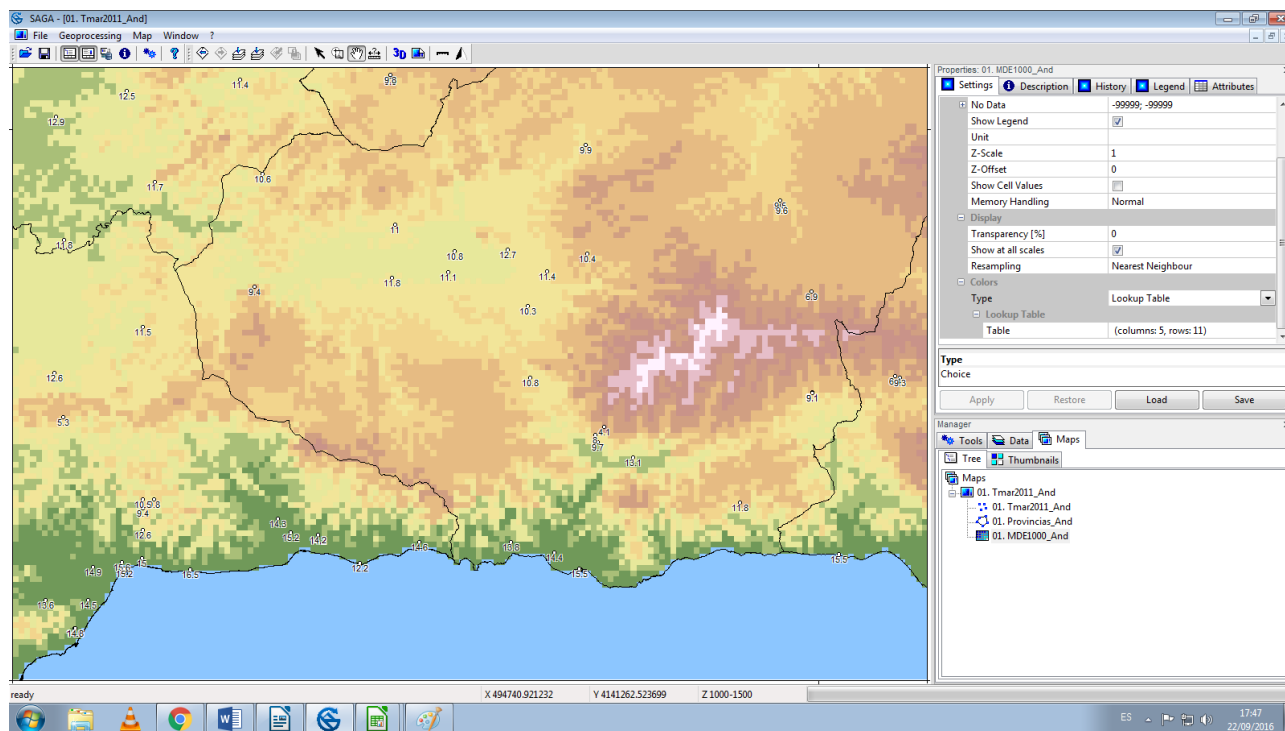


	COLOR	NAME	DESCRIPTION	MINIMUM	MAXIMUM
1	Blue	Mar	0	0.000000	0.000001
2	Green	0-200	0	0.000001	200.000000
3	Light Green	200-400	0	200.000000	400.000000
4	Yellow	400-600	0	400.000000	600.000000
5	Light Yellow	600-800	0	600.000000	800.000000
6	Orange	800-1000	0	800.000000	1000.000000
7	Light Orange	1000-1500	0	1000.000000	1500.000000
8	Brown	1500-2000	0	1500.000000	2000.000000
9	Light Brown	2000-2500	0	2000.000000	2500.000000
10	Pink	2500-3000	0	2500.000000	3000.000000
11	Light Pink	>3000	0	3000.000000	4000.000000

Finalmente, pulsamos en *Okay* y en *Apply* y se mostrará el mapa con la escala elegida para representar la altitud:



Debido al elevado número de estaciones resulta difícil ver con claridad todos los datos de temperatura simultáneamente, especialmente en las zonas en las que existen estaciones muy cercanas entre sí. Pero simplemente haciendo más grande la ventana en la que se representa el mapa distinguiremos mejor unos datos de otros, y haciendo zoom en las zonas de mayor aglomeración de datos podremos distinguir incluso los más cercanos entre sí:



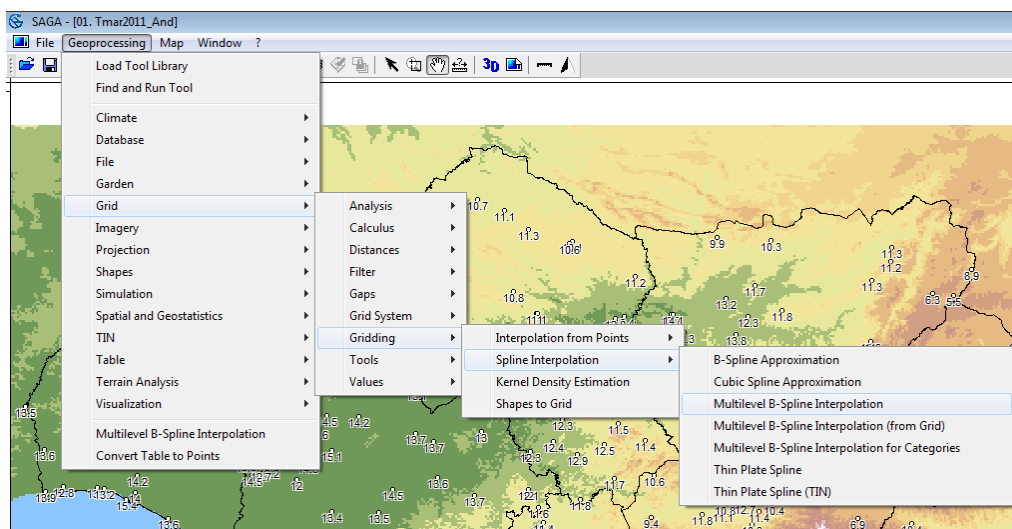
A continuación, salvamos el proyecto con *File/Project/Save Project As...* como *T_mar2011_Andalucía.sprj*.

4.2.5 Interpolación espacial de los datos de temperatura media de marzo de 2011 de Andalucía por el método Multilevel B-Spline

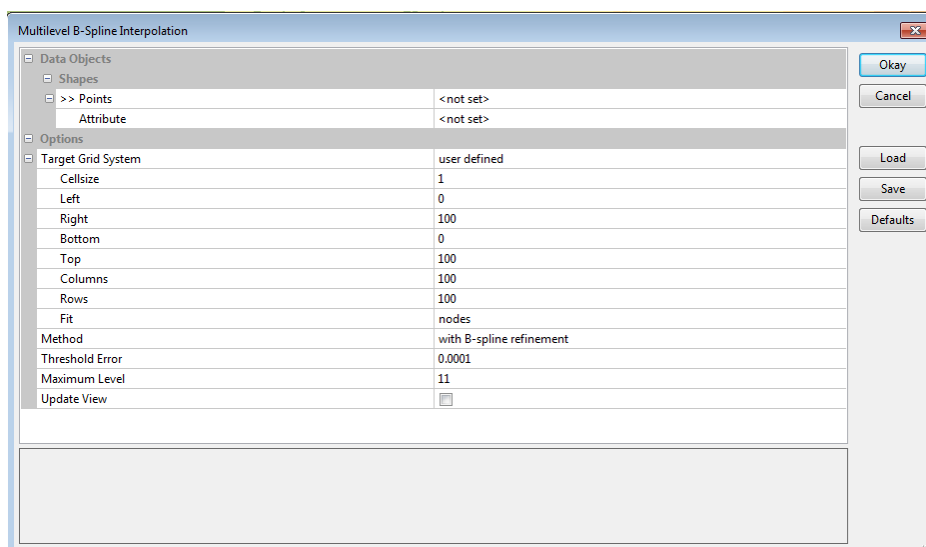
En el apartado anterior hemos visto cómo representar los datos registrados en las estaciones climatológicas, pero a menudo lo que nos interesa es crear un campo en formato ráster de la variable de interés, en este caso de la temperatura media mensual.

