

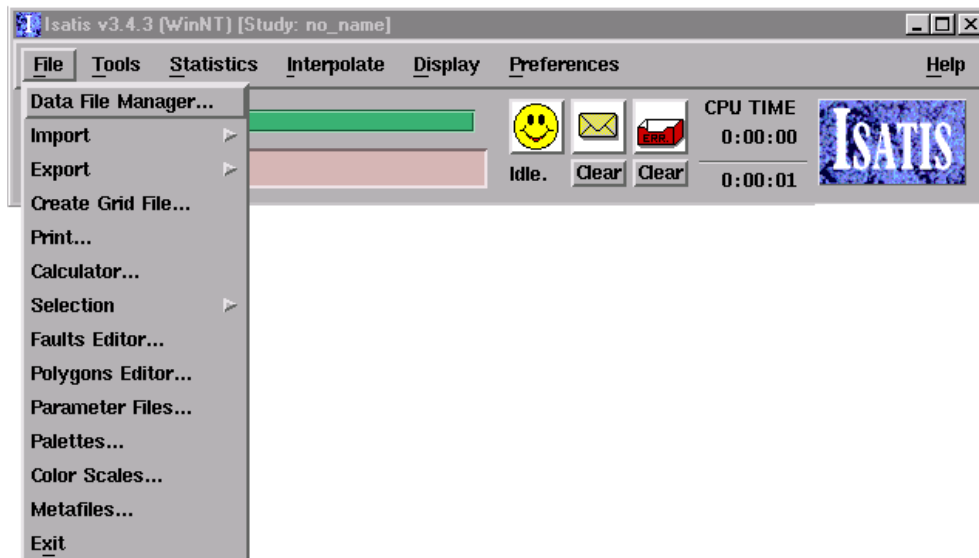
MANUAL INTRODUCTORIO AL USO DEL SOFTWARE ISATIS®

Xavier Emery
Septiembre de 2001

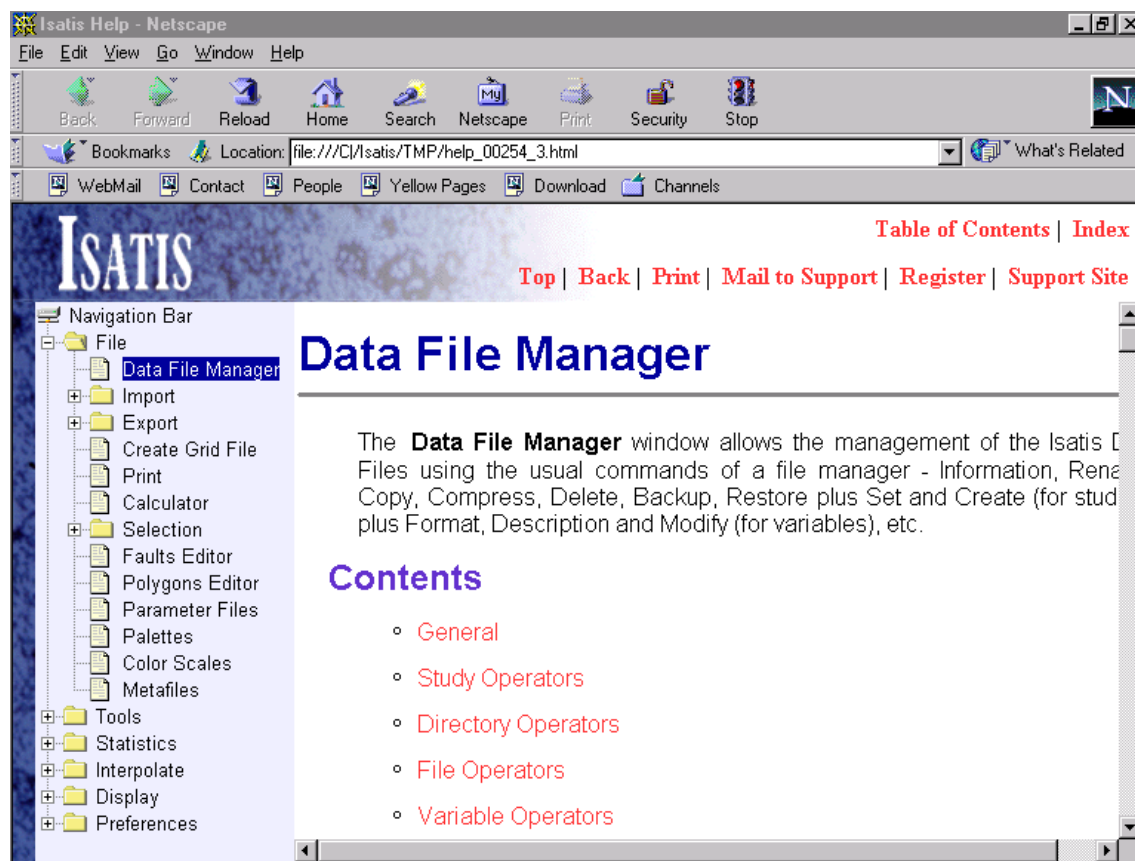
Creación de un proyecto nuevo

El punto de inicio consiste en crear un estudio, el cual contendrá el proyecto:

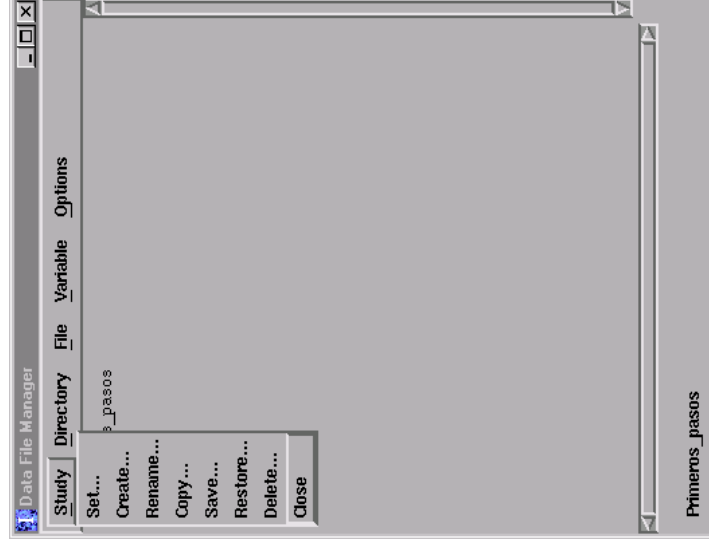
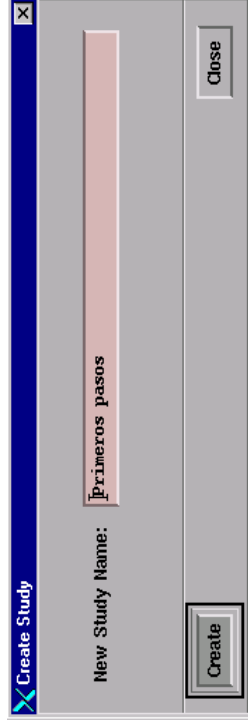
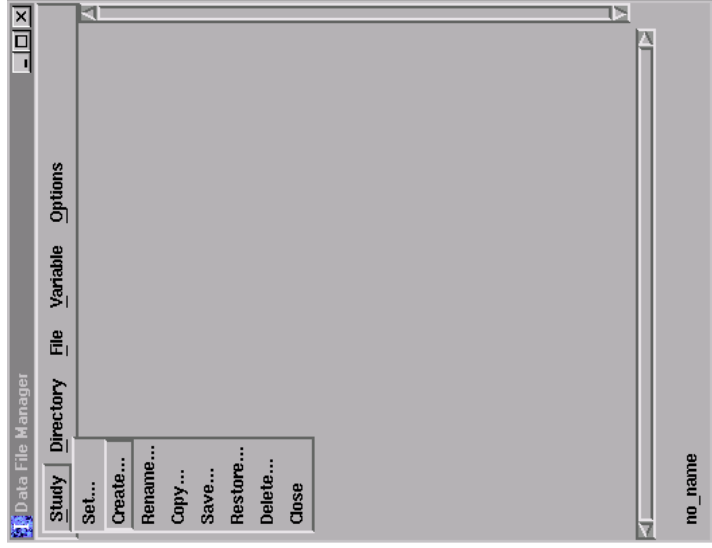
File → Data File Manager



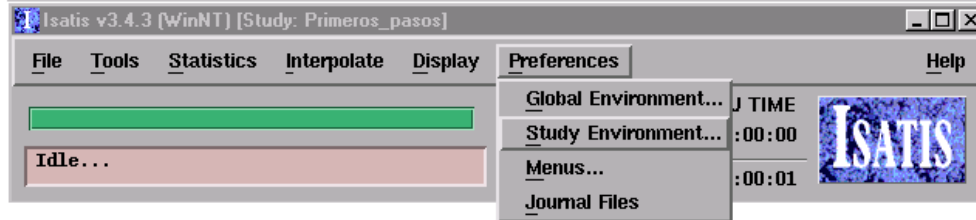
Observación importante para el usuario: existe una ayuda “on-line” en todos los menús de Isatis; aparece al presionar la tecla F1.



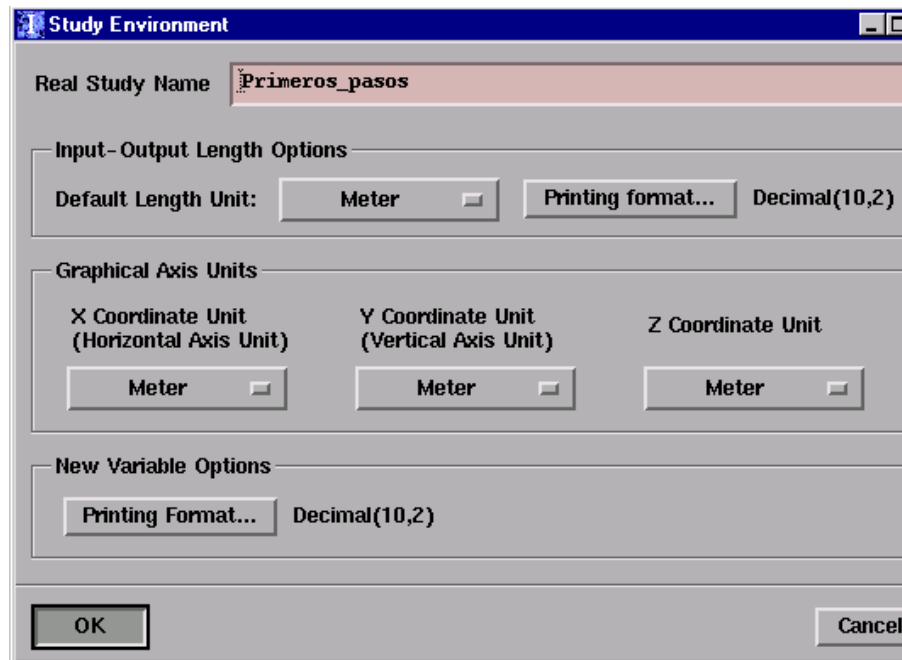
La creación del proyecto nuevo se logra gracias al sub-menú *Study* → *Create*. Se debe especificar el nombre del nuevo proyecto en la zona de texto correspondiente, luego se puede cerrar el *Data File Manager* (botón *Study* → *Close*).



Es conveniente fijar de una vez por todas los parámetros del nuevo estudio (en especial, la unidad para medir las distancias): *Preferences* → *Study Environment*.

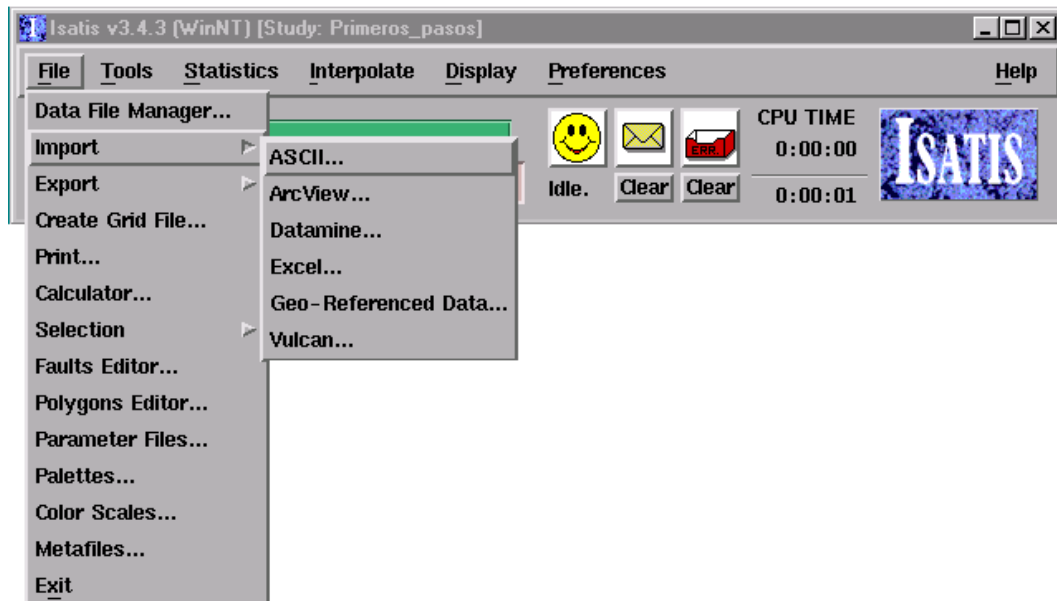


Poner todas las unidades a metros y presionar *OK*.

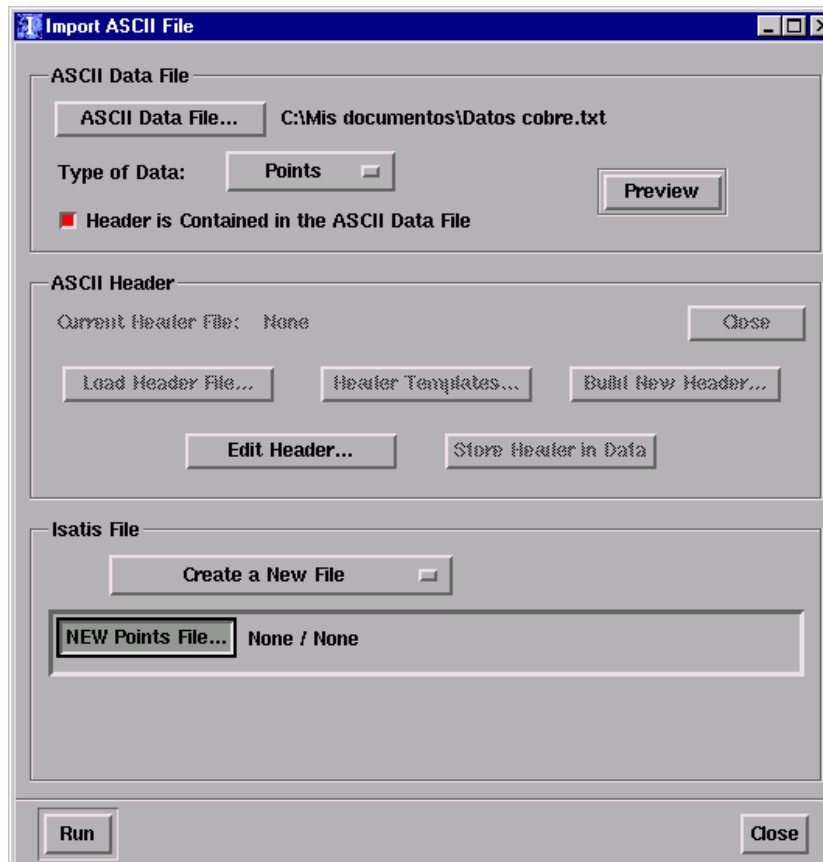


Importación de los datos

Ahora, se debe importar la base de datos que se estudiará: *File* → *Import* → *ASCII*

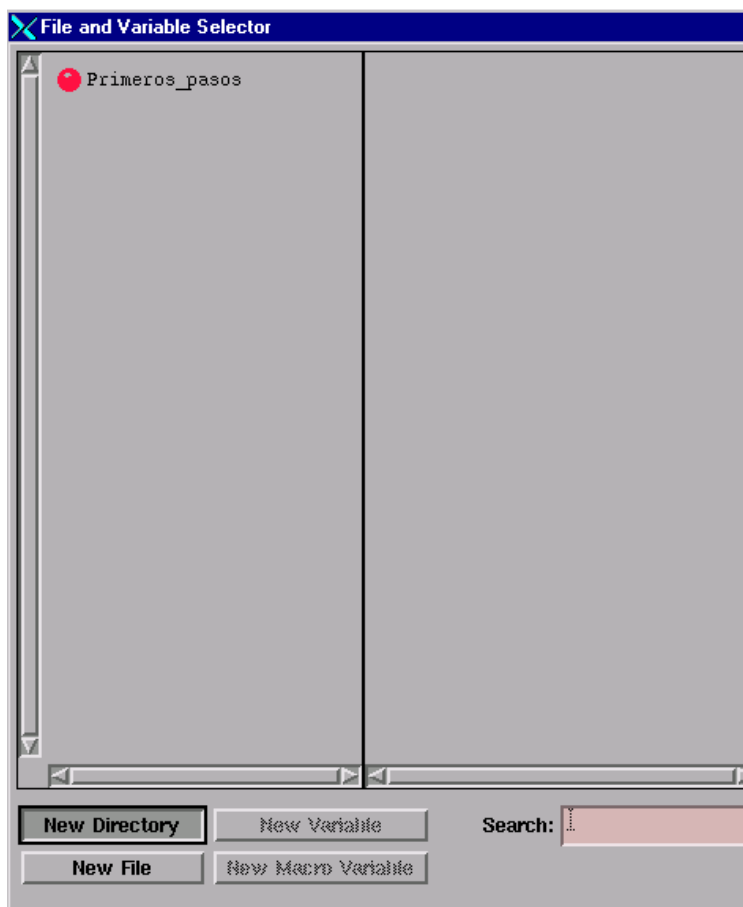


El archivo con datos (C:\Mis documentos\Datos cobre.txt) contiene el encabezamiento (“Header”) requerido por Isatis (el encabezamiento describe el contenido del archivo: nombre de las variables, unidades en las cuales se miden, etc.).

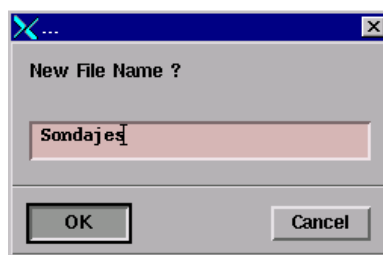


Hay que especificar el lugar donde colocar estos datos. Al presionar en *New Point File* aparece el ***File and Variable Selector***, el cual es común a numerosos menús de Isatis. El lado izquierdo muestra lo que existe en el estudio actual (todavía nada aparte del nombre), el lado derecho contiene las variables disponibles (todavía ninguna). Se puede crear nuevos directorios, archivos y variables gracias a la parte ubicada abajo.

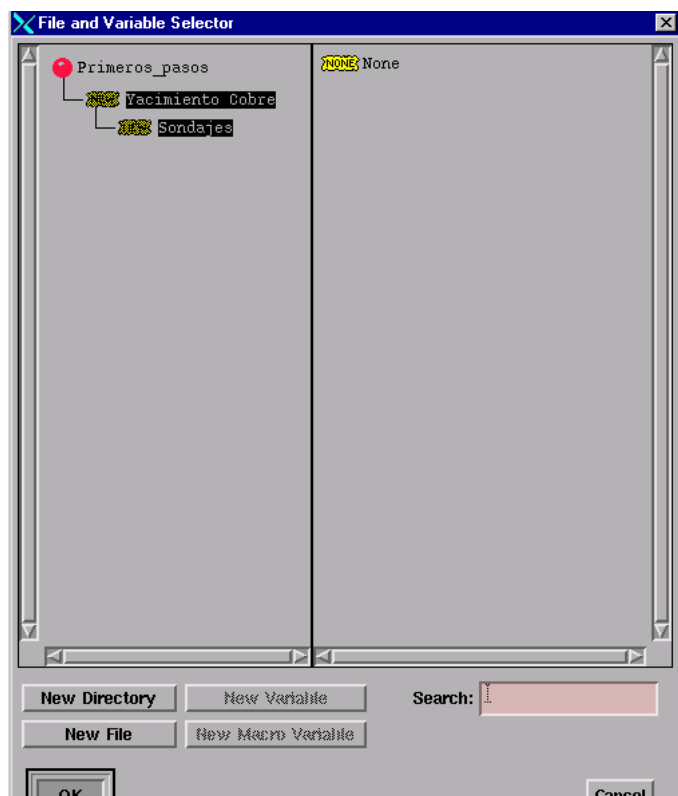
La estructura de un estudio considera la siguiente jerarquía: Estudio, Directorios, Archivos (Files); las variables están contenidas en estos últimos. Primero, se presiona el botón *New Directory*.



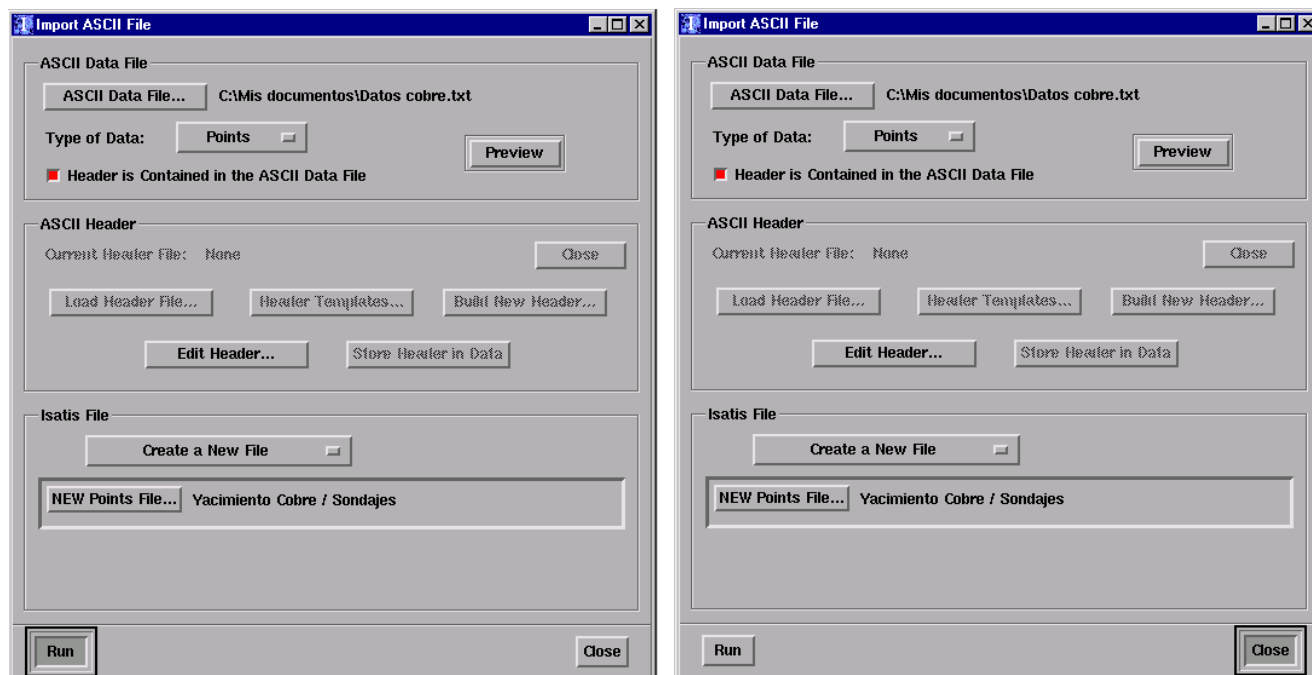
Se especifica un nuevo directorio y se presiona *OK*. De vuelta en el *File and Variable Selector*, se presiona el botón *New File* y se da un nombre.



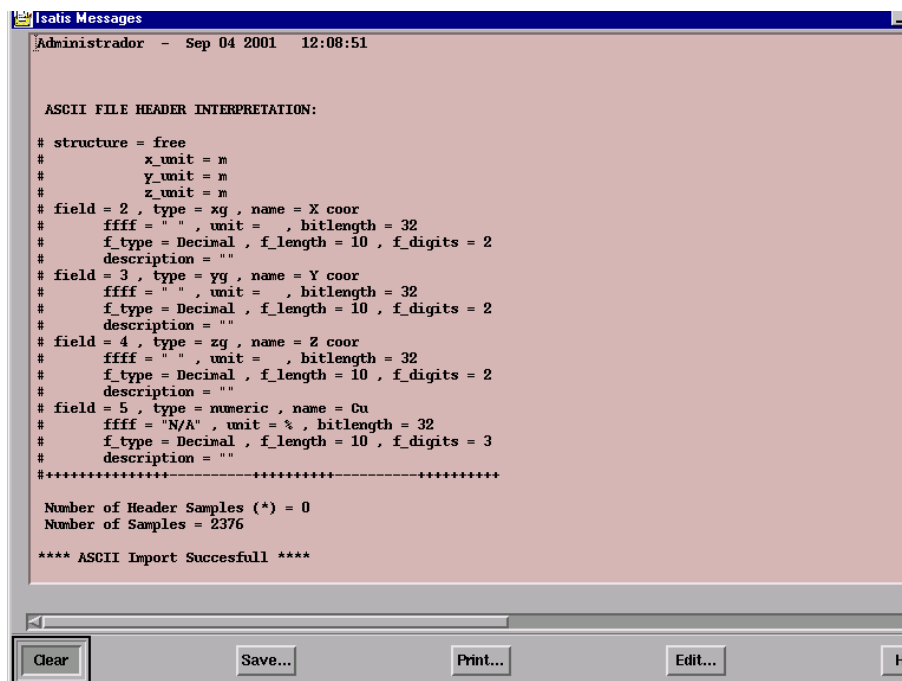
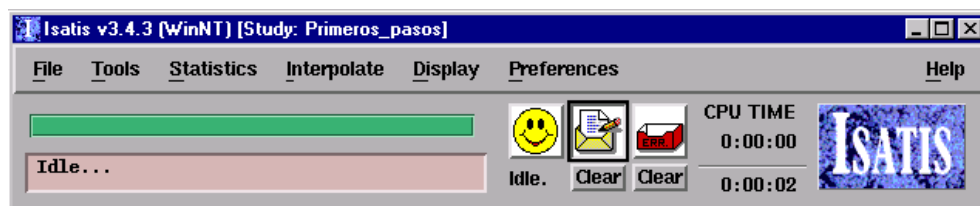
El programa está listo para importar la base de datos. La parte derecha indica la lista de variables disponibles; en este caso, no hay ninguna variable (“none”) hasta que se presione el botón *OK* para validar esta ventana y el botón *Run* de la ventana de Import.



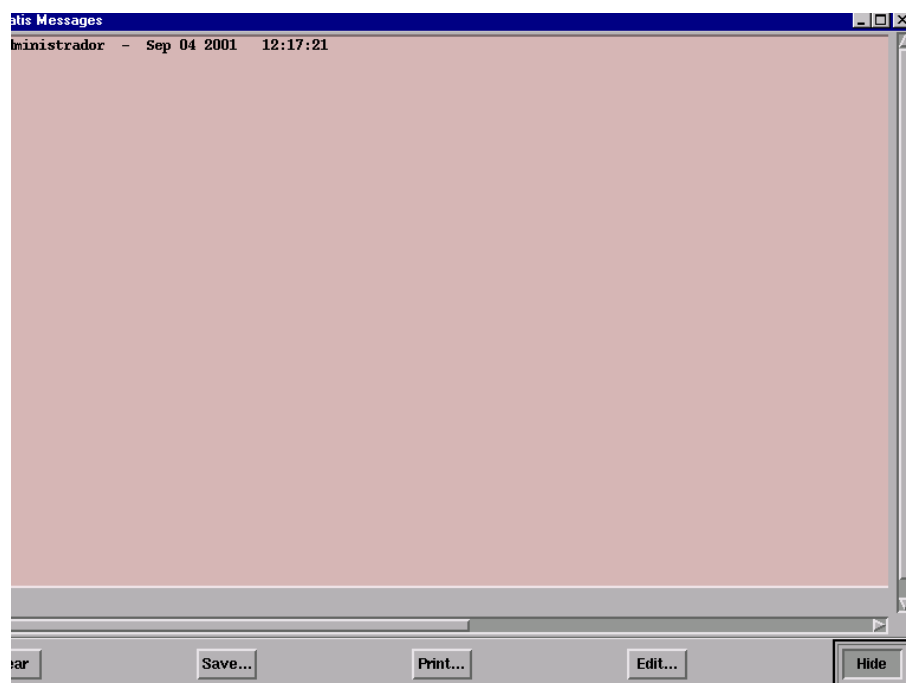
Ejecución y cierre de la ventana de importación de datos:



De ser exitosa la importación de los datos, aparece un mensaje en el buzón de mensajes, recordando los parámetros del archivo cargado y el número de datos.

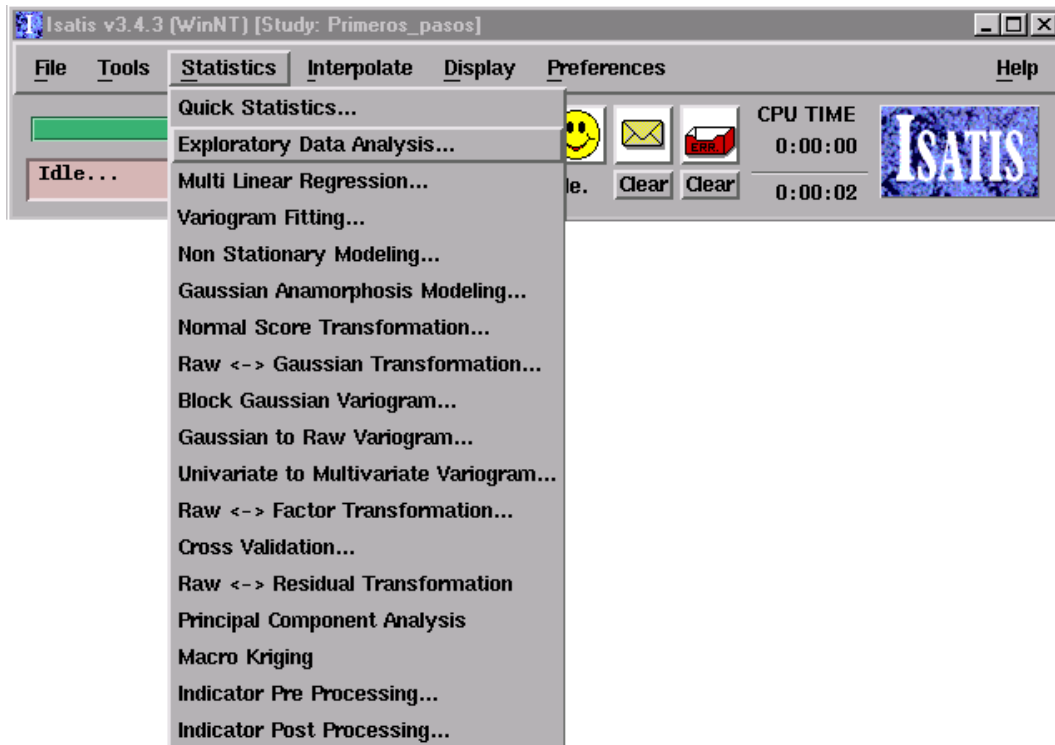


Se puede borrar el mensaje (*Clear*). De lo contrario, los mensajes concernientes a las futuras manipulaciones realizadas se acumularán en el buzón. Luego, se esconde esta ventana al presionar *Hide*.

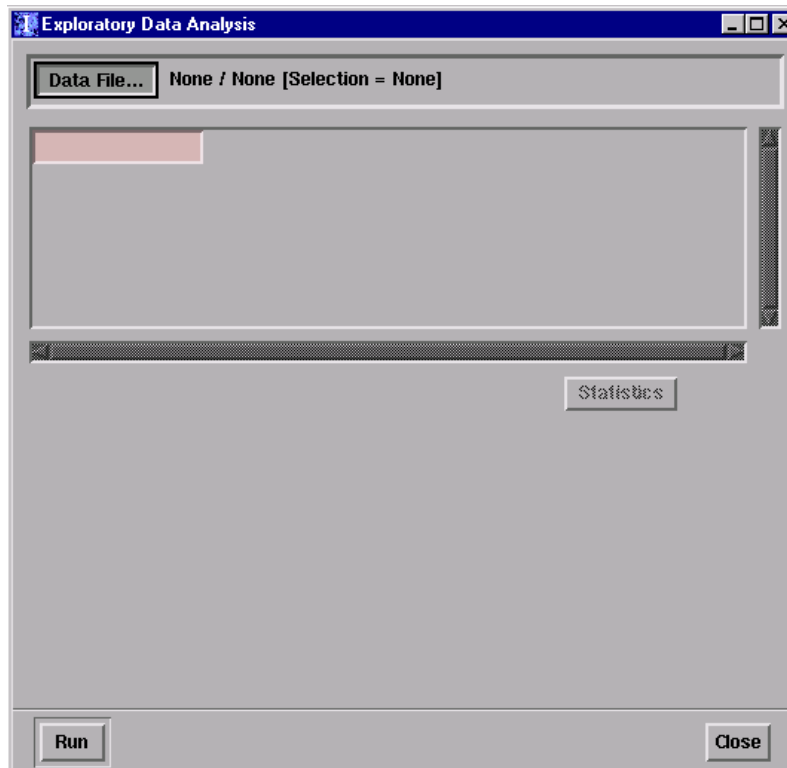


Estudio exploratorio de los datos

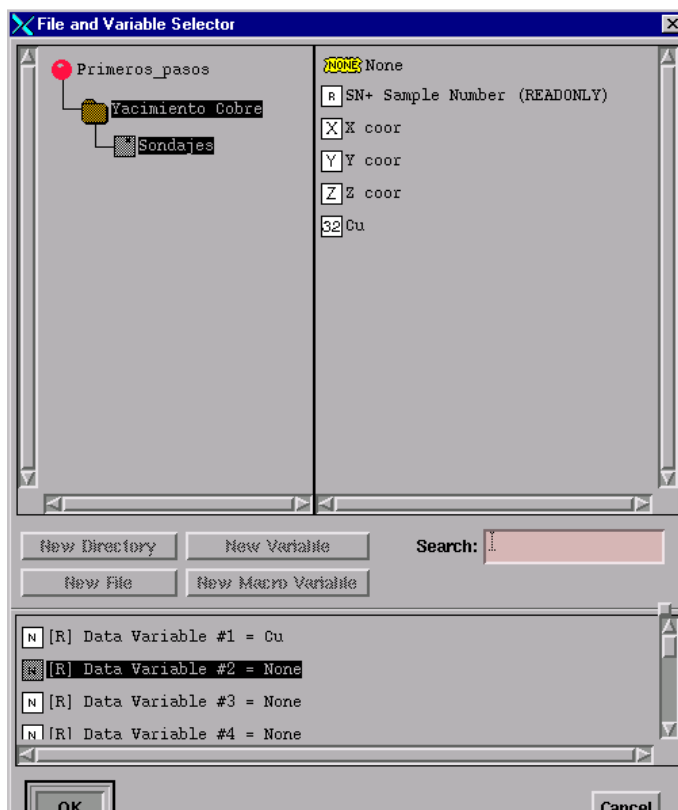
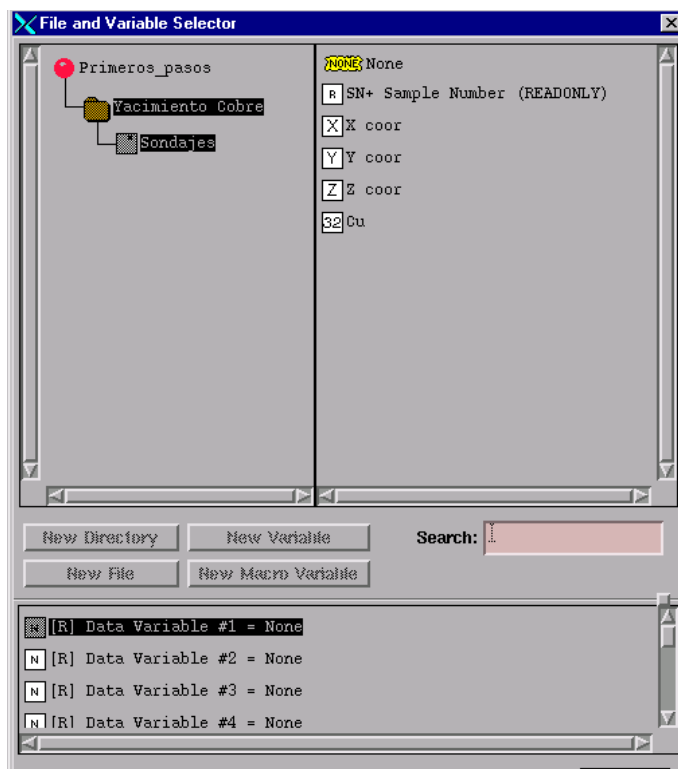
El principal menú para tal asunto es el siguiente: *Statistics* → *Exploratory Data Analysis*.



Se entra la base de datos a analizar al presionar el botón *Data File*.



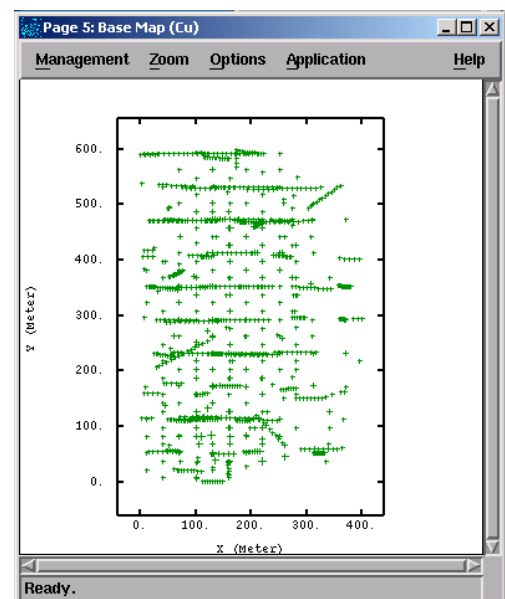
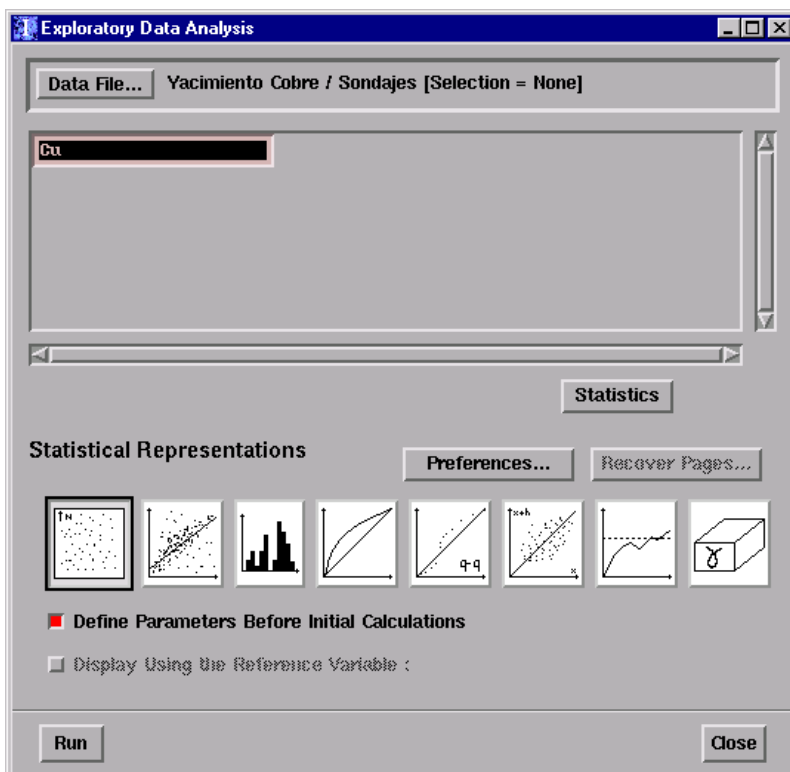
Se accede al *File and Variable Selector*. En esta ventana, se debe elegir un archivo con datos, al desplazarse en el lado izquierdo de la ventana; aquí, el archivo está en “Yacimiento Cobre - Sondajes”. Luego, se selecciona las variables que se desea analizar: presionar *Data Variable #1* en la parte de abajo y escoger la variable deseada en el lado derecho de la ventana (en este caso, Cu, que representa la ley de cobre). Finalmente, se sale del *File and Variable Selector* (botón OK).