La interpolación espacial nos permite estimar el campo de temperatura media a partir de los datos registrados en las estaciones de medida. Existen muchos métodos de interpolación, desde métodos sencillos hasta otros francamente complejos cuya correcta aplicación precisa de grandes conocimientos matemáticos y estadísticos. SAGA GIS es un Sistema de Información Geográfica muy potente en este aspecto e incluye un elevado número de métodos de interpolación. Para nuestro ejemplo utilizaremos un método sencillo que suele proporcionar buenos resultados con variables que varían de forma suave y continua en el espacio, sin cambios abruptos o discontinuos, como es la temperatura del aire: el *Multilevel B-Spline*.

El módulo a ejecutar se encuentra en *Geoprocessing/Grid/Gridding/Spline Interpolation/Multilevel B-Spline Interpolation*



Al ejecutarlo se abrirá la ventana siguiente:



En >>*Points* debemos indicar la capa de puntos que contiene los datos y en *Attribute* el atributo de dicha capa que queremos interpolar. Elegiremos como capa *01. Tmar2011_And* y como atributo *TMAR2011*

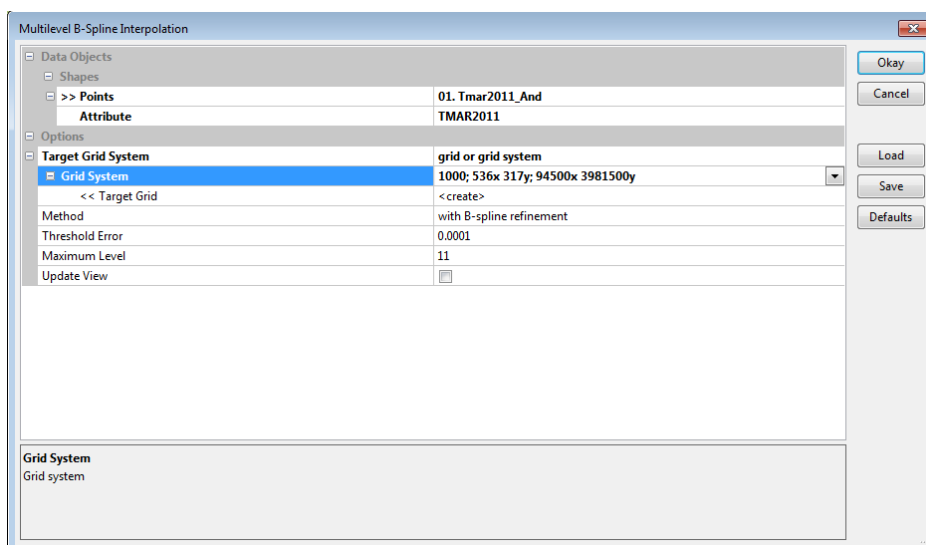
En *Target Grid System* tenemos dos opciones para definir la geometría de la capa ráster resultante:

user defined → Especificaremos manualmente la geometría de la capa ráster resultante, es decir, sus límites y su tamaño de celda.

grid or grid system → La capa ráster resultante tendrá igual geometría que el de una capa ráster ya existente en el proyecto.

En nuestro ejemplo tenemos ya una capa ráster en el proyecto, la del modelo digital de elevaciones, que nos servirá para definir la geometría de la capa de temperatura interpolada: escogemos por tanto la opción *grid or grid system* en *Target Grid*.

Aparece entonces justo debajo el campo *Grid System*. Pinchando en él aparecerán las geometrías de las capas ráster del proyecto: en nuestro caso solo hay una, la de la capa de altitudes, que seleccionaremos.



La geometría aparece como una ristra de números y letras, cuyo significado en nuestro ejemplo es el siguiente:

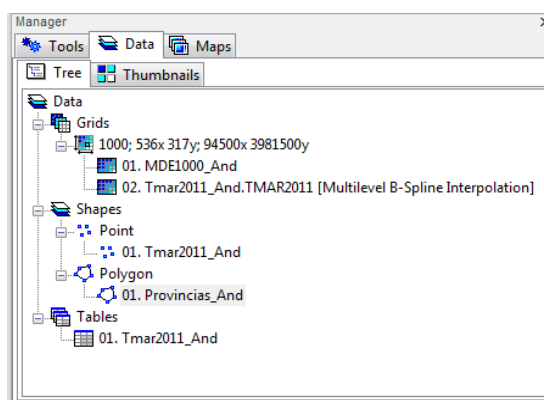
1000 → **tamaño de las celdas** en las unidades de la proyección (en nuestro caso metros)

536x 317y → **nº de celdas** de la capa **en los ejes X e Y**

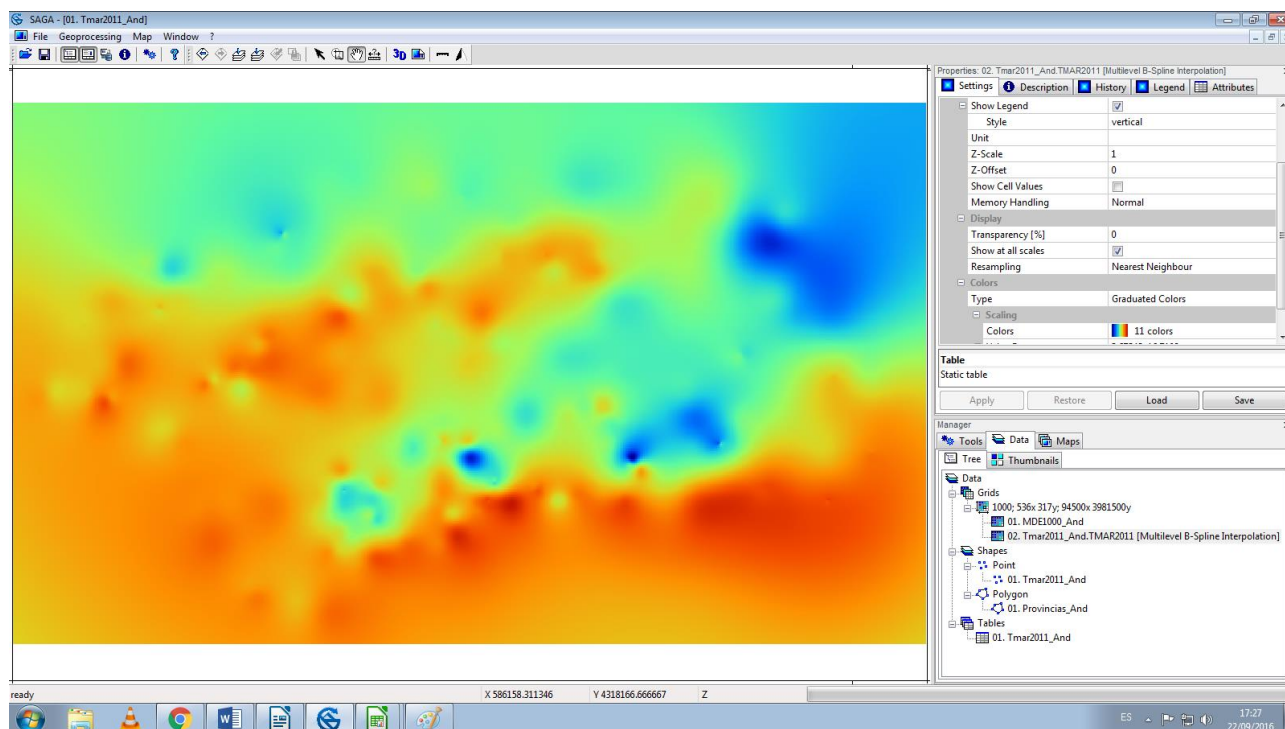
94500x 3981500y → **coordenadas X e Y** del centro de la **celda inferior izquierda** de la capa

El resto de opciones las dejaremos tal y como vienen por defecto ya que suelen dar un buen resultado sin necesidad de modificarlas. Pinchamos en el botón *Okay* y comenzará el proceso de interpolación, que apenas durará unos segundos.