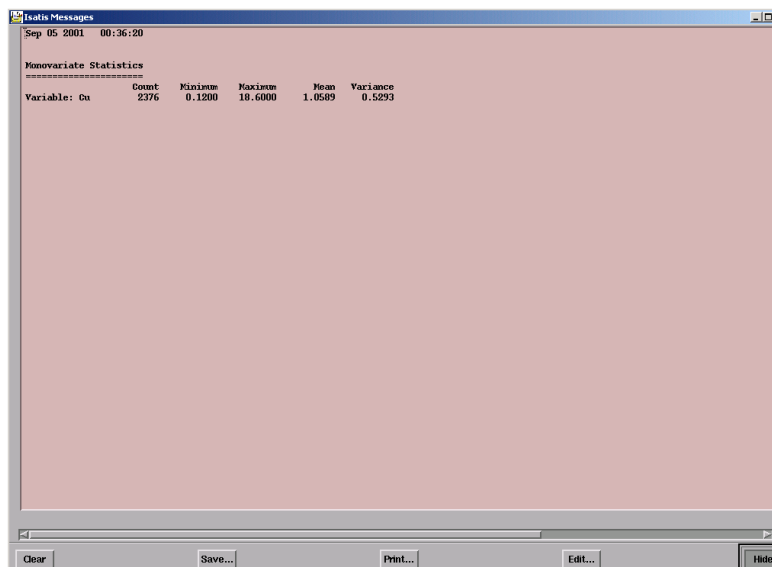
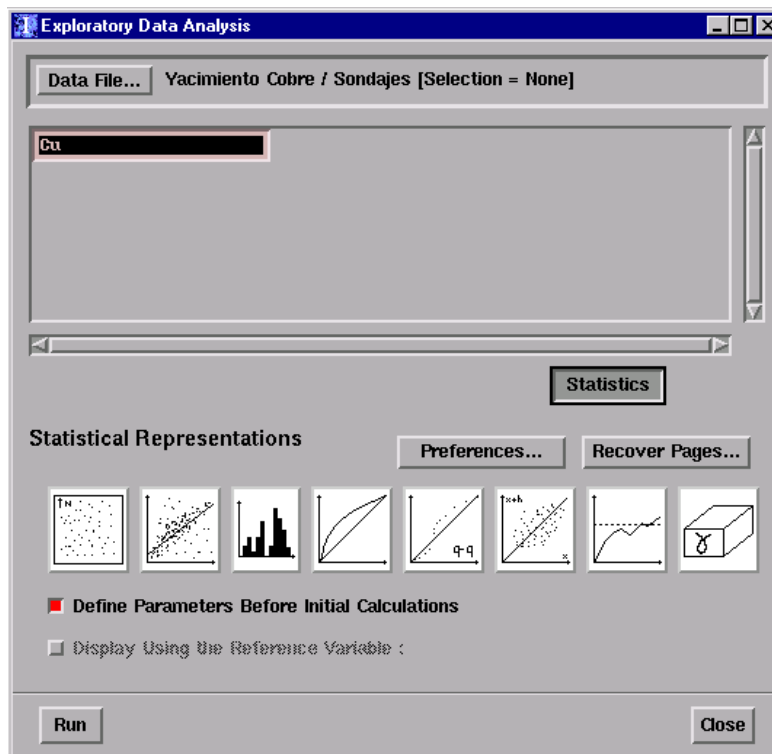
El menú de estudio exploratorio aparece ahora por completo. Su contenido es:

- lista de las variables disponibles, entre las cuales se debe seleccionar aquella(s) que se desea estudiar (en este caso, existe una sola variable, Cu, que está seleccionada por defecto);
- un botón *Statistics* para sacar estadísticas básicas de la variable (las cuales aparecerán en el buzón de mensaje);
- botones *Preferences* y *Recover Pages* que proporcionan algunas facilidades gráficas;
- 8 iconos que representan respectivamente: mapa de ubicación, nube de correlación, histograma, curvas tonelaje-ley, gráfico cuantiles contra cuantiles, nube de correlación diferida, variograma experimental y mapa variográfico;
- un botón que permite personalizar los parámetros de cálculo antes de sacar un gráfico de la lista anterior (se aconseja activar esta opción para no usar los parámetros por defecto);
- un botón *Run* cuyo uso no es útil a esta altura;
- un botón *Close* para cerrar la ventana del estudio exploratorio.

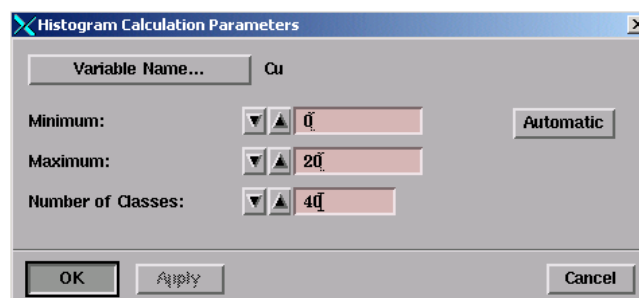
Se obtiene un mapa de ubicación de las muestras al presionar el primer icono. Por defecto, el mapa se representa como una proyección en el plano horizontal, con las muestras señaladas por una cruz verde. Posteriormente, veremos cómo cambiar el modo de representación.



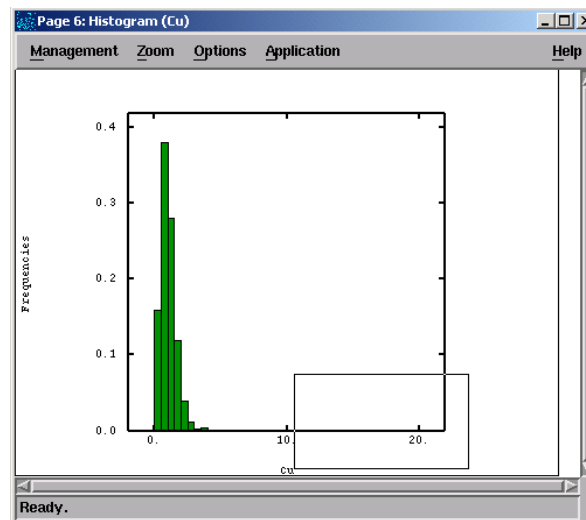
Se calcula algunas estadísticas elementales (botón *Statistics*); los resultados aparecen en el buzón de mensajes. Indican un valor máximo de 18.6%, el cual se considera como aberrante y deberá ser eliminado de la base de datos.



Para aislar los datos aberrantes, procedemos a calcular un histograma de las leyes (tercer icono de la ventana de estudio exploratorio). Se cambia los parámetros de cálculo por defecto, eligiendo dibujar el histograma entre los valores 0 y 20% Cu, con 40 clases.



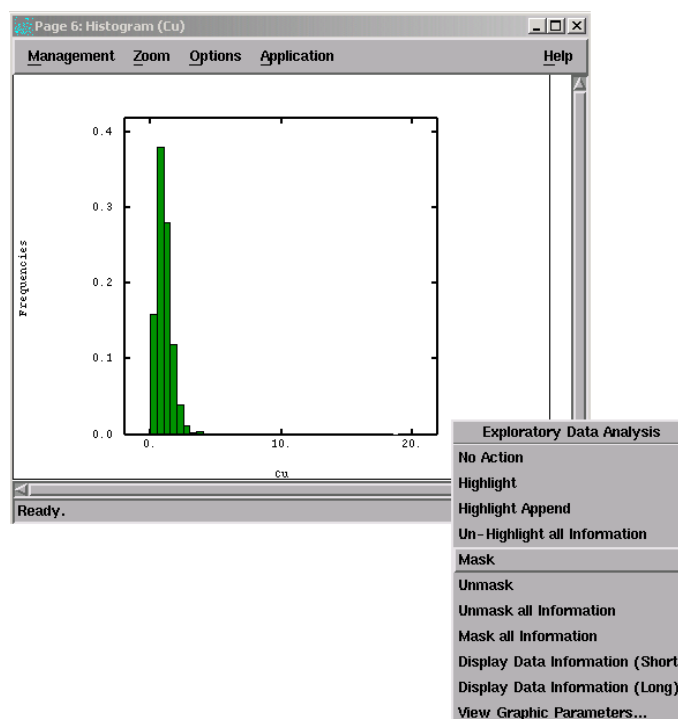
Aparece la ventana gráfica del histograma. Con el mouse, se selecciona la parte que corresponde a los valores mayores que 10% Cu (los cuales corresponden a datos aberrantes).



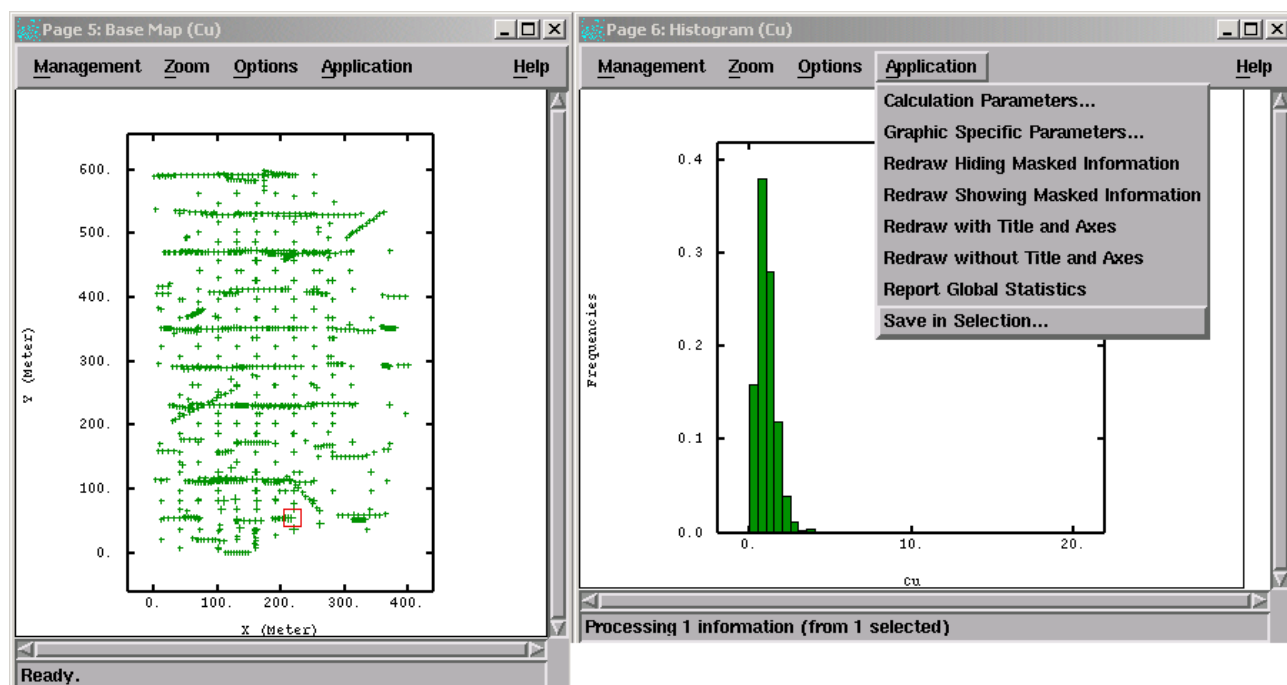
El botón derecho del mouse trae varias opciones adicionales:

- *No Action*: desactiva la selección
- *Highlight* y *Highlight Append*: pone en relieve los datos seleccionados
- *Un-Highlight all information*: desactiva la opción anterior
- *Mask*: oculta los datos seleccionados y no los considerará en los cálculos
- *Unmask*: todos los datos se vuelven activos
- *Display Data Information*: escribe información sobre los datos seleccionados en el buzón de mensaje
- *View Graphic Parameters*: permite cambiar algunos parámetros en la representación gráfica.

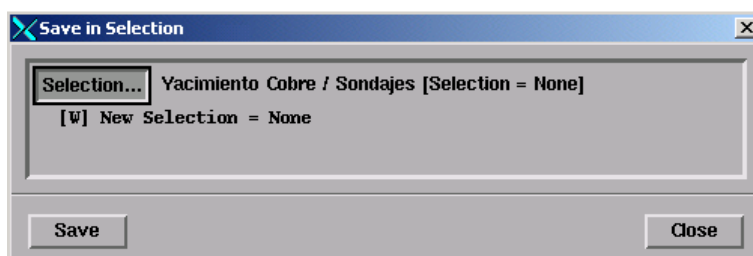
En este caso, la opción adecuada es *Mask*.



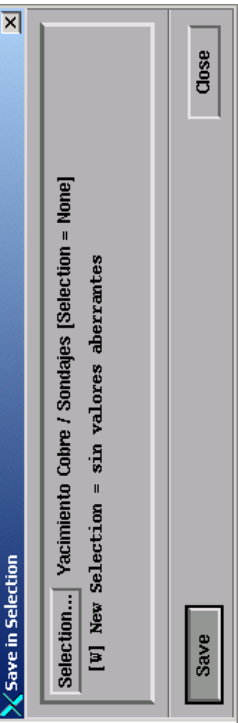
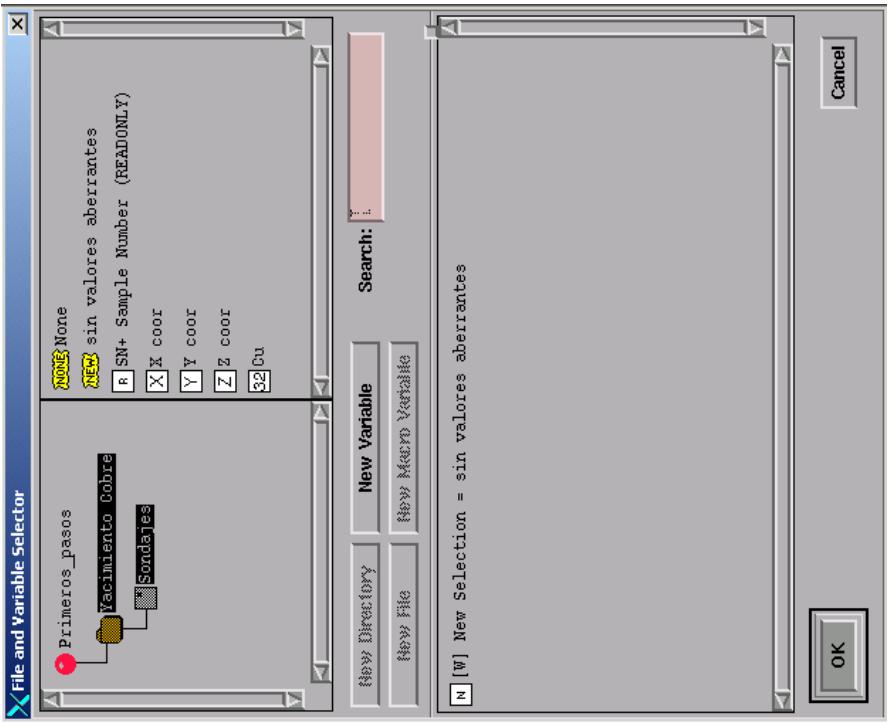
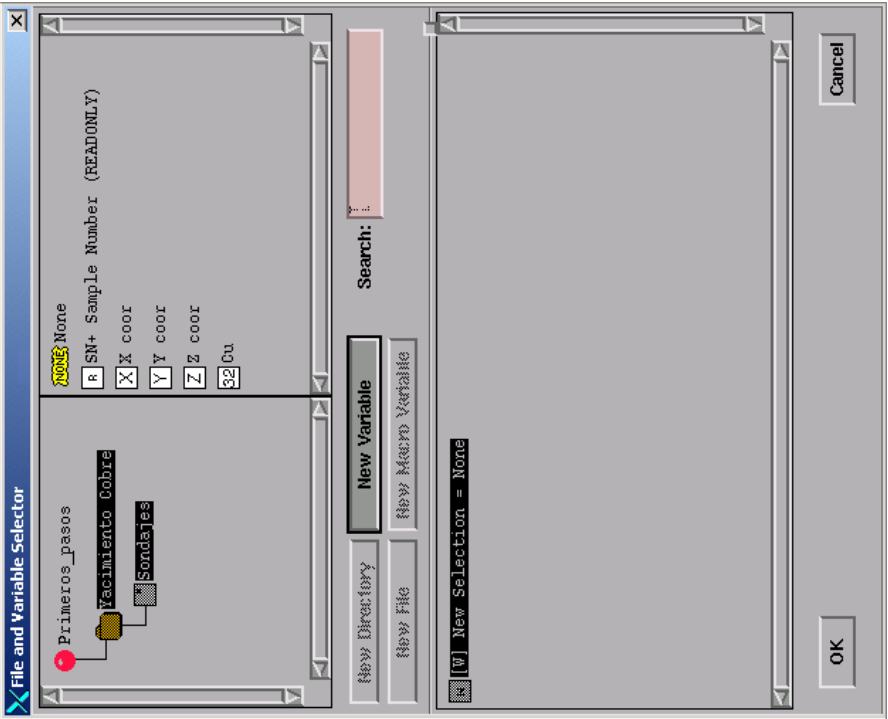
Ambas ventanas (mapa e histograma) están vinculadas, de modo que el dato escondido (en realidad, era un solo dato) aparece también en el gráfico del mapa (muestra señalada en rojo). Para descartar tal dato en las futuras manipulaciones, se tiene que crear una selección: *Application* → *Save in selection* (esta modalidad existe tanto en el mapa como en el histograma).



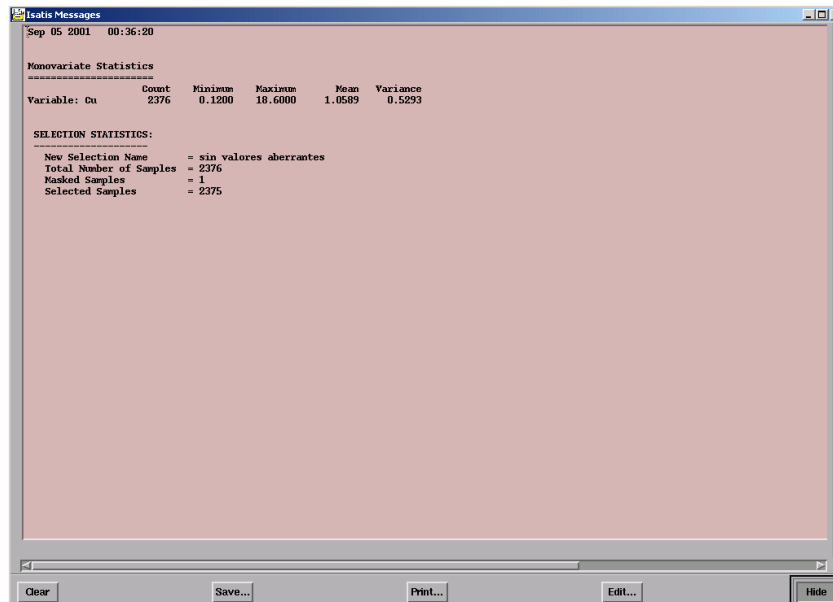
Aparece la siguiente ventana; hay que definir el nombre de la selección que deseamos crear.



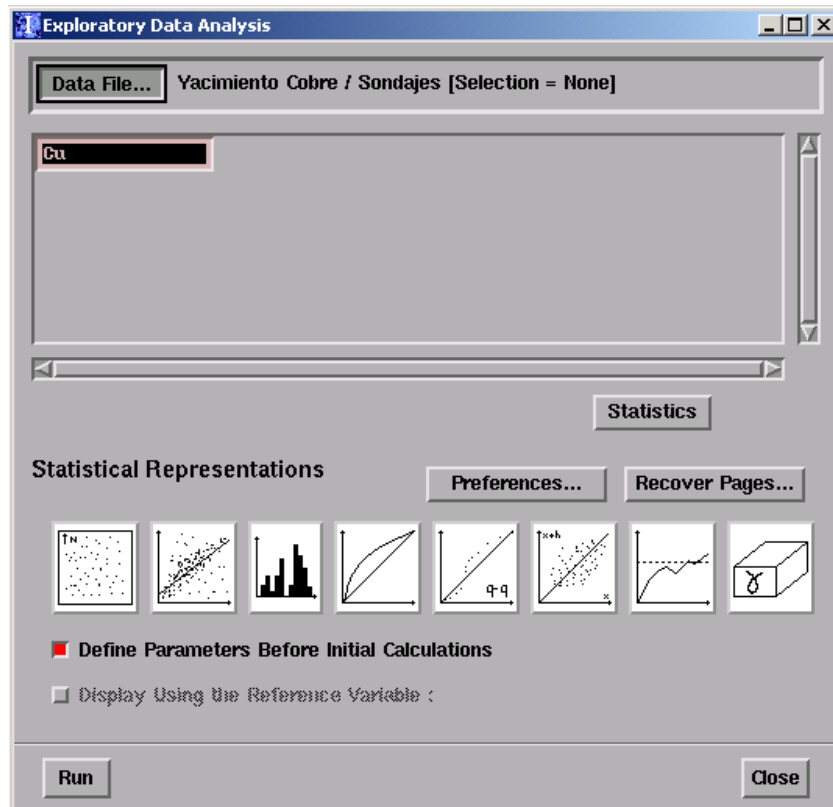
Se llega nuevamente a la ventana *File and variable selector*. Esta vez, se usa para crear una nueva variable, a la cual se le da el nombre de “sin valores aberrantes”. Se valida las ventanas (OK) hasta volver a la ventana *Save in selection* más arriba y se presiona *Save*.