En la pestaña *Data* veremos que se ha creado la capa ráster interpolada que se llamará por defecto *Tmar2011_And.TMAR2011 [Multilevel B-Spline Interpolation]*



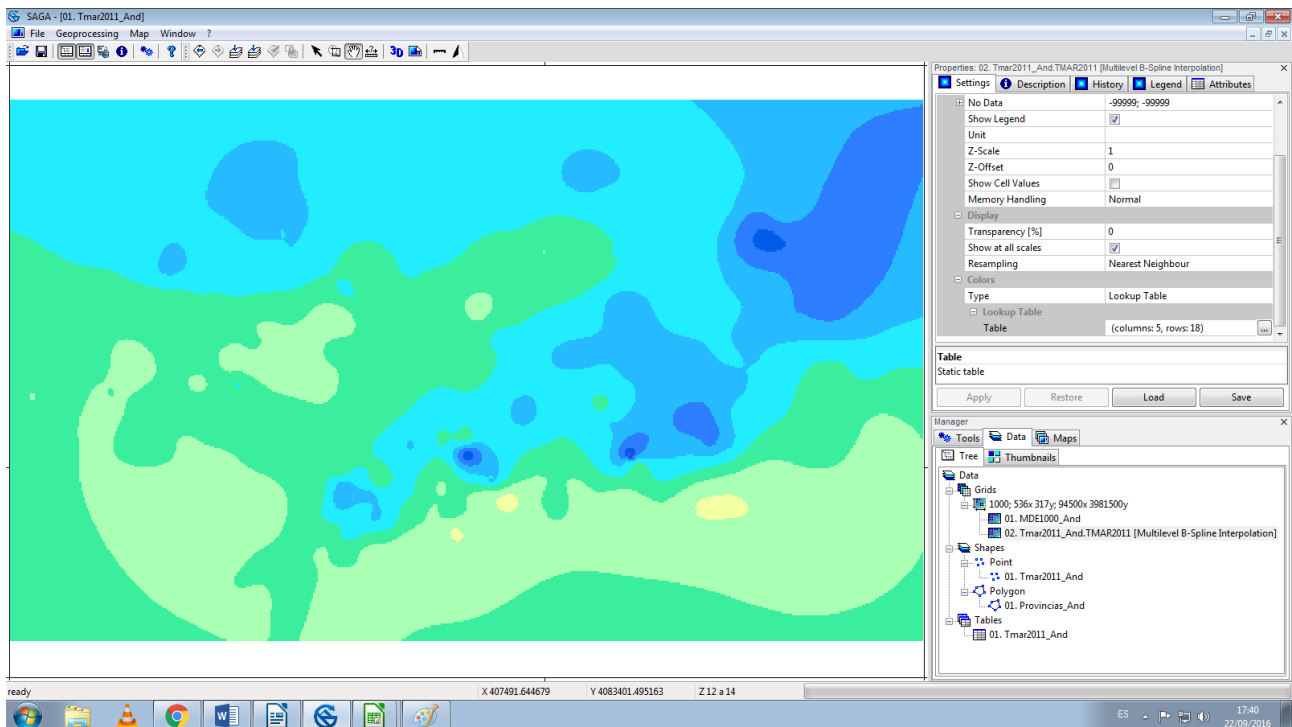
La mostramos en el mapa:



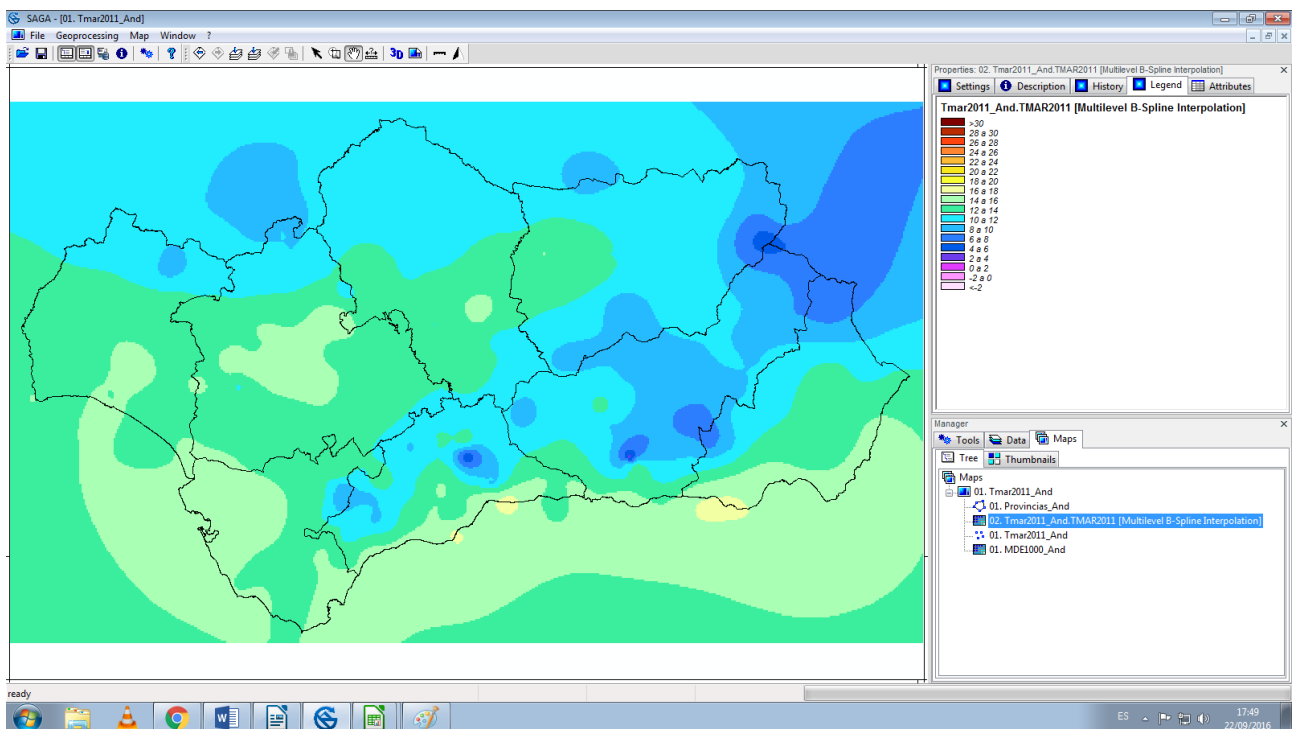
Si seleccionamos la nueva capa y vamos a la pestaña *Description* comprobaremos que toma valores comprendidos entre 3.67 y 16.71°C. Para representarla con una escala de colores más adecuada que la que sale por defecto escogeremos la opción *Colors: Type* → *Lookup Table* en la pestaña *Settings* de la capa y utilizaremos la tabla de color *Tabla_T.txt* que se encuentra en la carpeta *Tablas de Color*; para ello, pinchamos en el botón *Load* y la seleccionamos.