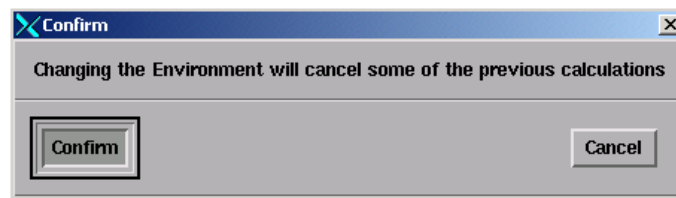


Un resumen aparece en el buzón de mensaje, indicando que las muestras seleccionadas son 2375, mientras que inicialmente había 2376 muestras.

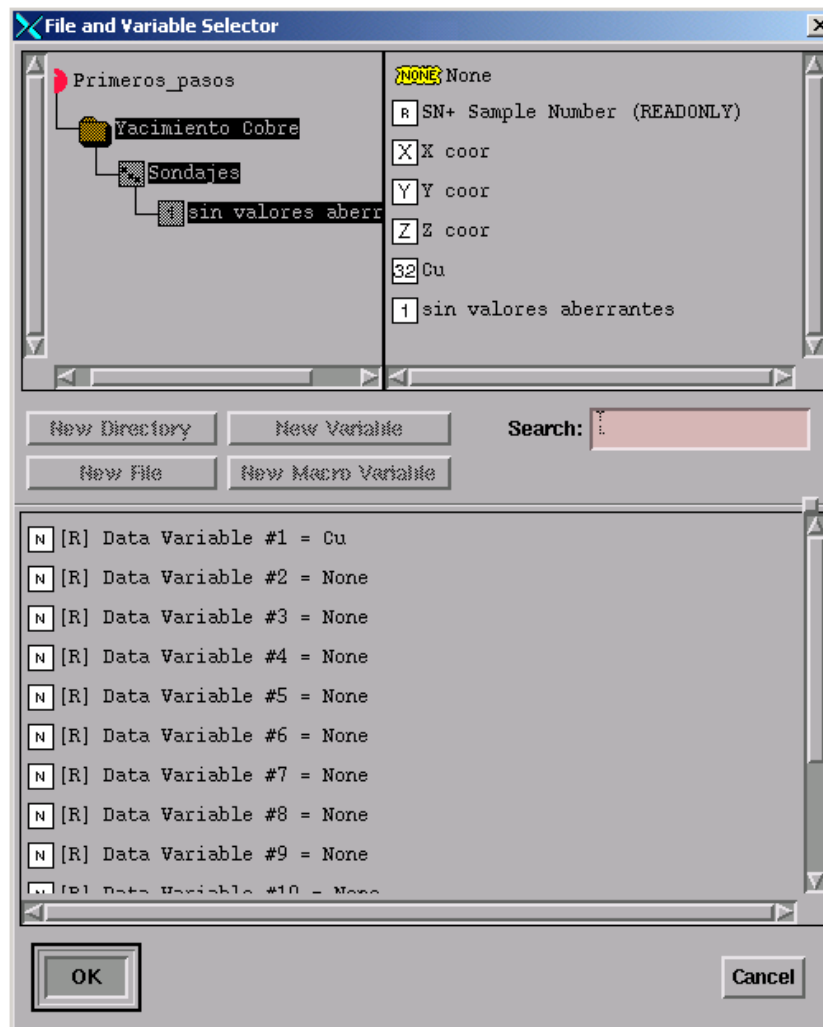


Lo que se hizo fue simplemente crear una variable binaria (que vale 0 para el dato aberrante y 1 para los otros datos). Esta variable puede usarse como “filtro”, es decir, se puede pedir al programa analizar solamente los datos donde vale 1. Para este efecto, volver a presionar el botón *Data File* al principio del menú de estudio exploratorio y aceptar el mensaje de advertencia.

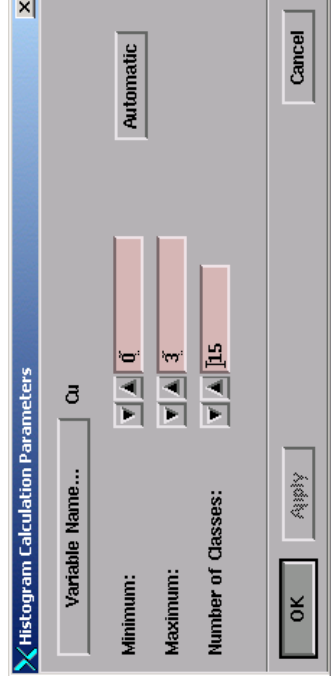
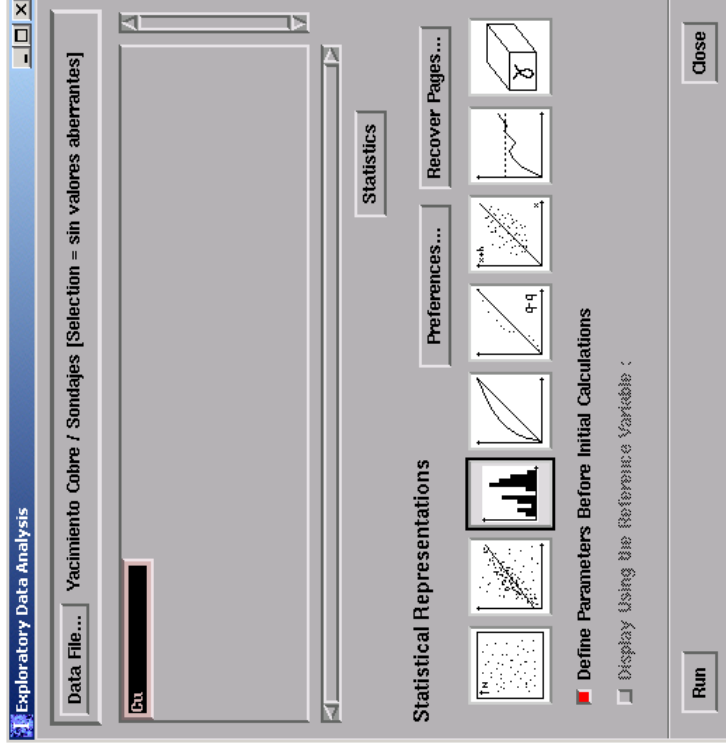
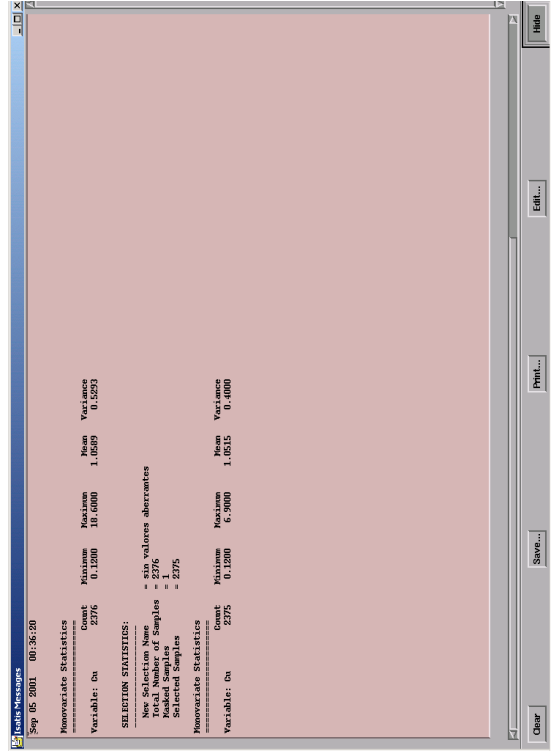
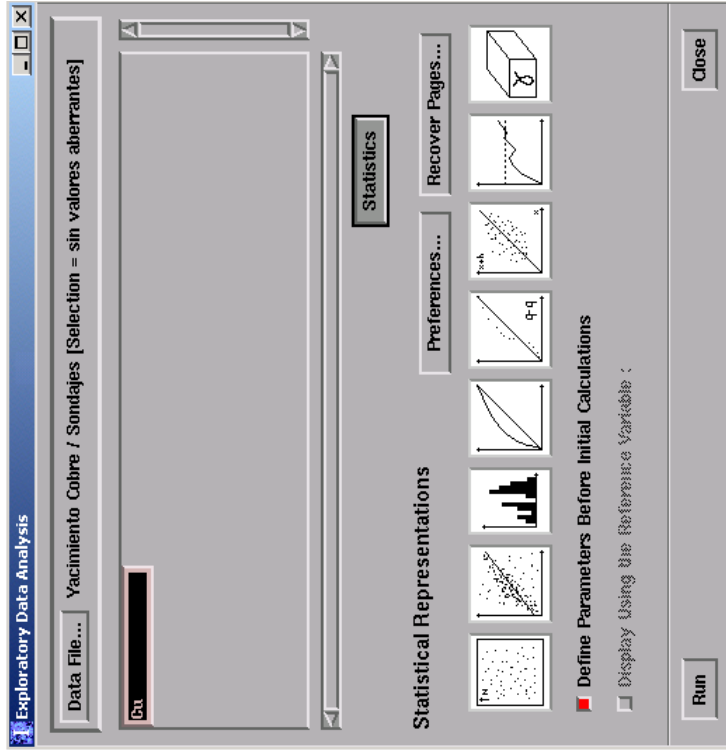


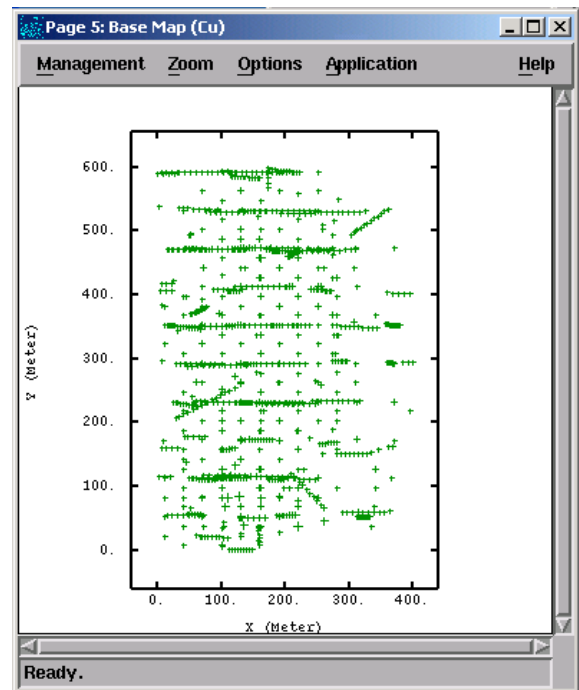
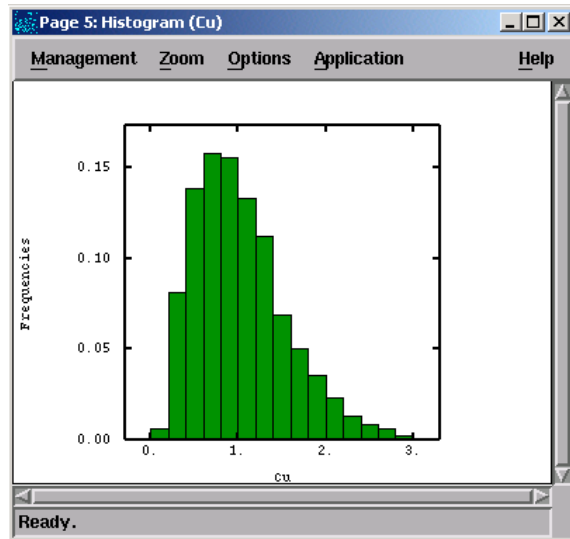


La variable creada ("sin valores aberrantes") aparece en ambos lados del *File and variable selector*. En el lado derecho, se considera como variable binaria (0-1), mientras que en el lado izquierdo se considera como filtro. Esta última aplicación es la que queremos usar, de modo que conviene entrar en la selección (lado izquierdo) y validar (OK).



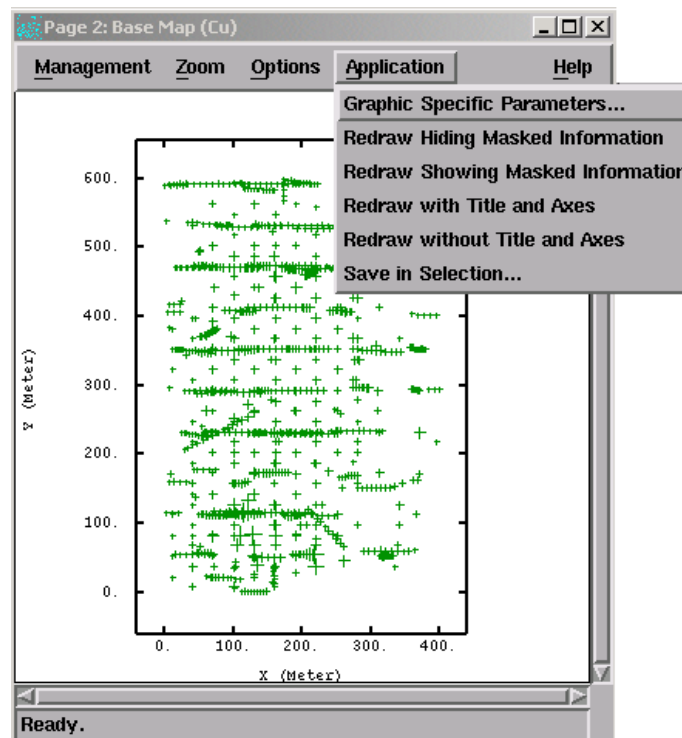
Volvemos a la ventana de estudio exploratorio, pero esta vez sin considerar el dato aberrante. Se puede calcular de nuevo las estadísticas y dibujar un mapa y un histograma.

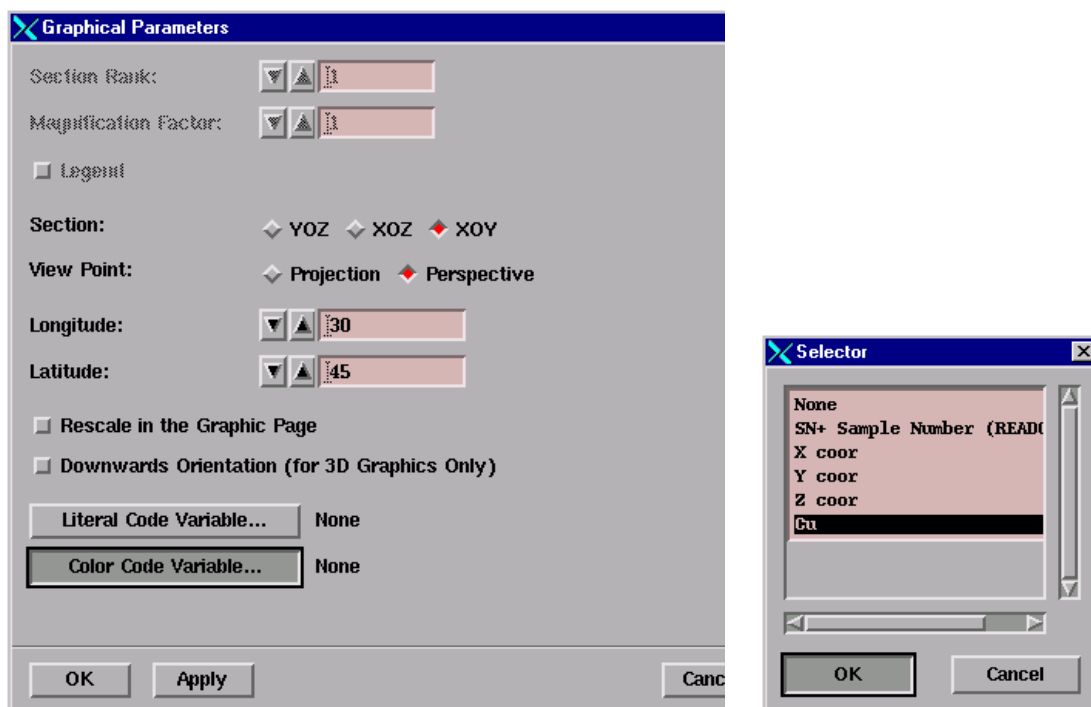




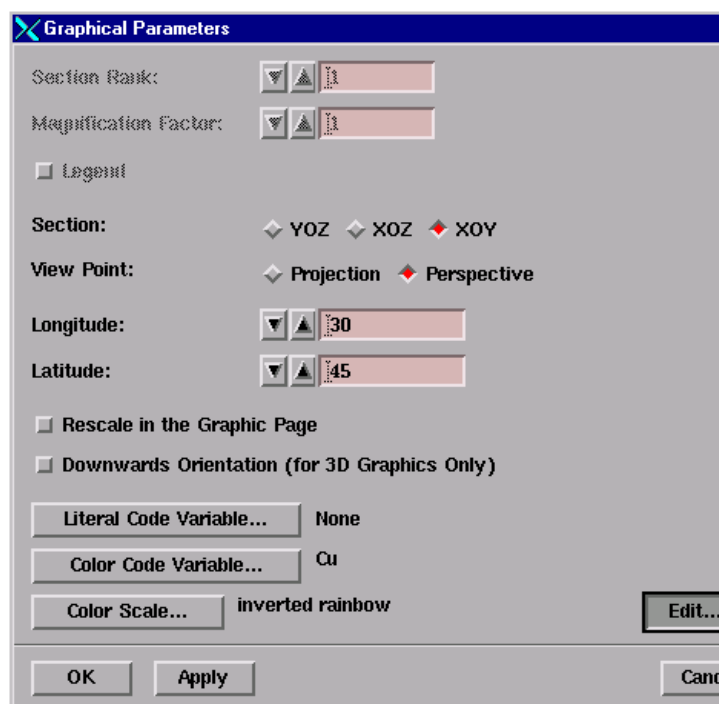
Aquí, se calculó el histograma de las leyes comprendidas entre 0 y 3%, con 15 clases de valores. Se puede acceder de nuevo a la ventana de parámetros por medio del menú *Application* → *Calculation Parameters* de la ventana gráfica.

En el mapa, el menú *Application* → *Graphic Specific Parameters* permite personalizar el modo de representación de los datos.





En este caso, se desea una representación en perspectiva (el punto de vista de tal perspectiva está definido con dos ángulos, uno de longitud, otro de latitud). También se dibujará las muestras con un código de color (botón *Color Code Variable*), escogiendo la ley de cobre (“Cu”) para definir la escala del código de color. Finalmente, se puede arreglar la escala de color al presionar *Edit* al lado de la opción *Color Scale* que aparece.



Se define la escala de color personalizada (User Defined), con extremos de 0 y 3.2 (o sea, un código por décimo de unidad, pues hay 32 colores) y se valida dichas elecciones (OK).

Bounds Definition:

Number of Classes:

Bounds

☒ Regular Bounds ☐ Irregular Bounds

Maximum:

Minimum:

Width:

Colors


☒ Use First Colors ☐ Colors Sampling

☐ Invert Color Order

☒ Expand Extremal Classes
(Keep the same colors beyond min and max)

Status

Not Saved



De regreso en la ventana de parámetros gráficos, se presiona el botón *OK* para validarla.