	COLOR	NAME	DESCRIPTION	MINIMUM	MAXIMUM
1		<-2	C18	-100.000000	-2.000000
2		-2 a 0	C17	-2.000000	0.000000
3		0 a 2	C16	0.000000	2.000000
4		2 a 4	C15	2.000000	4.000000
5		4 a 6	C14	4.000000	6.000000
6		6 a 8	C13	6.000000	8.000000
7		8 a 10	C12	8.000000	10.000000
8		10 a 12	C11	10.000000	12.000000
9		12 a 14	C10	12.000000	14.000000
10		14 a 16	C09	14.000000	16.000000
11		16 a 18	C08	16.000000	18.000000
12		18 a 20	C07	18.000000	20.000000
13		20 a 22	C06	20.000000	22.000000
14		22 a 24	C05	22.000000	24.000000
15		24 a 26	C04	24.000000	26.000000
16		26 a 28	C03	26.000000	28.000000
17		28 a 30	C02	28.000000	30.000000
18		>30	C01	30.000000	100.000000

Pinchamos en *Okay* y veremos el mapa con el siguiente aspecto:

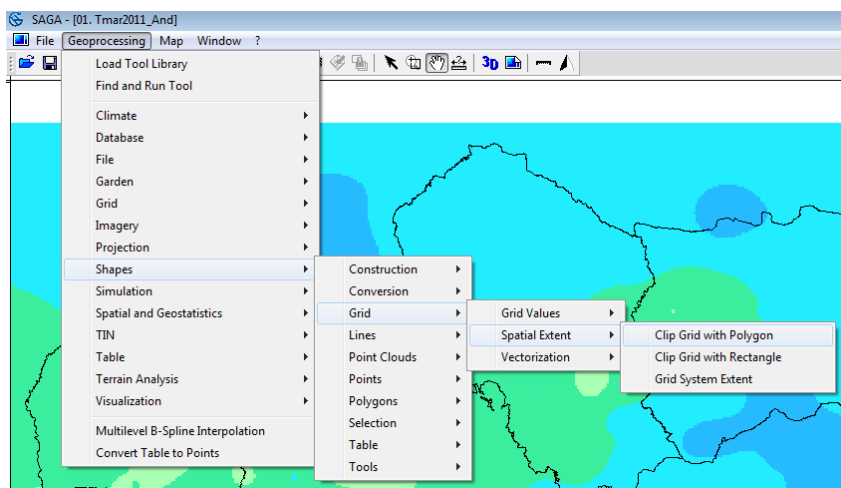


A continuación, cambiamos el orden de representación de las capas del mapa: situamos la capa de provincias encima de la capa de temperatura.



4.2.6 Recortar una capa ráster con una capa de polígonos

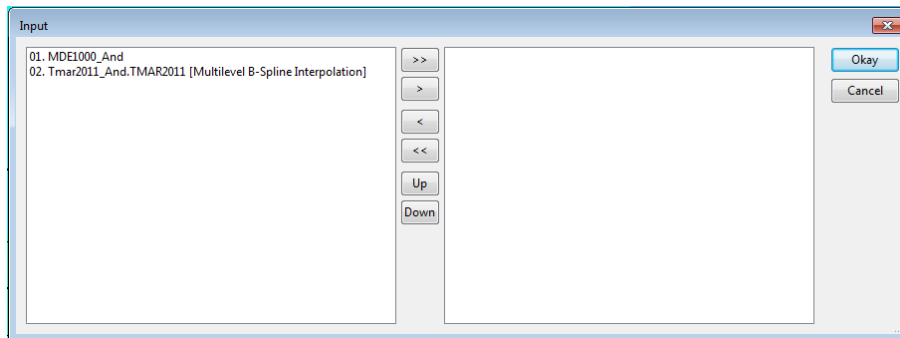
Vemos que la interpolación estima valores en todo el rectángulo definido en el *Grid System*. Para eliminar los valores que quedan fuera de Andalucía ejecutamos la herramienta *Geoprocessing/Shapes/Grid/Spatial Extent/Clip Grid with Polygon* que recorta una capa ráster siguiendo los límites de una capa de polígonos:



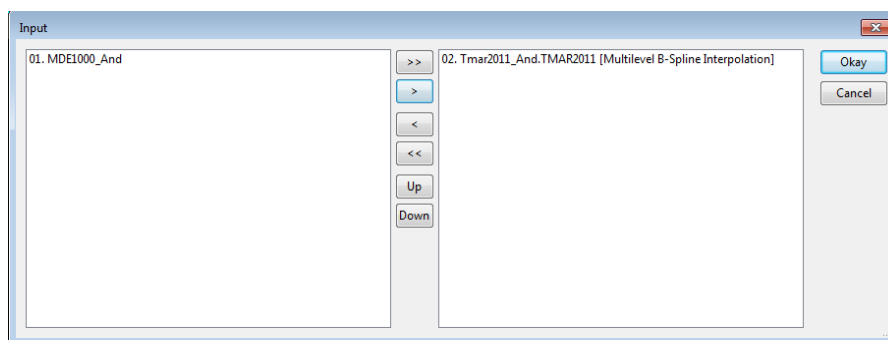
Aparecerá la siguiente ventana:



Comenzamos pinchando en la opción *Grid system* para elegir la geometría de la capa que queremos recortar, y a continuación pinchamos en la opción Input. Aparecerán las capas ráster del proyecto que tienen la geometría especificada:

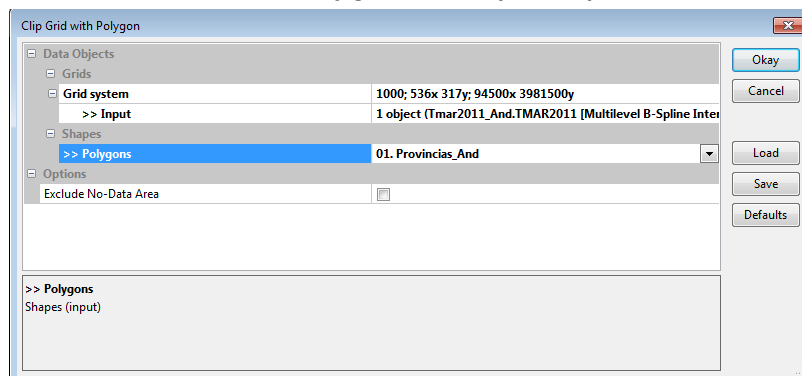


Marcamos la capa *Tmar2011_And.TMAR2011[Multilevel B-Spline Interpolation]* y pinchamos en el botón > para seleccionarla, con lo que pasará al recuadro de la derecha de la ventana:

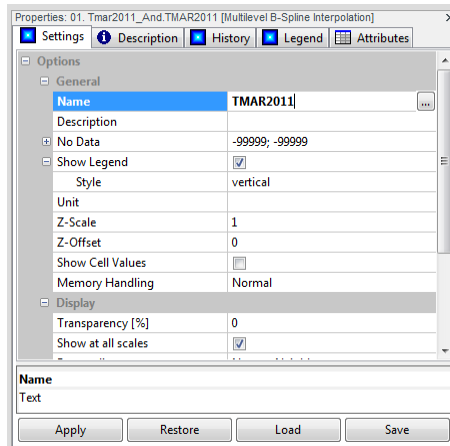


La capas que están en el recuadro de la derecha (solo una en nuestro ejemplo, pero podemos seleccionar varias) se recortarán según la capa de polígonos que especificaremos después; este tipo de selección permite recortar de una sola vez varias capas ráster. Pinchamos en *Okay*.