Graphical Parameters

Section Rank:

Magnification Factor:

☐ Legend

Section: ☐ YOZ ☐ XOZ ☒ XOY

View Point: ☐ Projection ☒ Perspective

Longitude:

Latitude:

☐ Rescale in the Graphic Page

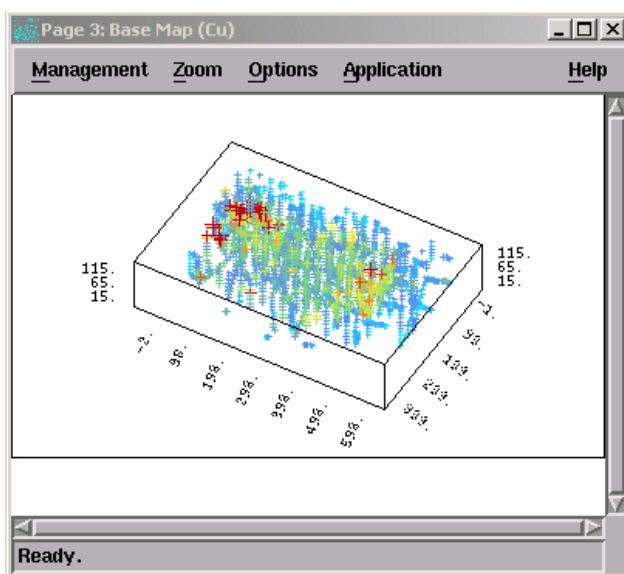
☐ Downwards Orientation (for 3D Graphics Only)

None

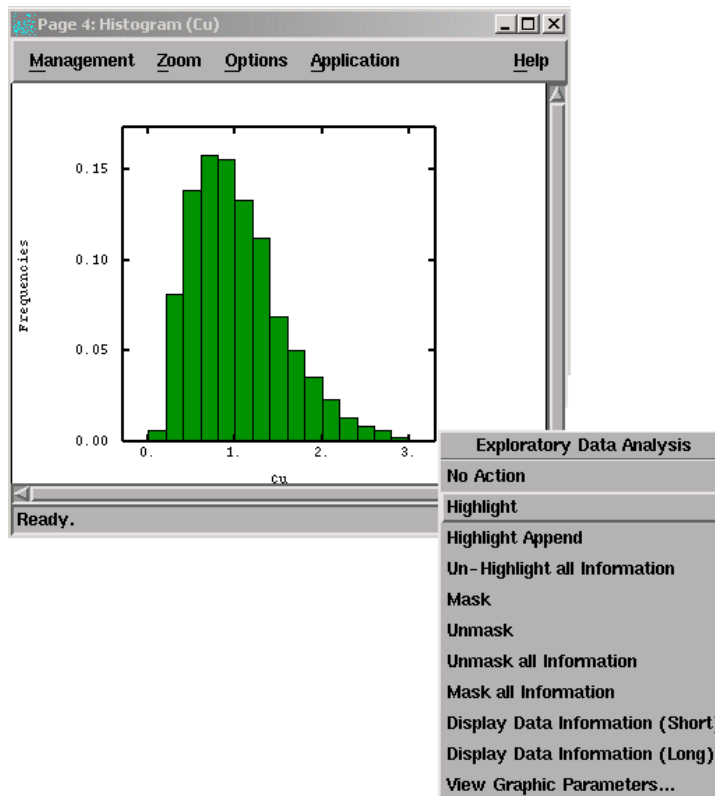
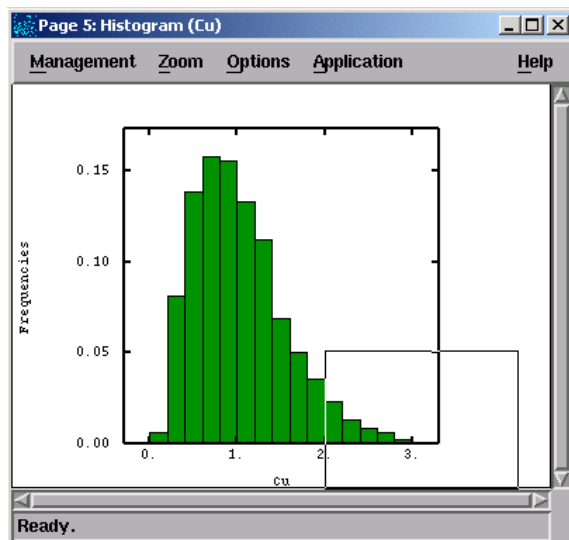
Cu

inverted rainbow

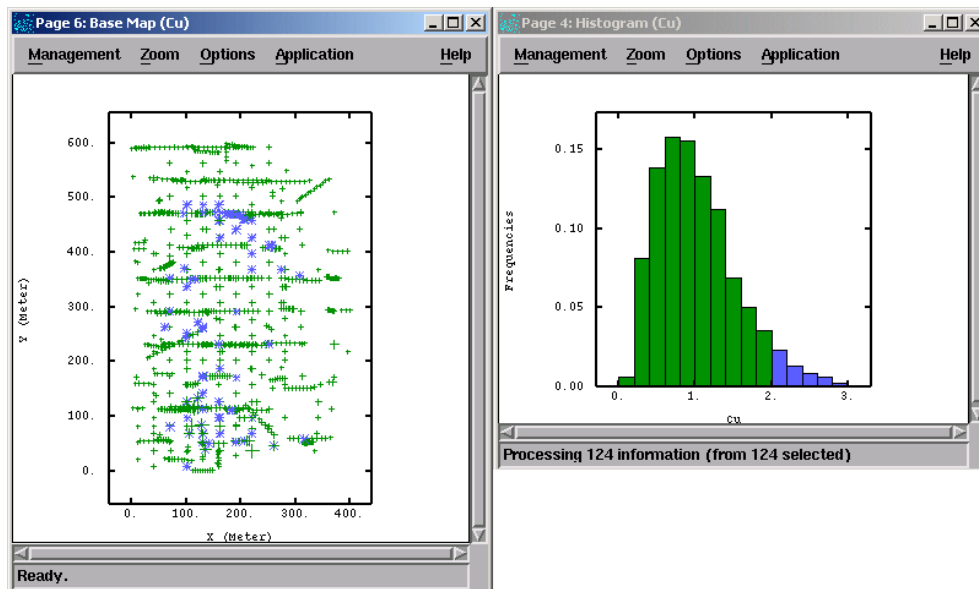
Ahora, el mapa aparece en perspectiva, con el código de color solicitado (azul para valores bajos, verde y amarillo para valores intermedios y rojo para valores altos).



En el histograma, se puede seleccionar una parte de los datos con ayuda del mouse. En el siguiente ejemplo, se selecciona los datos asociados a las leyes mayores que 2% Cu, las cuales se ponen en relieve gracias a la opción *Highlight* (botón derecho del mouse).



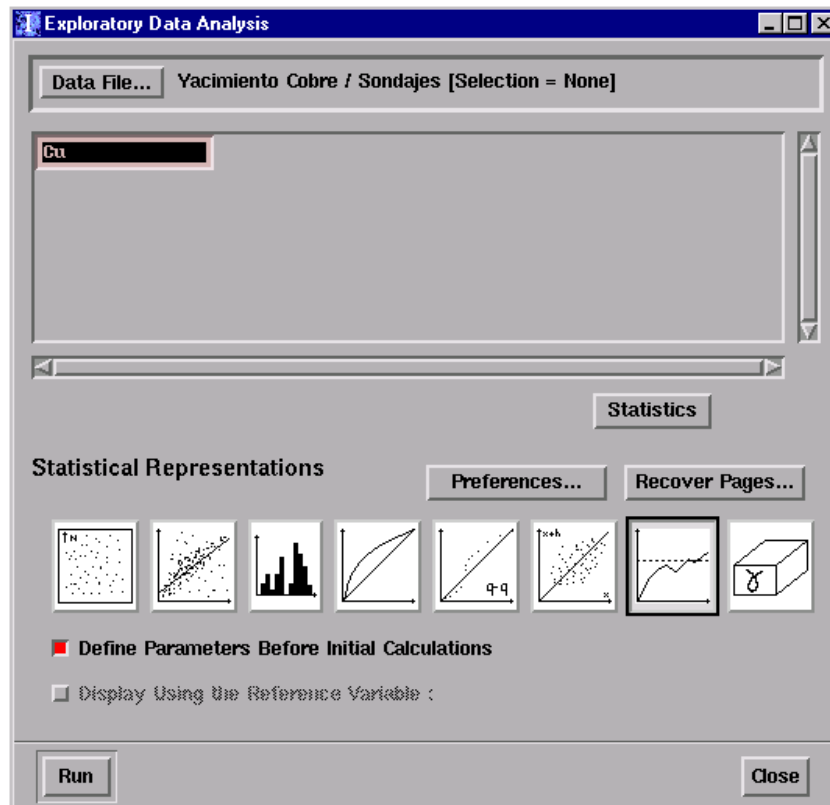
Recordemos que todas las ventanas gráficas del estudio exploratorio están ligadas, de modo que, al usar la opción *Highlight*, esto aparece tanto en el histograma como en el mapa (aquí, vuelto a la representación en planta horizontal, sin código de color).



Se regresa al estado inicial con la opción *Un-Highlight all information*.

Análisis variográfico de los datos

Seguimos con el menú: *Statistics* → *Exploratory Data Analysis*, esta vez presionando el botón del variograma experimental.



Se cambia la opción por defecto (a saber, omnidireccional) por un cálculo a lo largo de direcciones regulares del espacio. Se define los parámetros de cálculo:

- se calcula el variograma experimental (otras herramientas estructurales son posibles, tales como la covarianza, por ejemplo)
- se descarta calcular la nube variográfica (*Variogram Cloud*)
- también se descarta rotar los ejes de coordenada: de este modo, la dirección de referencia es el plano horizontal
- el ancho de banda horizontal (*Slicing Width*) es infinito (queda en blanco)
- el ancho de banda vertical (*Slicing Height*) se define como 4m
- en el plano de referencia (horizontal):
 - ✓ se calcula un variograma en una sola dirección
 - ✓ la tolerancia angular es de 90° (o sea, el cálculo es “omnihorizontal”)
 - ✓ la distancia elemental (paso o “lag”) es de 20m
 - ✓ se quiere calcular 10 pasos
 - ✓ la tolerancia en la distancia es de 5m (la mitad del paso).

Variogram Calculation Parameters

Variographic Option: **Variogram**

List of Options: **Omnidirectional**, **Regular Directions**, **Regular + Irregular Directions**

☐ Calculate the Variogram Cloud

Definition of the Reference Plane and Direction

Reference Direction...: **No rotation**

Slicing Width: m

Slicing Height: m

Direction to be Edited: **Regular Directions in the Reference Plane**

Definition of the Regular Directions in the Reference Plane

Number of Regular Directions:

Tolerance on Angle (in Degrees):

Lag Value: m

Number of Lags:

Tolerance on Distance (proportion of the lag):

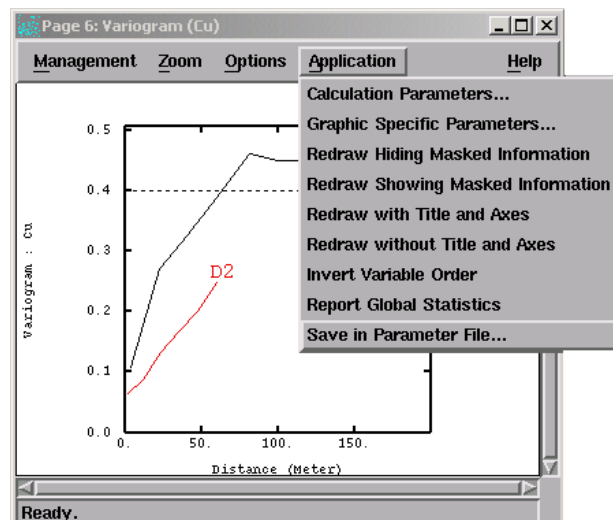
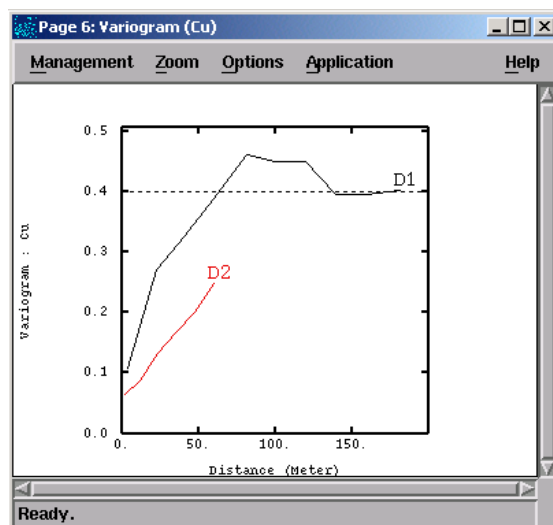
☐ Calculate along the Line

OK **Apply** **Cancel**

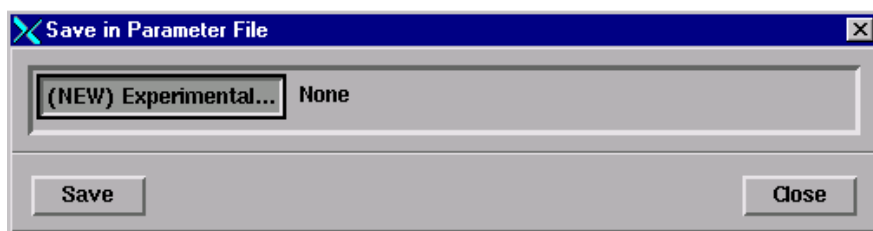
Ahora, cambiando la opción *Regular directions in the reference plane* a *Direction normal to the reference plane*, se puede definir los parámetros de cálculo a lo largo de la dirección vertical:

- ✓ tolerancia angular: 15°
- ✓ paso: 12m
- ✓ número de pasos: 6
- ✓ tolerancia en la distancia: la mitad del paso, es decir, 6m.

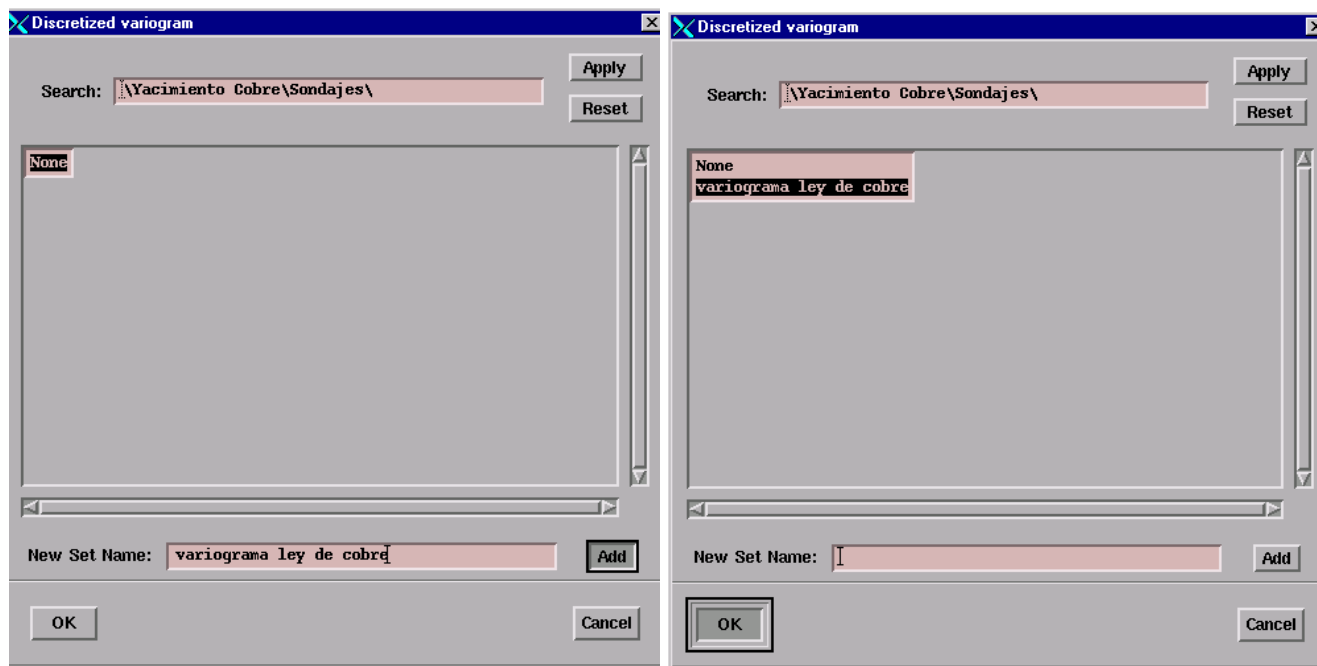
Al presionar *OK*, se obtiene el variograma solicitado, el cual se considera como satisfactorio, por lo cual se guarda en los parámetros del estudio: *Application* → *Save in parameter file*.



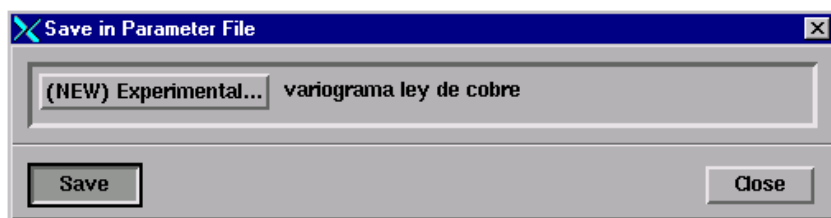
Se entra en la sección *(NEW) Experimental*.



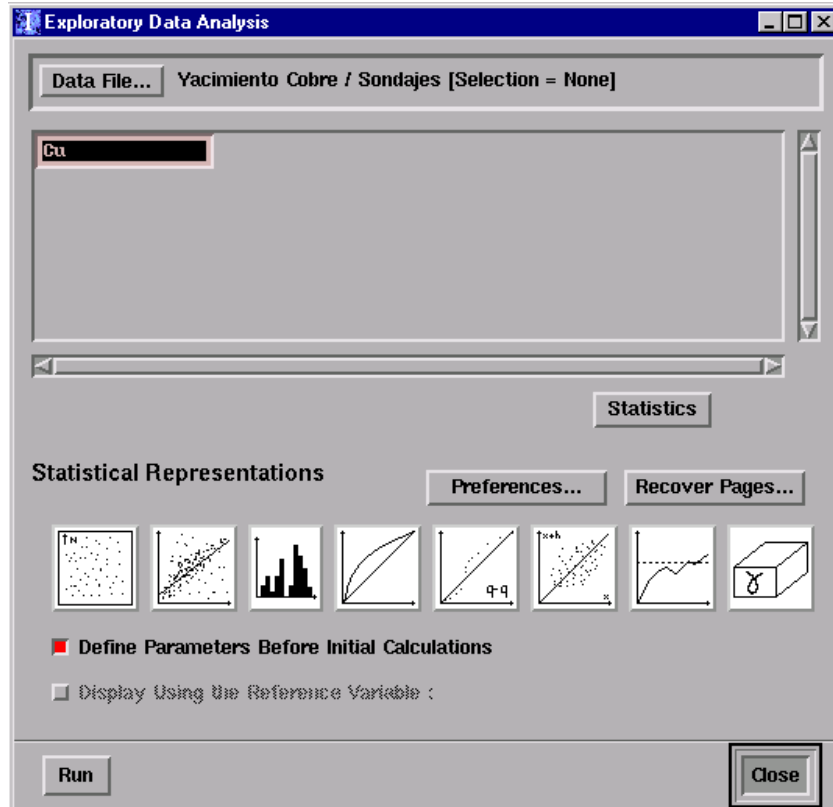
Se escribe el nombre del variograma en la zona de texto, luego se presiona *Add* para agregar este nombre a la lista (inicialmente vacía). Se valida la elección del nombre (*OK*).



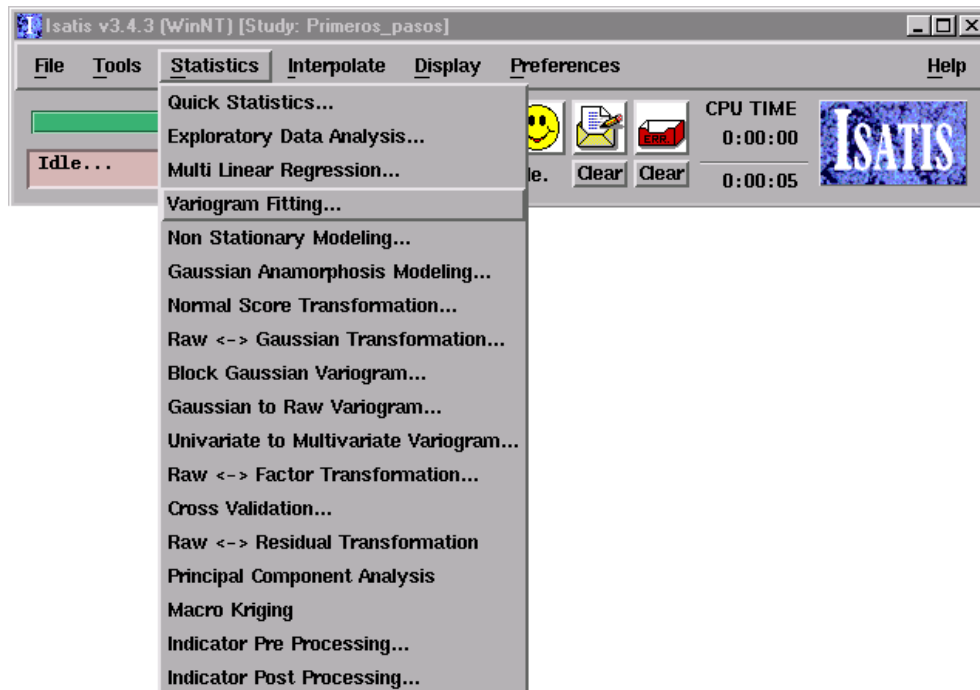
Finalmente, se guarda el variograma experimental (*Save*).