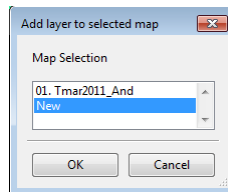
A continuación seleccionamos en >>*Polygons* la capa de provincias andaluzas:



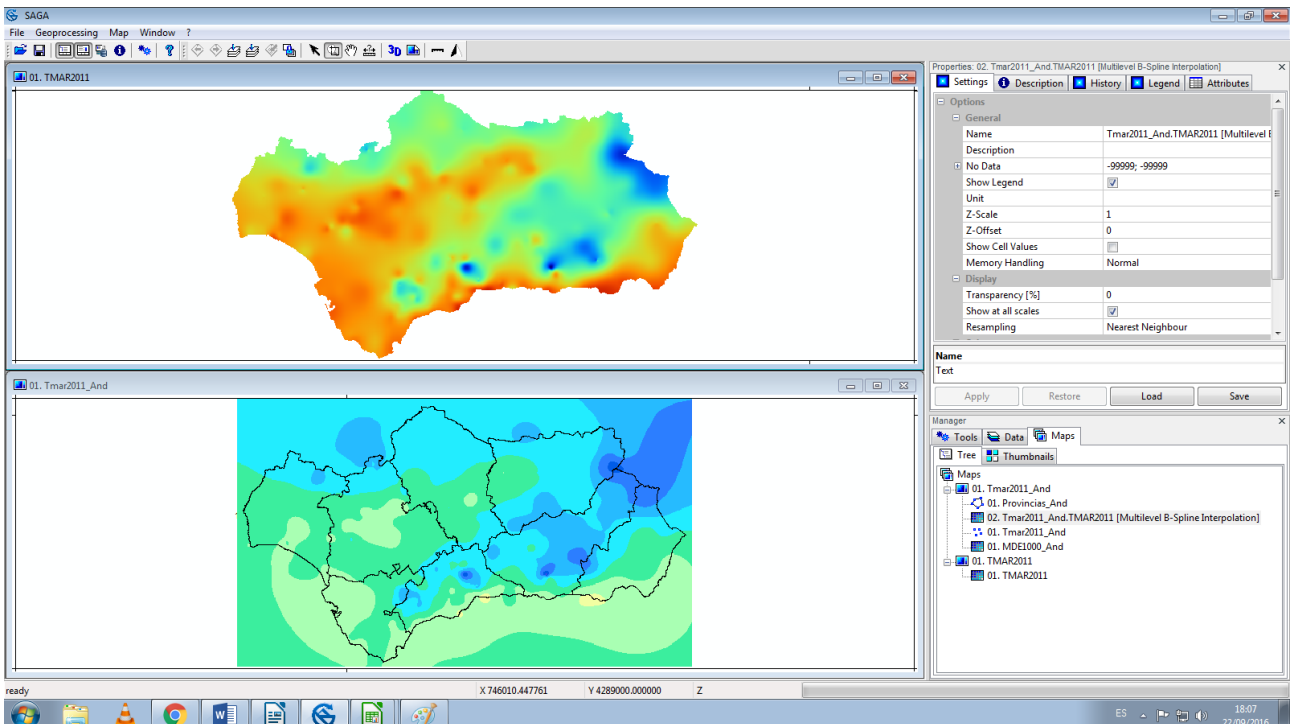
y pulsamos finalmente en *Okay*. Veremos en la pestaña *Data* que se ha creado una nueva capa con una geometría diferente a la inicial y con igual nombre. Cambiamos el nombre a la nueva capa para no confundirnos: la llamaremos simplemente *TMAR2011* (hazlo, como siempre, seleccionando la capa y escribiendo el nuevo nombre en la opción *Name* de la pestaña *Settings*)



Mostramos a continuación nuestra nueva capa en un mapa NUEVO para poder comparar las capas recortada y sin recortar: desde la pestaña *Data* pinchamos con el botón derecho sobre el nombre de la capa TMAR11 y elegimos *Add to Map* y a continuación seleccionamos *New* en la ventana que emerge:

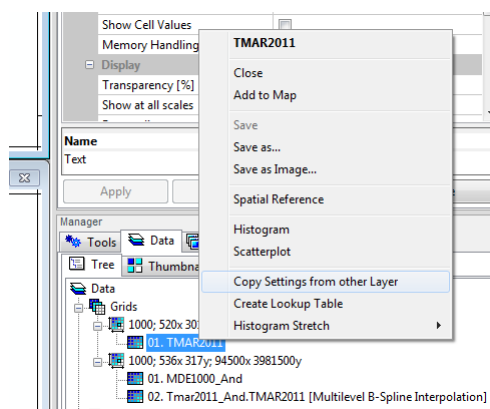


y pinchamos en *Ok*. Tenemos ahora dos mapas en el proyecto. Con el comando *Window/Tile Horizontally* se ajustará la vista para que ambos mapas compartan el espacio destinado a los gráficos:

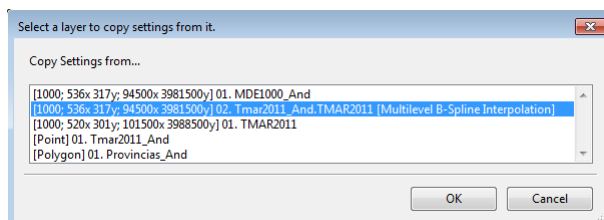


4.2.7 Copiar los ajustes gráficos de otra capa del proyecto

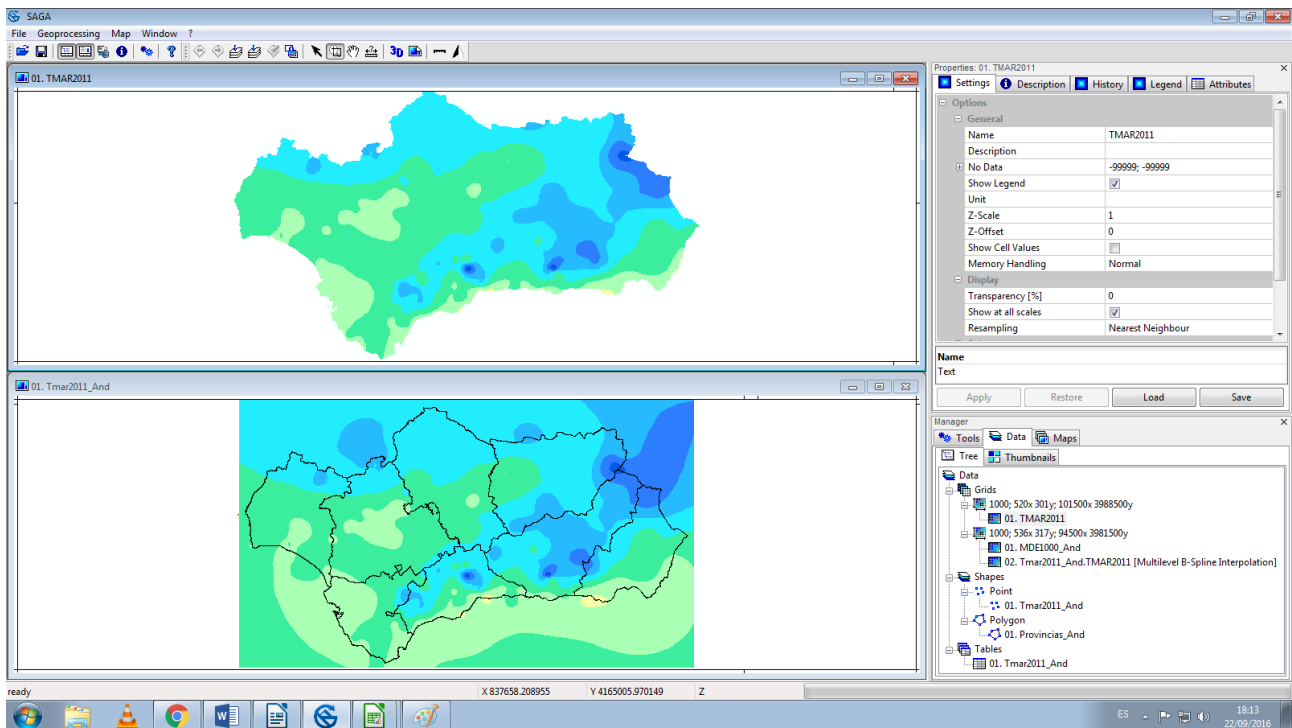
Vemos que la nueva capa se ha recortado correctamente y que SAGA le ha asignado la escala gradual de colores por defecto. Para representarla con la misma tabla de colores de la capa sin recortar, podemos proceder de forma análoga a como hicimos con dicha capa, pero SAGA dispone de una forma más sencilla para aplicar a una capa los ajustes de colores de otra: en la pestaña *Data* pinchamos sobre *TMAR2011* con el botón derecho y en las opciones que se despliegan elegimos *Copy Settings from other Layer*



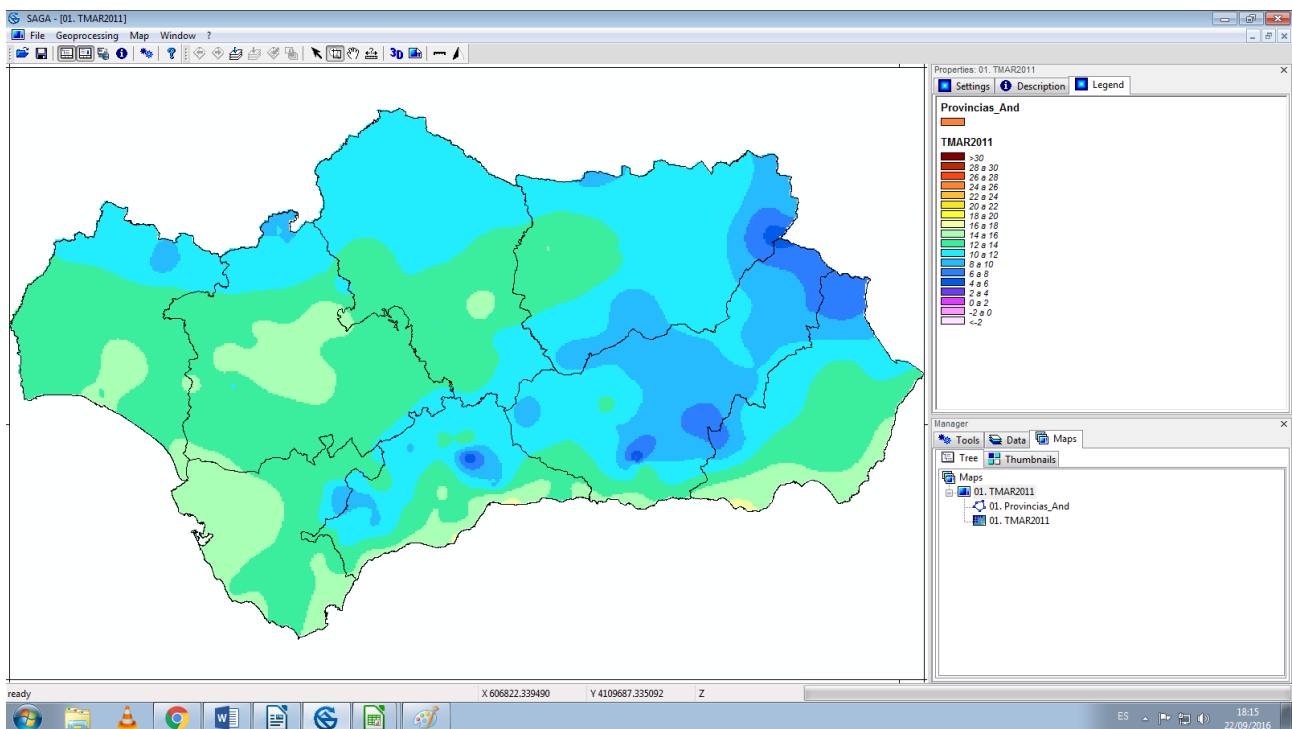
Se abre una ventana en la que elegimos la capa del proyecto de la que queremos copiar los ajustes: en nuestro caso elegimos la capa original *02. Tmar11_And.TMAR2011[Multilevel B-Spline Interpolation]*



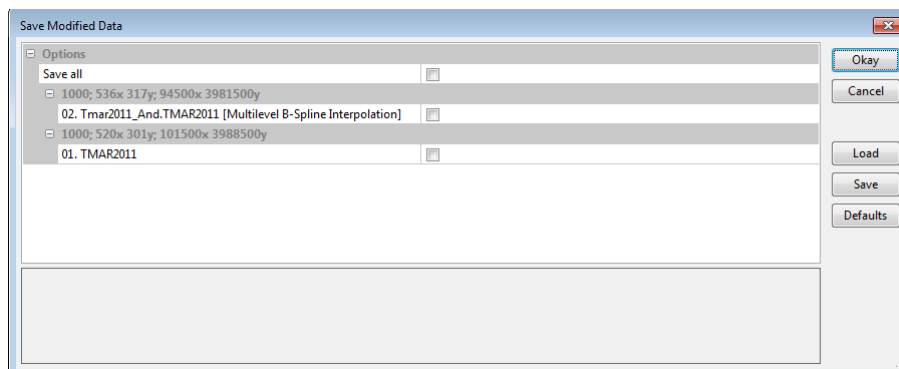
y pinchamos en *OK*.



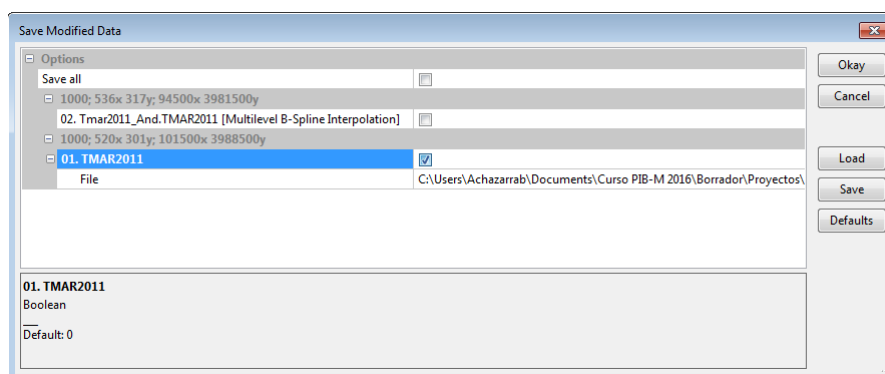
Una vez comprobado que todo está correcto podemos cerrar el mapa *01.Tmar11_And* pinchando en el botón con la X del extremo superior derecho de la ventana, y añadimos la capa de provincias al mapa *01.TMAR2011*, con lo que tendremos un mapa final como el siguiente:



Salvamos el proyecto con el comando *File/Project/Save Project*. Veremos que aparece la siguiente ventana:



En esta ventana SAGA nos avisa de que hay dos capas que hemos creado (las capas de temperatura interpolada sin recortar y recortada) pero que no hemos salvado, y que se perderán si guardamos el proyecto sin más, ya que SAGA no las salvará a menos que se lo especifiquemos. En nuestro caso parece razonable conservar solo la capa recortada, así que activamos el recuadro correspondiente.



En la opción *File* situada inmediatamente debajo se nos muestra la dirección y el nombre con los que se guardará la capa, podemos modificar ambos si queremos. Pinchamos en *Okay* con lo que se salva el proyecto final y la capa ráster de temperatura recortada.