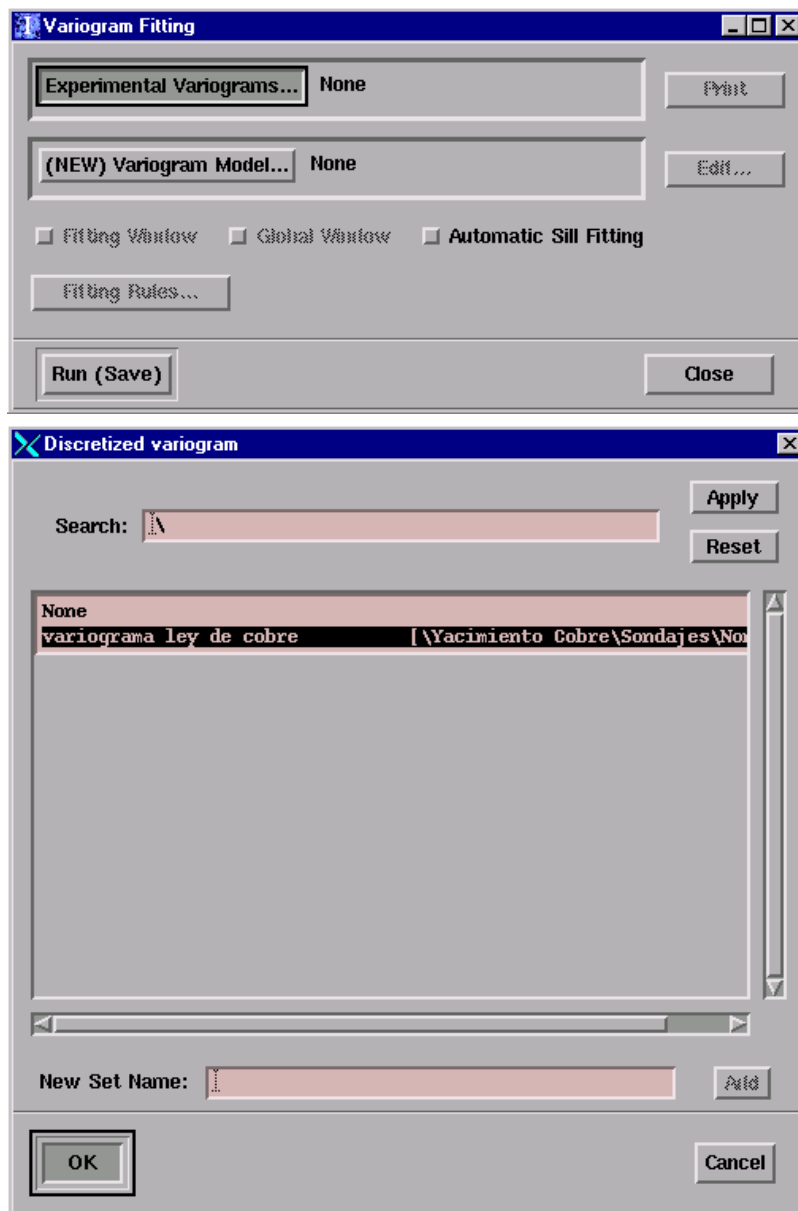
Ahora, se puede cerrar la ventana de análisis exploratorio.



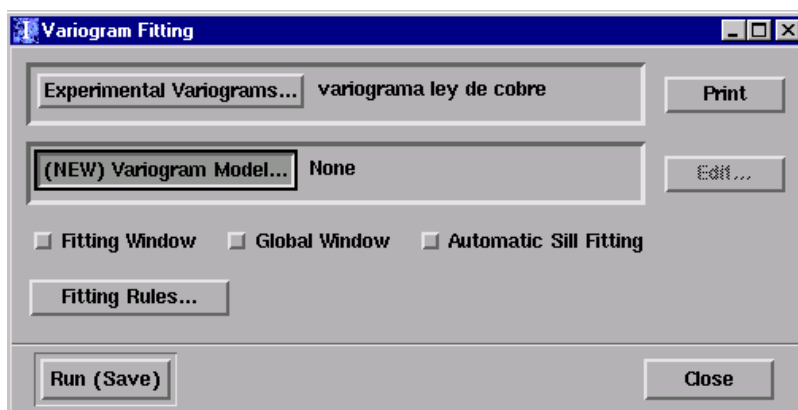
Para ajustar un modelo de variograma, es preciso ir a otro menú: *Statistics* → *Variogram Fitting*



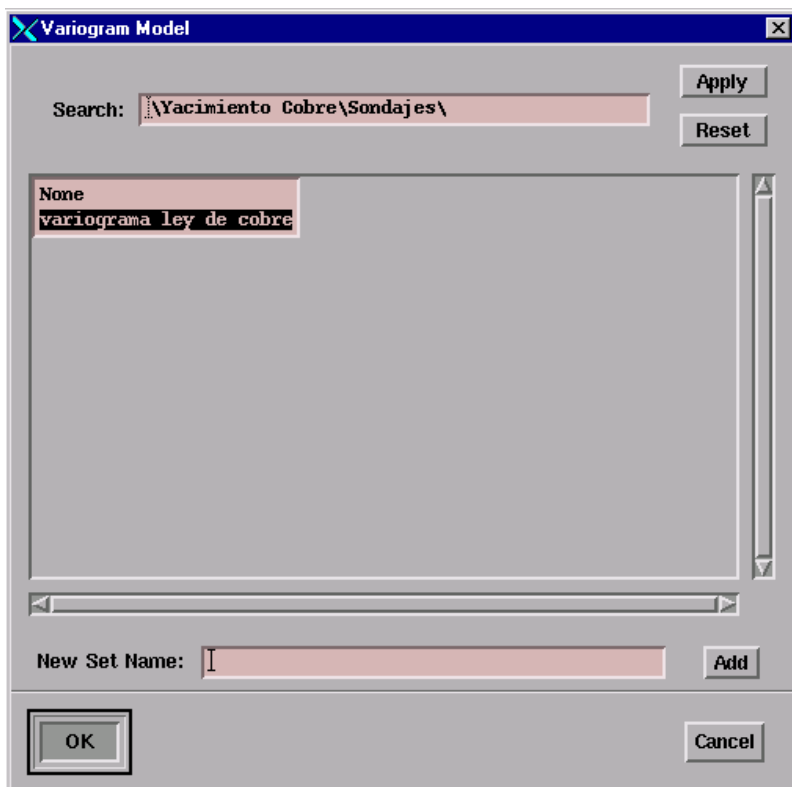
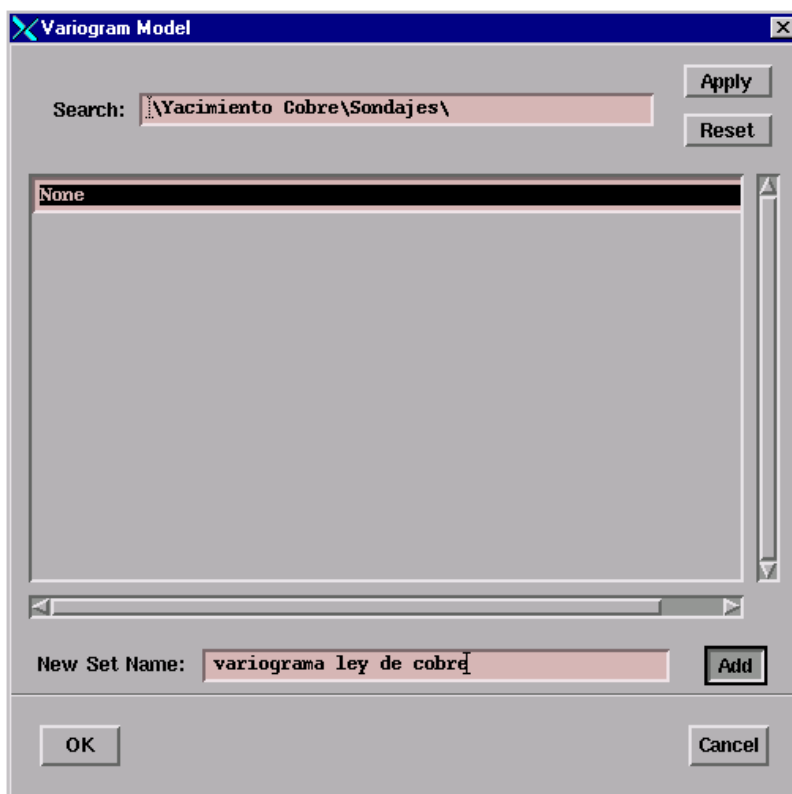
Primero, se selecciona el variograma experimental.



Luego, se debe definir el modelo de variograma que se ajustará: *(NEW) Variogram model*.



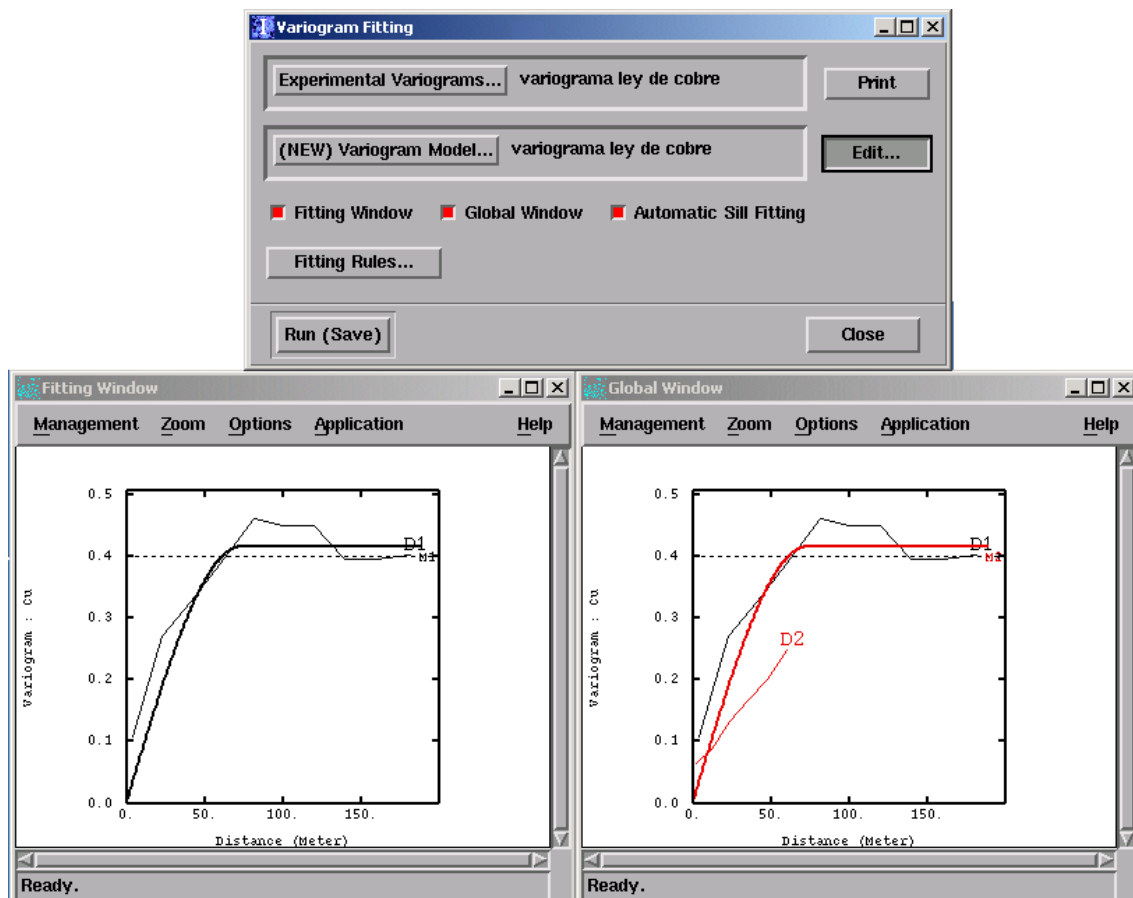
Para mayor facilidad, se puede dar al modelo el mismo nombre que el variograma experimental. El programa hace la distinción entre un variograma experimental y un variograma modelado. El nombre del modelo se entra en la zona de texto, luego se presiona *Add* para agregar este nombre a la lista de modelos disponibles; finalmente, se valida la ventana con el botón *OK*.



El menú de ajuste trae varias opciones:

- *Print*: escribe las características del variograma experimental en el buzón de mensaje
- *Edit*: edita y modifica la definición del modelo
- *Fitting Window*: dibuja el variograma, dirección por dirección y variable por variable
- *Global Window*: dibuja el variograma, todas las direcciones y variables simultáneamente
- *Automatic Sill Fitting*: permite que el programa ajuste las mesetas de las estructuras básicas
- *Fitting Rules*: reglas usadas para el ajuste automático de mesetas
- *Run (Save)*: guarda el modelo ajustado
- *Close*: cierra la ventana

Activemos las opciones (Fitting Window, Global Window y Automatic Sill Fitting), luego editemos el modelo.

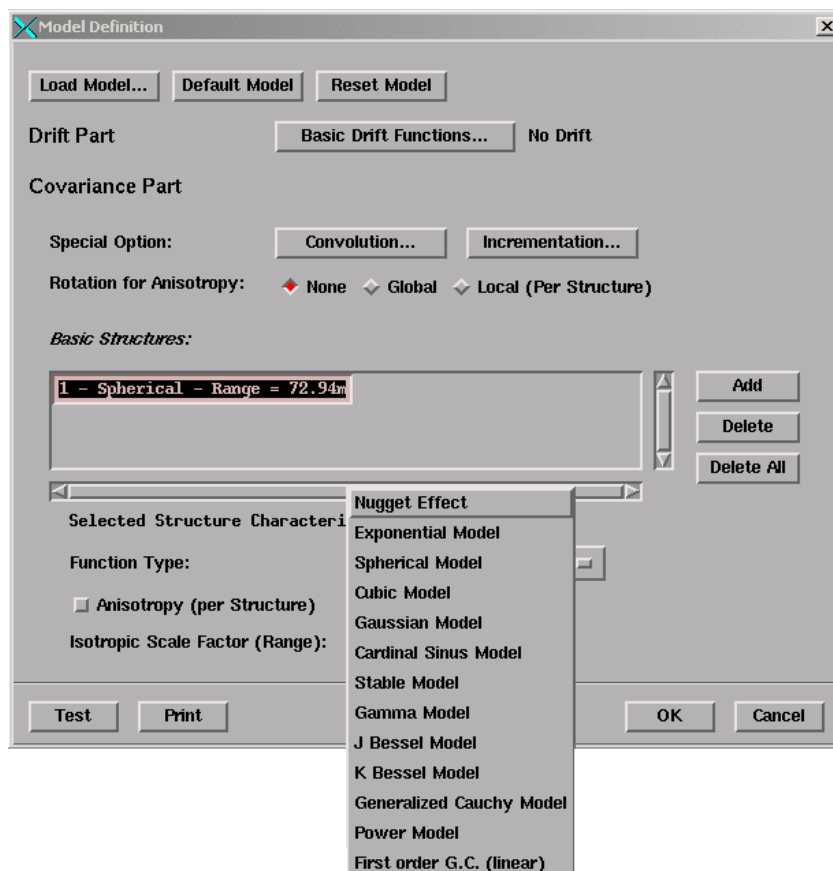


Al presionar *Edit*, se entra en la ventana que define el modelo variográfico (por defecto, se trata de un esquema esférico isótropo). Las primeras opciones (hasta *Rotation for anisotropy*) son de uso especializado y no se detallarán aquí.

La *Rotation for anisotropy* se queda en “None”, pues el variograma experimental está calculado en el plano horizontal y en la dirección vertical. En caso de anisotropía inclinada con respecto a los ejes de coordenada, se puede escoger una rotación global (todos los modelos que constituyen el variograma tienen la misma orientación) o local (cada modelo puede tener su orientación propia).

En la lista de *Basic structures*, se presiona *Add* para agregar un modelo de base, *Delete* para suprimir uno, *Delete all* para suprimir todo. Cada modelo de base puede ser escogido dentro de una lista que se encuentra en *Function Type*. Su alcance (*range*) se define a continuación; puede ser el mismo a lo largo de todas las direcciones del espacio, o bien cambiar según la dirección; en este último caso, es preciso activar la opción *Anisotropy (per structure)* y especificar los alcances en las direcciones principales de anisotropía. En cambio, las mesetas no aparecen, dado que hemos activado la opción de ajuste automático.

Aquí, se desea cambiar el modelo esférico en un modelo pepítico (Nugget).



Luego, se agrega un modelo esférico isótropo de alcance 100m y finalmente un modelo exponencial anisótropo de alcance práctico 40m en el plano horizontal e infinito en la dirección vertical (dejado en blanco). Al presionar el botón *Test*, el programa calcula automáticamente las mesetas que realizan el mejor ajuste del variograma experimental.

Model Definition

Load Model...

Default Model

Reset Model

Basic Drift Functions...

No Drift

Drift Part

Covariance Part

Special Option:

Convolution...

Incrementation...

Rotation for Anisotropy:

None

Global

Local (Per Structure)

Basic Structures:

1 - Nugget effect

2 - Spherical - Range = 100.00m

3 - Exponential - Scale = 40.00m

Add

Delete

Delete All

Selected Structure Characteristics:

Function Type:

Nugget Effect

☐ Anisotropy (per Structure)

Isotropic Scale Factor (Range):

72.9378043

m

Test

Print

OK

Cancel

Model Definition

Load Model...

Default Model

Reset Model

Basic Drift Functions...

No Drift

Drift Part

Covariance Part

Special Option:

Convolution...

Incrementation...

Rotation for Anisotropy:

None

Global

Local (Per Structure)

Basic Structures:

1 - Nugget effect

2 - Spherical - Range = 100.00m

3 - Exponential - Scale = 40.00m

Add

Delete

Delete All

Selected Structure Characteristics:

Function Type:

Exponential Model

☒ Anisotropy (per Structure)

Anisotropic Scale Factors (Ranges) along U, V and W (Defined in the Rotated System)

40

m

40

m

40

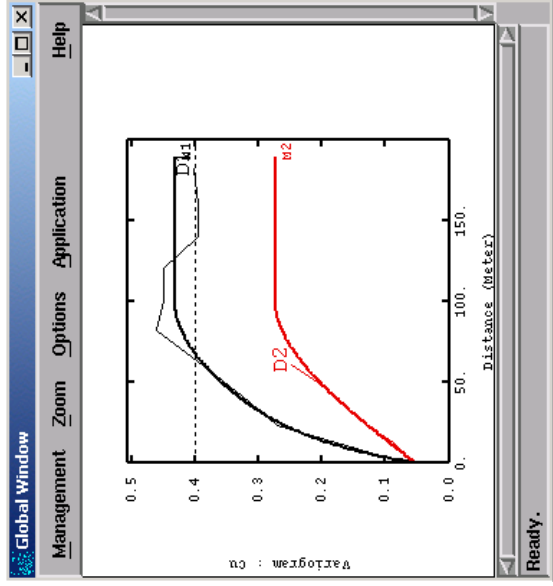
m

Test

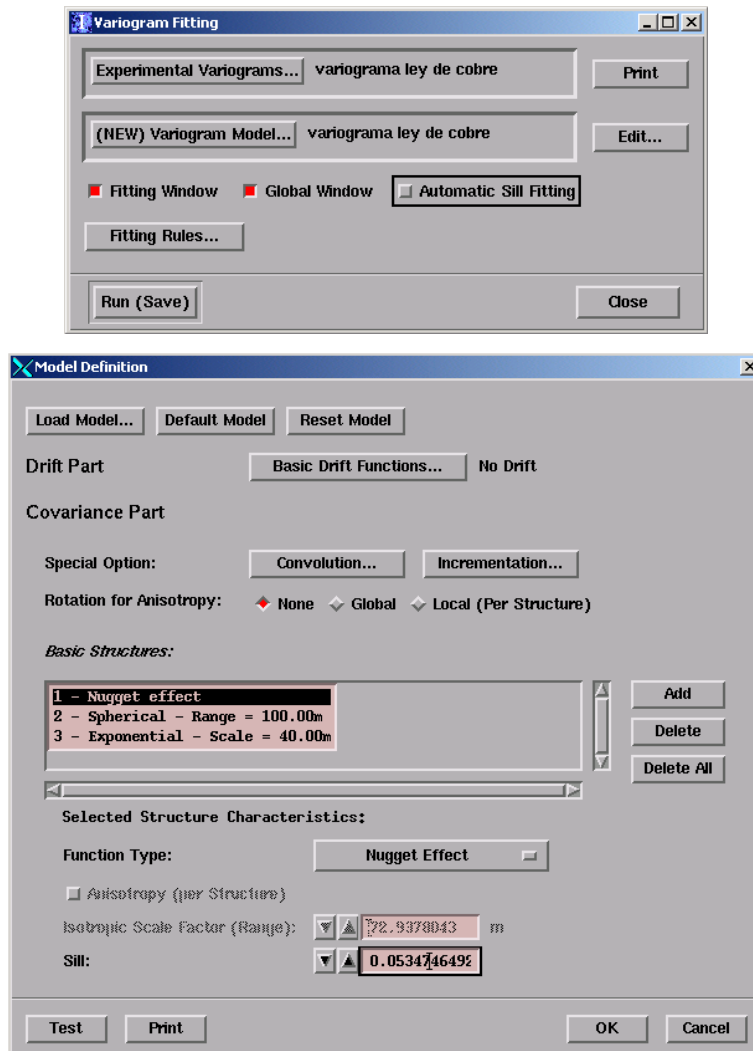
Print

OK

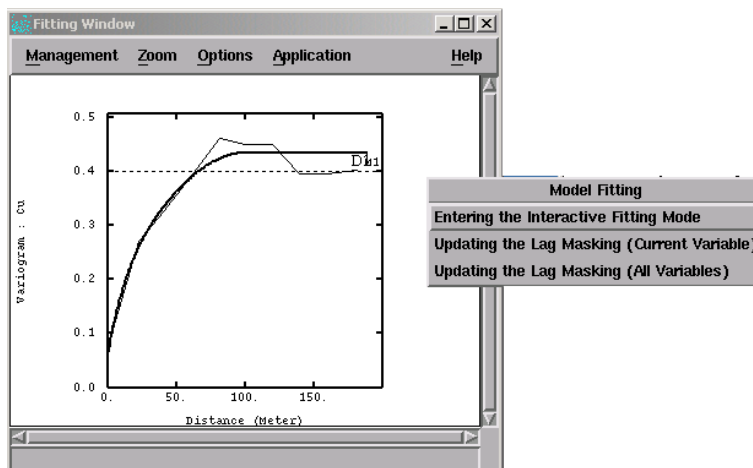
Cancel



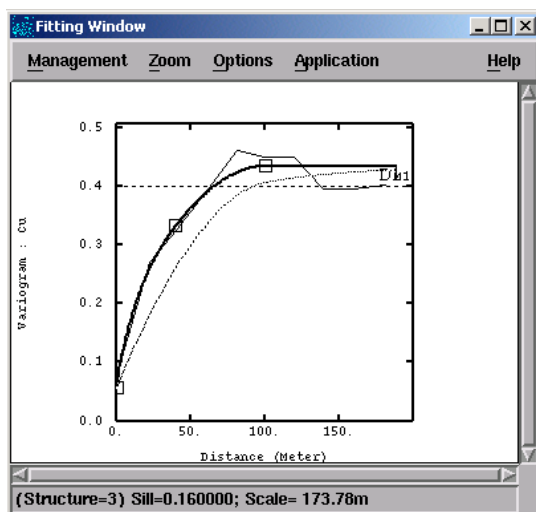
Podemos desactivar la opción de ajuste automático, caso en el cual las mesetas aparecen en la ventana de definición del variograma. Se hubiera podido ajustar dichas mesetas en forma manual; también se puede usar la opción de ajuste automático y luego desactivarla para afinar el ajuste obtenido.