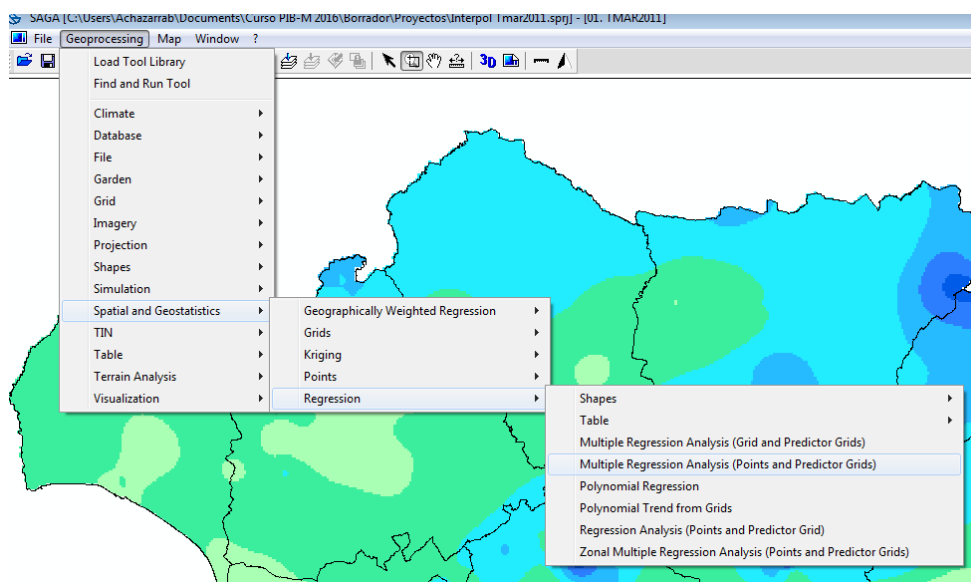
4.3. Interpolación espacial de datos mediante un modelo de regresión con interpolación de los residuos

Existen métodos de interpolación más complejos que permiten tener en cuenta variables adicionales al realizar interpolaciones espaciales de datos. El más habitualmente empleado en Climatología consiste en aplicar un modelo de regresión entre la variable a interpolar (temperatura, precipitación, etc.) y una o varias variables externas (altitud, distancia a la

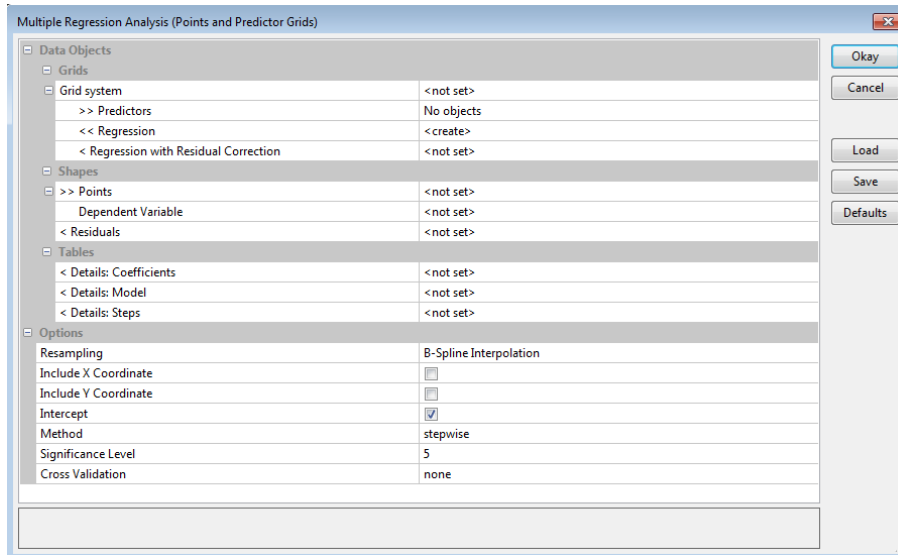
costa, latitud, etc.). El modelo de regresión obtenido proporciona un primer campo estimado de la variable, al que se le suma a continuación el campo de los residuos (diferencia entre las observaciones y los valores estimados por el modelo de regresión en los puntos donde hay dato) interpolados por un método sencillo, como el *Multilevel B-Spline* o el método de la inversa de la distancia.

Vamos a aplicar este método al caso anterior de la temperatura media mensual de 2011 en Andalucía, considerando únicamente una variable externa, la altitud, la cual suele estar bien correlacionada con la temperatura media mensual.

SAGA GIS permite aplicar este método de forma sencilla utilizando el módulo *Geoprocessing/Spatial and Geostatistics/Regression/Multiple Regression Analysis (Points and Predictor Grid)*

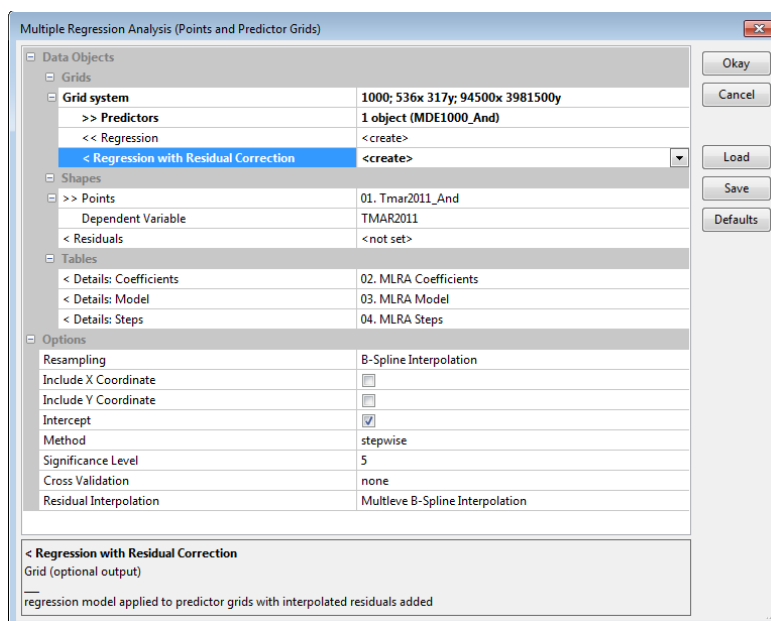


Se abrirá la ventana siguiente:

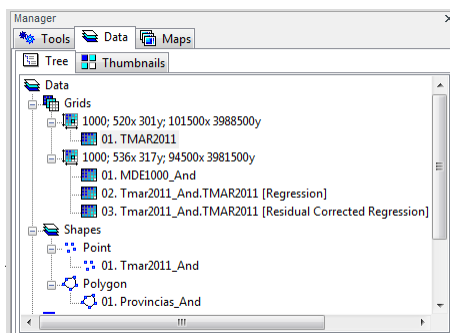


En ella, haremos lo siguiente:

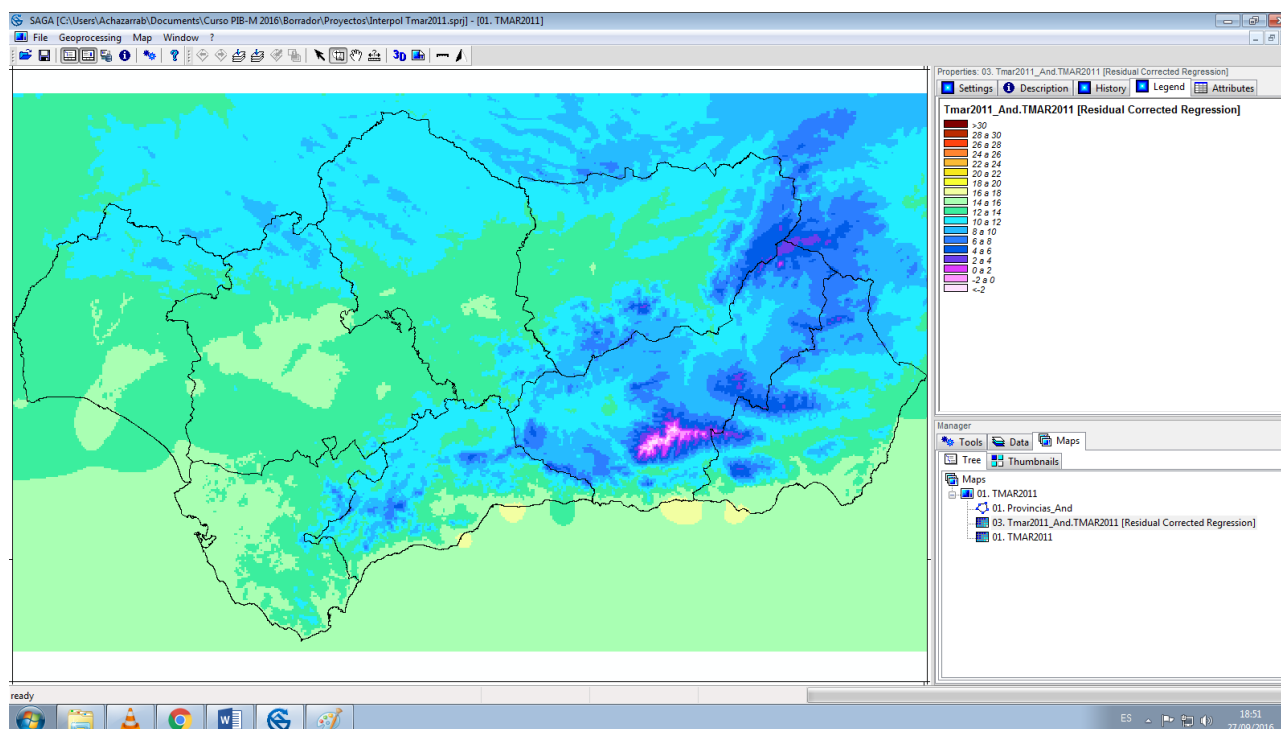
- escogemos en >>Predictors el modelo digital de elevaciones *MDE1000_And*, escogiendo antes en Grid System el correspondiente a dicha capa
- cambiamos la opción por defecto <Regression with Residual Correction de not set a create para que cree la capa de regresión con la corrección de los residuos
- especificamos como capa shape de puntos de entrada *Tmar11_And* y como variable dependiente *TMAR2011*
- cambiamos las opciones por defecto <Details:Coeficients, <Details:Model y <Detail:Steps de not set a create para que cree las tablas con información del modelo de regresión obtenido
- dejamos en Resampling la opción que viene por defecto, *B-Spline Interpolation*, con lo que utilizará este método para interpolar los residuos



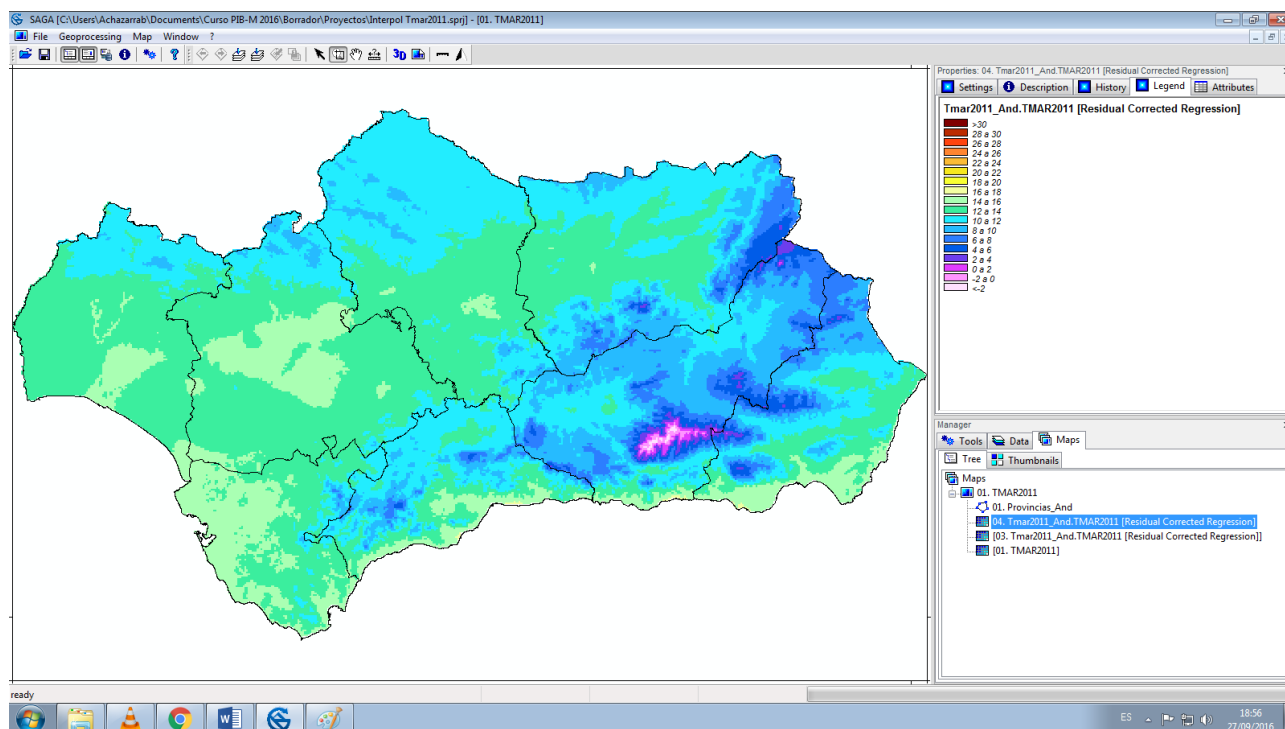
Finalmente, pinchamos en *Okay* y se ejecutará la herramienta. En la pestaña *Data* veremos que se han creado dos capas ráster: *Tmar2011_And.TMAR2011[Regression]*, con el modelo de regresión, y *Tmar2011_And.TMAR2011[Residual Corrected Regression]*, con el modelo anterior corregido sumándole los residuos interpolados.



Mostramos la capa del modelo con corrección de residuos en el mapa, copiando los ajustes de la capa TMAR2011 para representarla con la misma escala de color:



Recortamos la capa con la capa de provincias y representamos el resultado final copiando nuevamente los ajustes gráficos de TMAR2011:



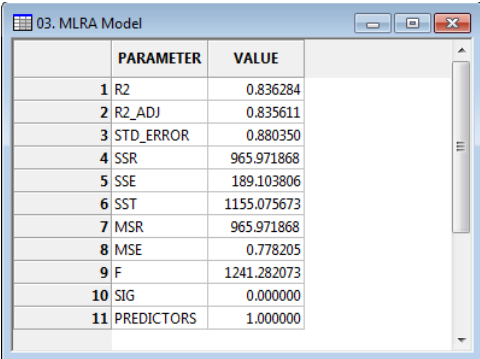
Este método tiene la gran ventaja de que, además de permitir utilizar variables adicionales, respeta los valores de las observaciones: en los puntos donde había dato de temperatura, el valor interpolado coincide con el observado.

Podemos ver el modelo de regresión aplicado abriendo la tabla *MLRA Coefficients* desde la pestaña *Data*:

	VAR_ID	VAR_NAME	REGCOEFF	R	R2	R2_ADJ	STD_ERROR	T	SIG	P
1	-1	TMAR2011	14.527427	-1.000000	1.000000	1.000000	0.085119	170.671688	0.000000	0.000000
2	0	MDE1000_And	-0.005622	-0.914486	0.836284	0.835611	0.000159	-35.304252	0.000000	0.000000

La ecuación del ajuste es $Tmar=14.53-0.0056*Z$, por lo que el gradiente vertical de temperatura obtenido para la zona de estudio en marzo de 2011 es de -0.56°C cada 100m, muy parecido a los valores teóricos habitualmente manejados.

En la tabla *MLRA Model* tenemos los estadísticos de la regresión:



The image shows a screenshot of a software window titled "03. MLRA Model". The window contains a table with two columns: "PARAMETER" and "VALUE". The table lists 11 statistical parameters and their corresponding values.

	PARAMETER	VALUE
1	R2	0.836284
2	R2_ADJ	0.835611
3	STD_ERROR	0.880350
4	SSR	965.971868
5	SSE	189.103806
6	SST	1155.075673
7	MSR	965.971868
8	MSE	0.778205
9	F	1241.282073
10	SIG	0.000000
11	PREDICTORS	1.000000