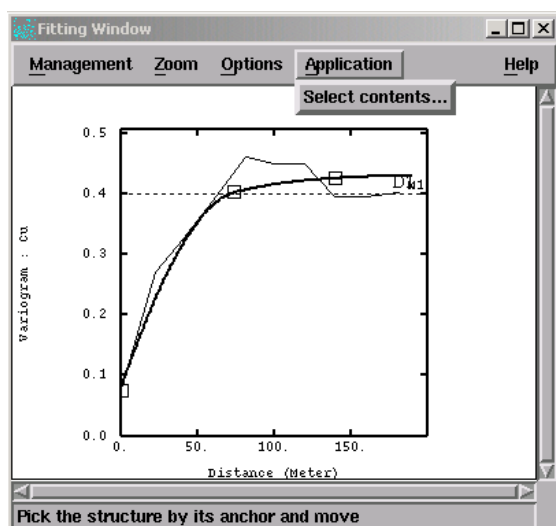
Existe otra manera de ajustar el variograma experimental, a partir de la ventana *Fitting Window*. Con el botón derecho del mouse, se selecciona el menú *Entering the interactive fitting mode*.



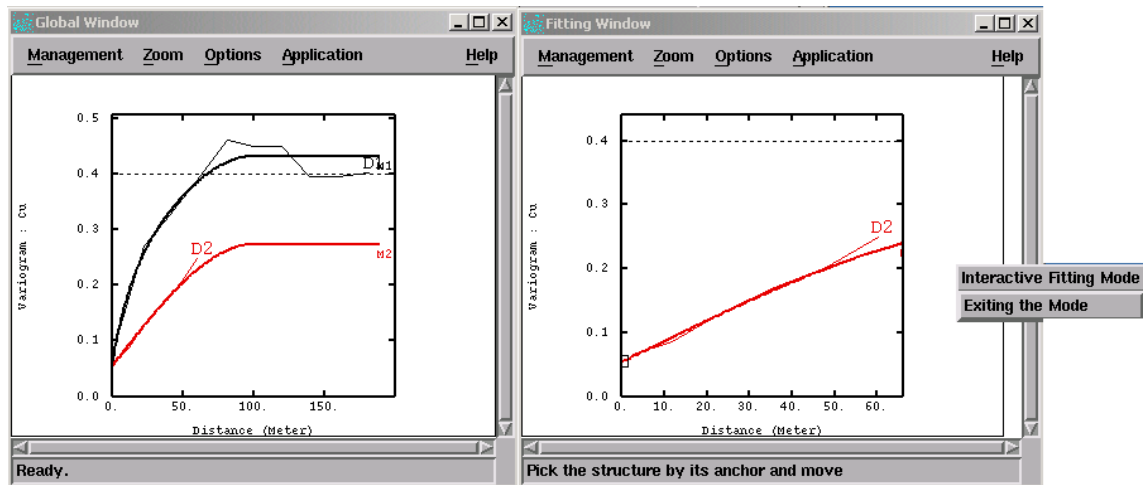
Cada una de las estructuras de base está representada por un cuadrado, el cual se puede mover con el mouse, lo que modifica el alcance y la meseta de dicha estructura.



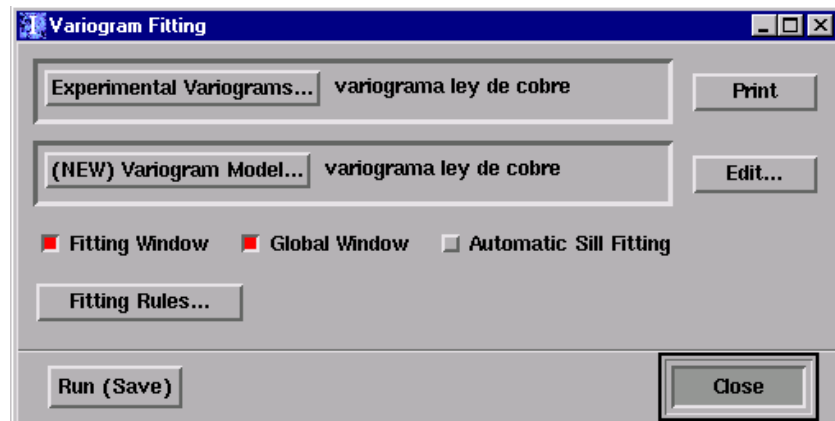
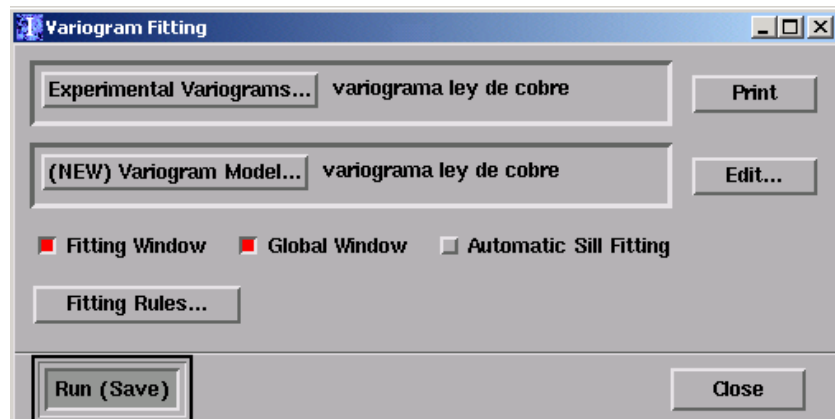
Esta opción de ajuste actúa en una dirección del espacio a la vez, de modo que es preciso ver también lo que sucede en la dirección vertical: *Application* → *Select contents*, escoger la dirección 2 y validar.



Se puede ayudar de la *Global Window* para llegar a un ajuste satisfactorio. Para salir del modo interactivo, se usa el botón derecho del mouse (Exiting the mode).

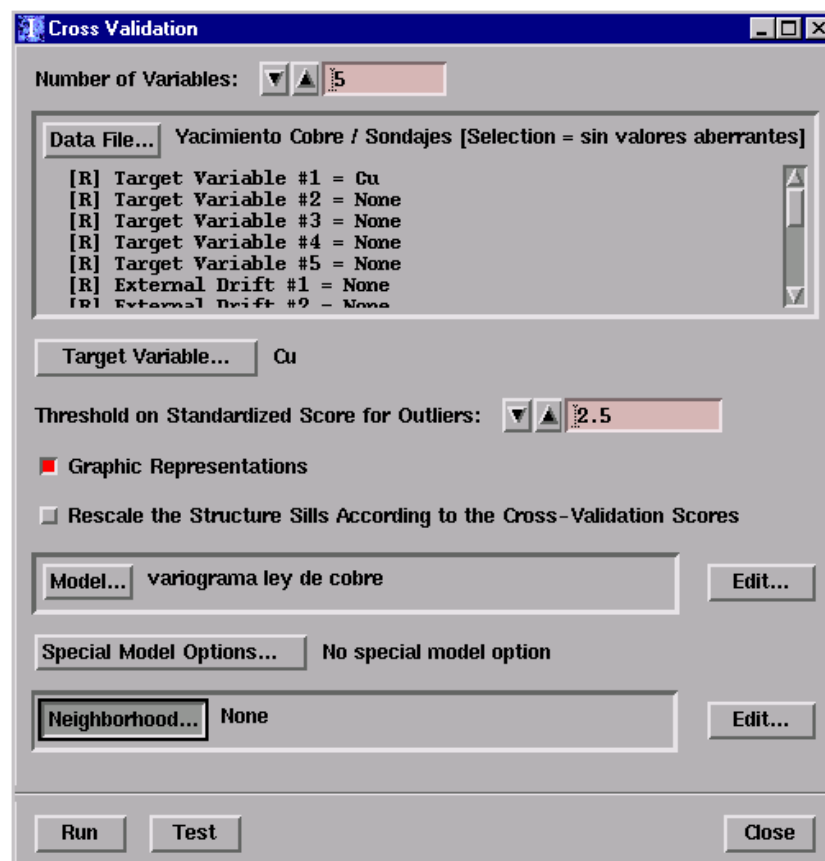
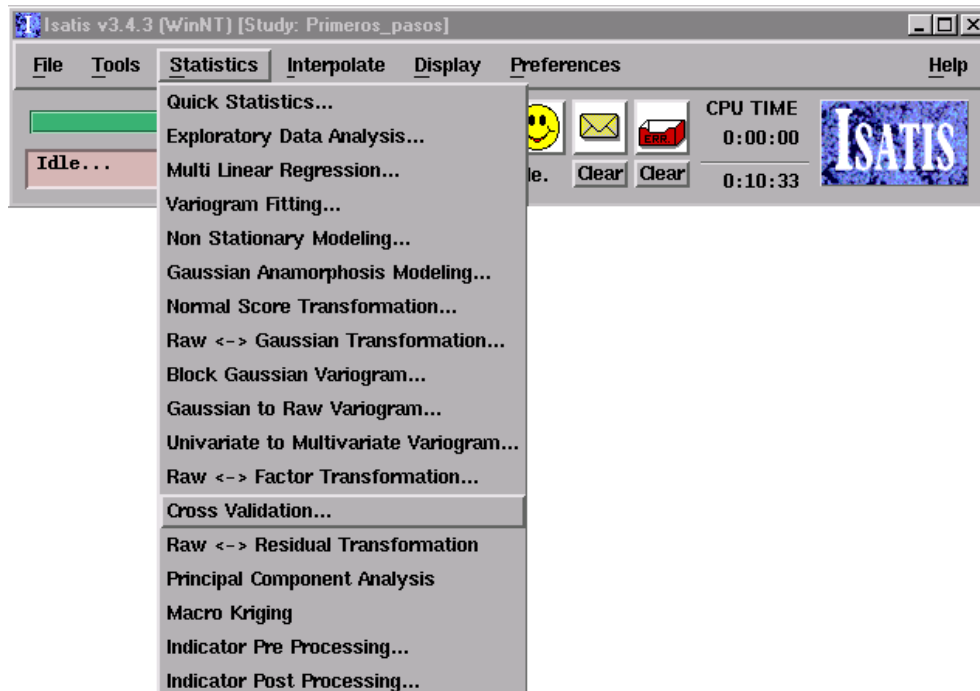


Se guarda el modelo definido al ejecutar el botón *Run (Save)* de la ventana inicial de ajuste de variograma, luego se puede cerrar dicha ventana.



Validación cruzada

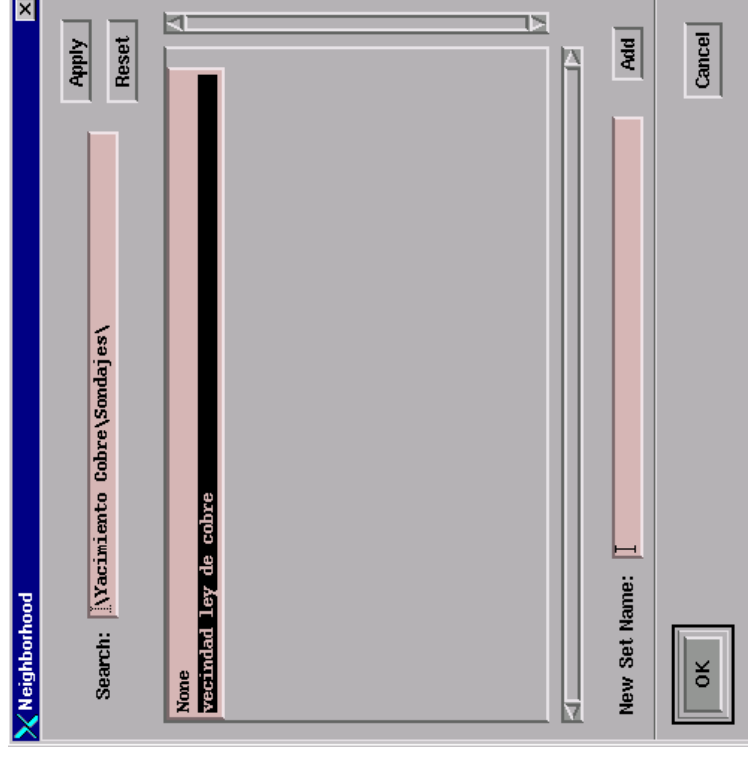
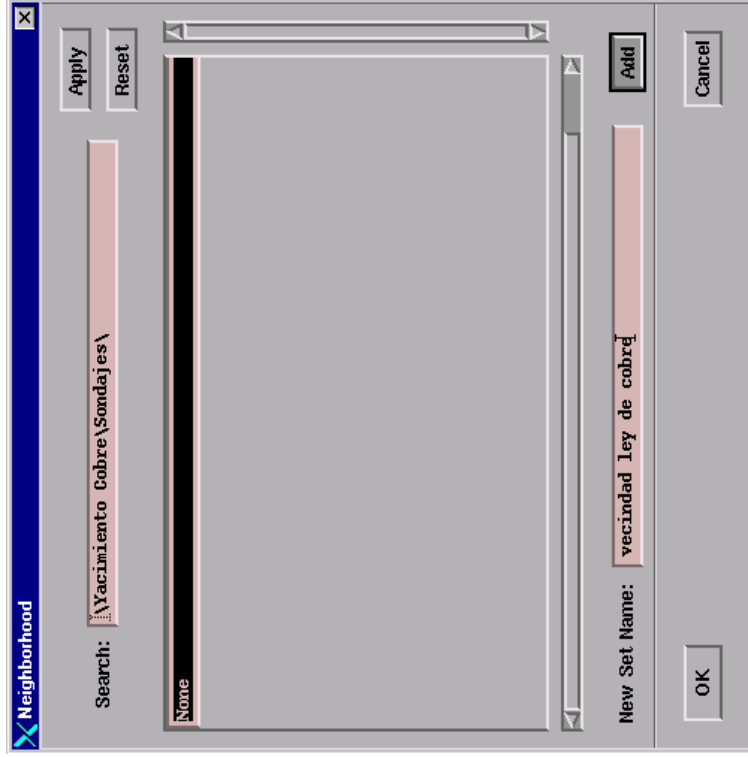
La validación del modelo se encuentra en el menú *Statistics* → *Cross Validation*.



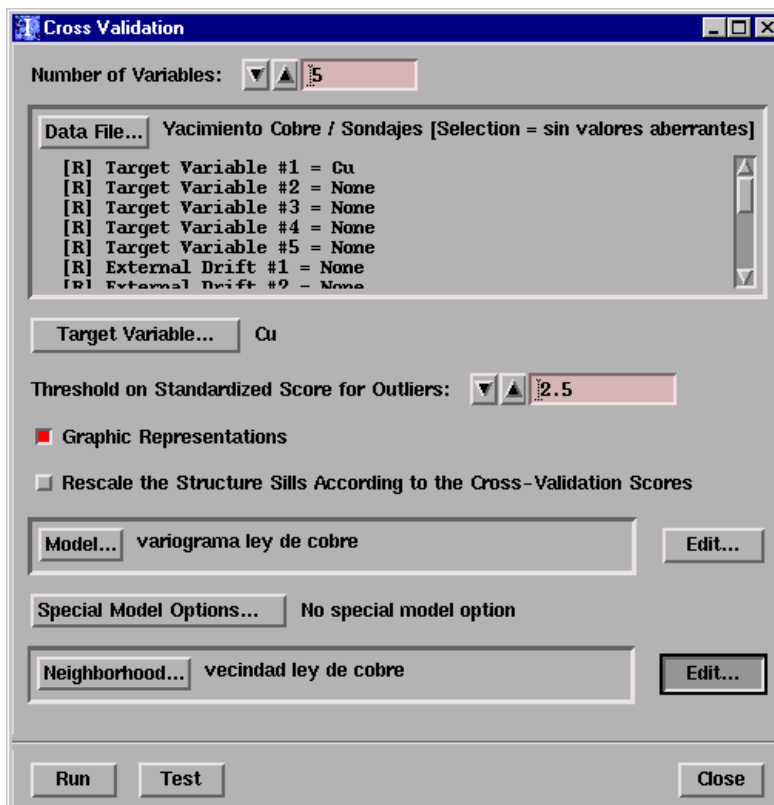
Los datos (*Data File*) corresponden a las leyes de cobre, excluyendo el valor aberrante. El botón *Target variable* permite seleccionar la variable a analizar en caso de tener un modelo multivariable y el *Threshold* corresponde al umbral a partir del cual una estimación se considera mala; por defecto, este umbral es 2.5, es decir, que una estimación es mala cuando el valor absoluto del error de estimación es mayor que 2.5 veces la desviación estándar de estimación.

Se pide realizar varios tests gráficos (activar *Graphic representations*). En cambio, no se desea modificar el modelo variográfico según los resultados obtenidos (en caso de activar la opción *Rescale the structure sills...*, se modifica la meseta del modelo de tal forma que los resultados de validación cruzada sean aceptables). Se selecciona el modelo de variograma con la opción *Model*. Se puede escoger varias opciones (por ejemplo, realizar un kriging simple) con el botón *Special model options*.

Falta especificar una vecindad de kriging; para eso, se presiona el botón *Neighborhood*. Se define el nombre de la nueva vecindad en la zona de texto, luego se agrega este nombre a la lista (vacía) con el botón *Add* y se valida la ventana con *OK*.



Por defecto, la vecindad es única, o sea, contiene la totalidad de los datos. Se modifica esta elección al presionar el botón *Edit*.



Cross Validation

Number of Variables: 5

Data File... Yacimiento Cobre / Sondajes [Selection = sin valores aberrantes]

[R] Target Variable #1 = Cu
[R] Target Variable #2 = None
[R] Target Variable #3 = None
[R] Target Variable #4 = None
[R] Target Variable #5 = None
[R] External Drift #1 = None
[R] External Drift #2 = None

Target Variable... Cu

Threshold on Standardized Score for Outliers: 2.5

☒ Graphic Representations

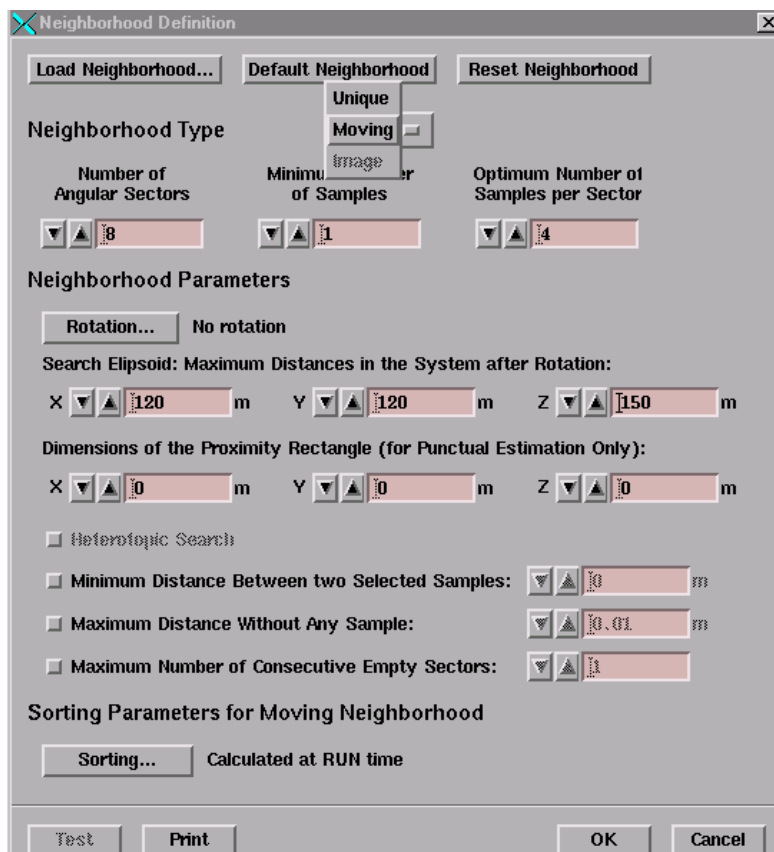
☐ Rescale the Structure Sills According to the Cross-Validation Scores

Model... variograma ley de cobre Edit...

Special Model Options... No special model option

Neighborhood... vecindad ley de cobre Edit...

Run Test Close



Neighborhood Definition

Load Neighborhood... Default Neighborhood Reset Neighborhood

Neighborhood Type: Unique Moving

Number of Angular Sectors: 8 Minimum Number of Samples: 1 Optimum Number of Samples per Sector: 4

Neighborhood Parameters

Rotation... No rotation

Search Ellipsoid: Maximum Distances in the System after Rotation:
X: 120 m Y: 120 m Z: 150 m

Dimensions of the Proximity Rectangle (for Punctual Estimation Only):
X: 0 m Y: 0 m Z: 0 m

☐ Heterotopic Search

☐ Minimum Distance Between two Selected Samples: 0 m

☐ Maximum Distance Without Any Sample: 0.01 m

☐ Maximum Number of Consecutive Empty Sectors: 1

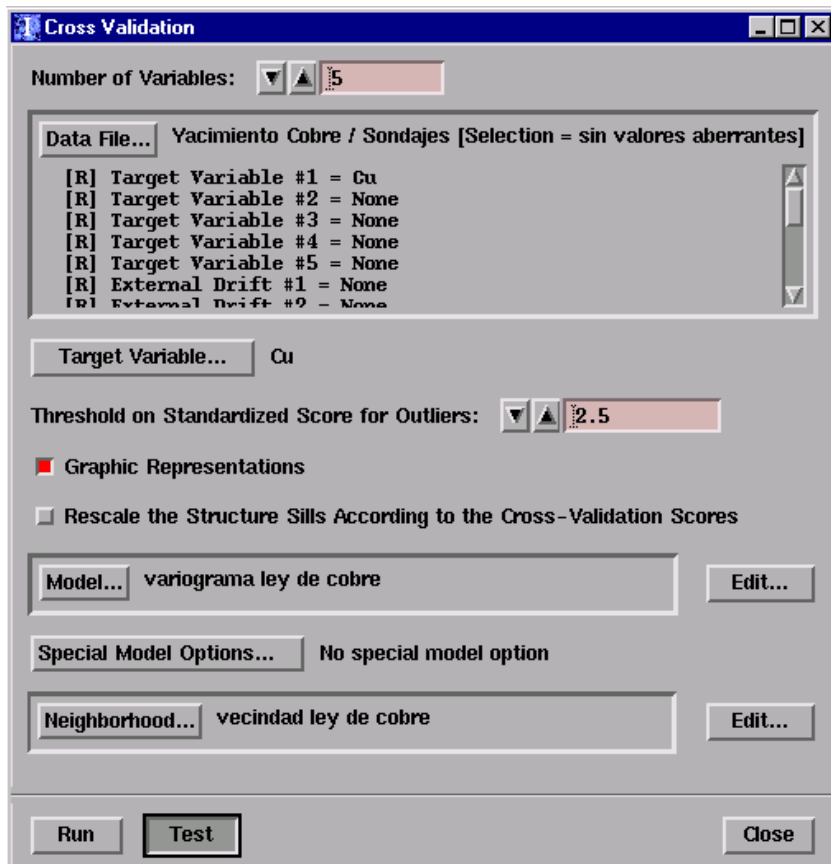
Sorting Parameters for Moving Neighborhood

Sorting... Calculated at RUN time

Test Print OK Cancel

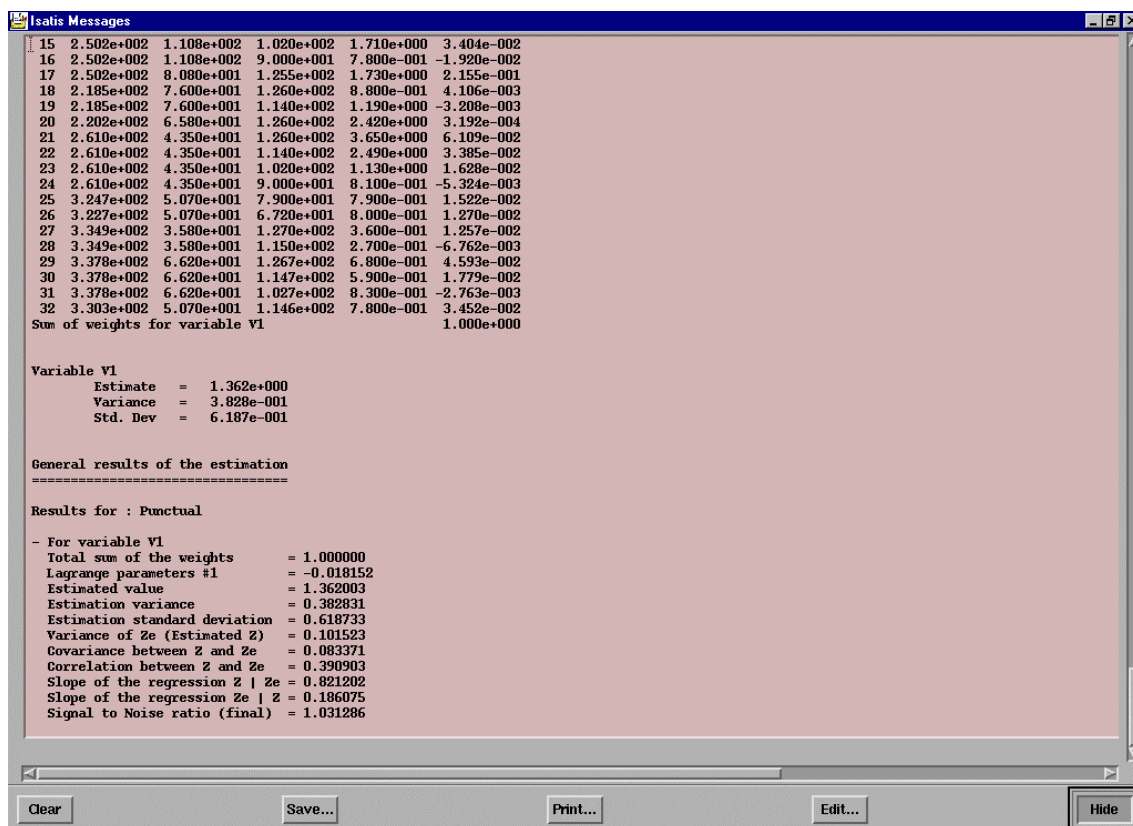
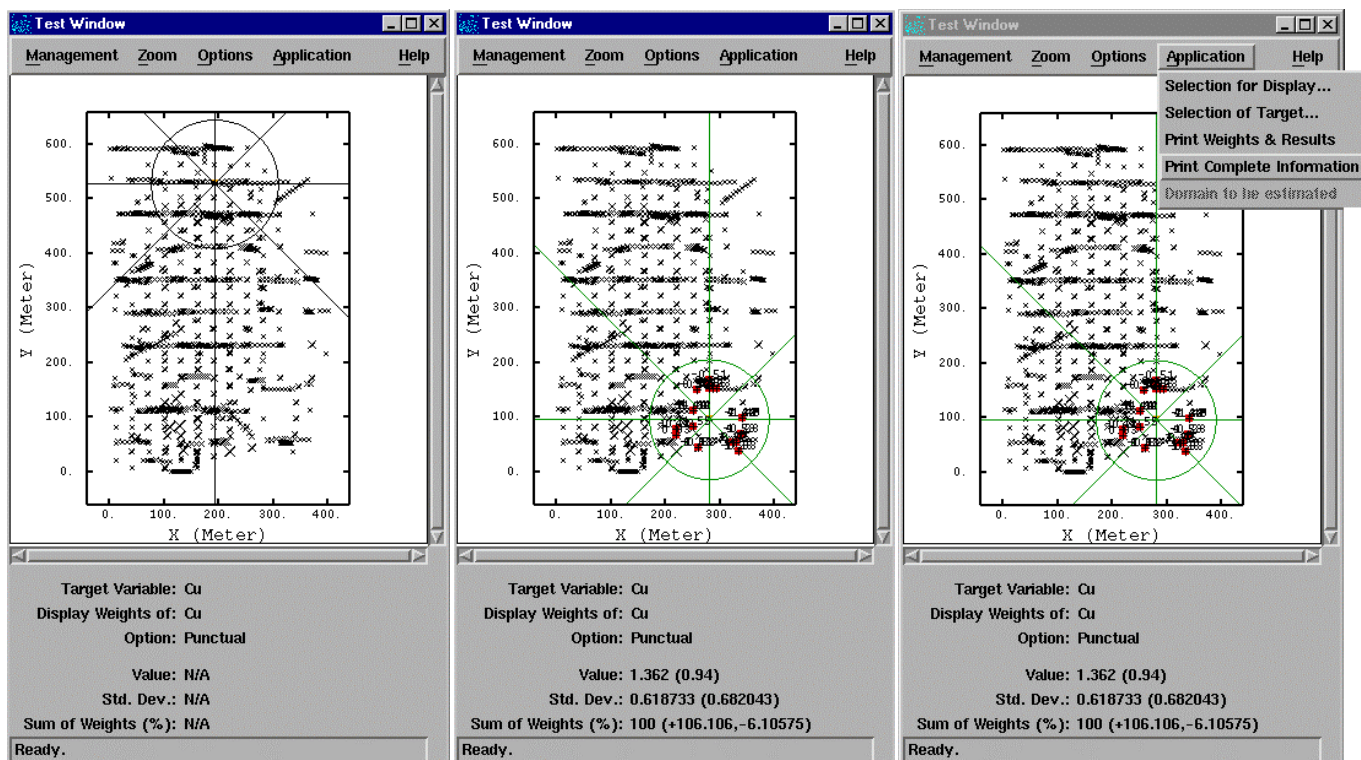
Aquí, se definió una vecindad móvil (*Moving*), que está constituida por un elipsoide, dividido en octantes, con una muestra como mínimo (en la vecindad entera) y 4 muestras como máximo en cada octante. El elipsoide está orientado según los ejes de coordenada (*No rotation*) y sus radios son 120m en el este, 120m en el norte y 150m en la vertical (el variograma vertical es menor que el horizontal, luego es preferible privilegiar la dirección vertical en la búsqueda de los datos). Las distancias de proximidad se quedan nulas (es decir, se realizará el kriging incluso si existe un dato muy cercano); no se usa las otras opciones. Se valida la ventana con *OK*.

De vuelta en la ventana principal, se tiene tres elecciones: cerrar la ventana (*Close*), ejecutar la validación cruzada (*Run*) o realizar una prueba (*Test*). Se escoge esta última opción.

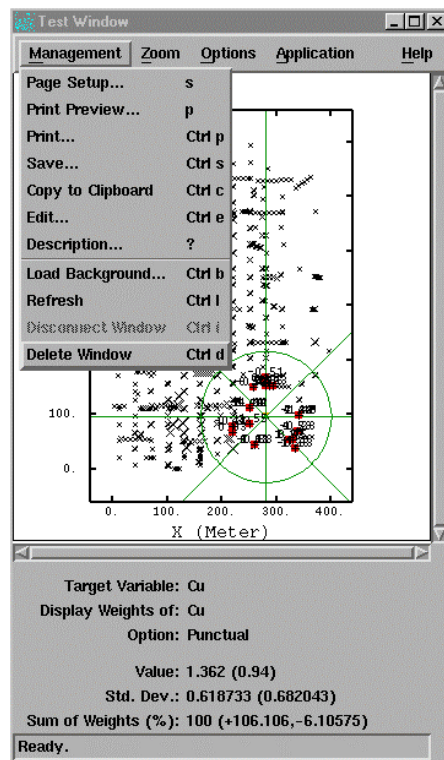


Se obtiene una vista en planta de las muestras. Al escoger una muestra con el mouse, se efectúa la validación de esta muestra, indicándose los datos seleccionados y los pesos de kriging asociados en la ventana, así como los valores reales, estimados, la desviación estándar y la suma de los pesos de kriging en la parte abajo.

En el menú *Application*, existen varias opciones adicionales, tal como cambiar el punto de vista (*Selection for display*), cambiar la muestra a estimar (*Selection of target*) o imprimir todo o parte de la información relativa a la estimación (*Print weights and results* y *Print complete information*), la cual aparece en el buzón de mensajes.



Por ejemplo, uno se puede fijar en la pendiente de la regresión del valor real en función del valor estimado (*Slope of the regression Z | Ze*), que debe acercarse a 1 en caso de insesgo condicional. La prueba se puede repetir con varias muestras, cambiando el modelo variográfico o la vecindad de kriging. Se sale de la ventana *Test* con *Application* → *Delete Window*.



Siendo la prueba satisfactoria, se corre la validación cruzada (*Run*).

Number of Variables: 5

Data File... Yacimiento Cobre / Sondajes [Selection = sin valores aberrantes]

[R] Target Variable #1 = Cu
[R] Target Variable #2 = None
[R] Target Variable #3 = None
[R] Target Variable #4 = None
[R] Target Variable #5 = None
[R] External Drift #1 = None
[R] External Drift #2 = None

Target Variable... Cu

Threshold on Standardized Score for Outliers: 2.5

☒ Graphic Representations

☐ Rescale the Structure Sills According to the Cross-Validation Scores

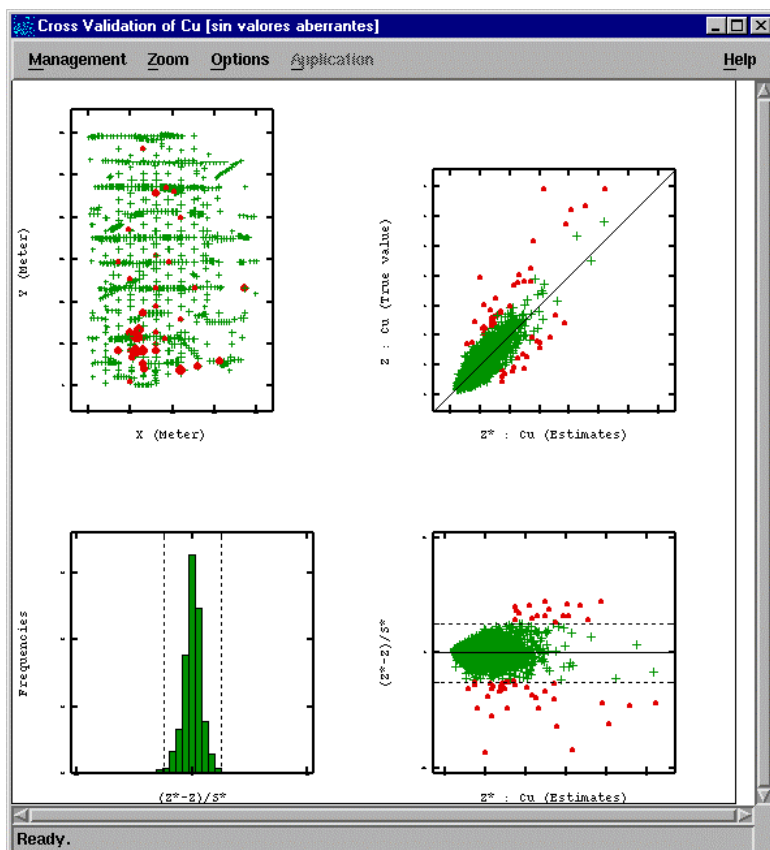
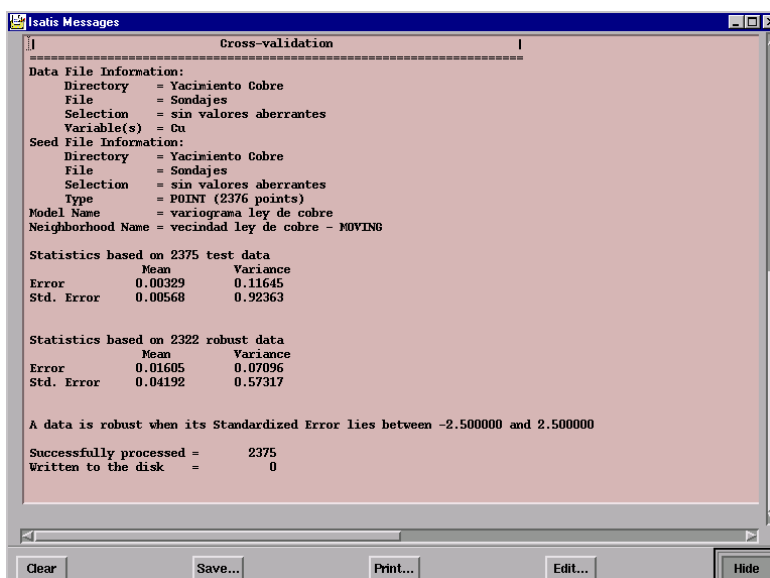
Model... variograma ley de cobre Edit...

Special Model Options... No special model option

Neighborhood... vecindad ley de cobre Edit...

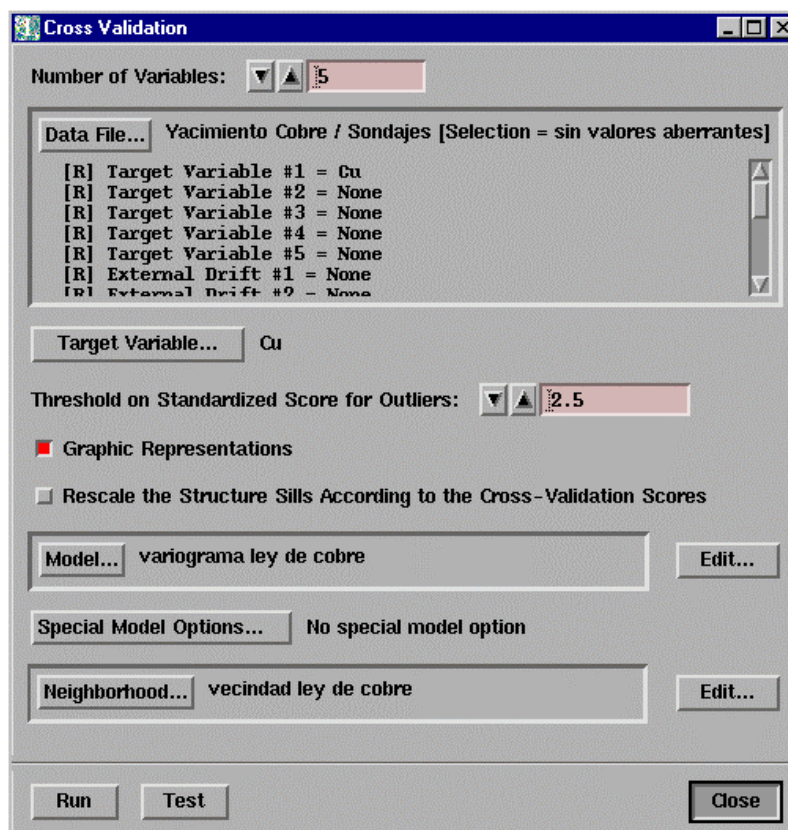
Run Test Close

La ejecución del menú desemboca en dos tipos de resultados. Por una parte, algunas estadísticas sobre los errores y errores estandarizados cometidos (en el buzón de mensaje). Por otra parte, los tests gráficos que han sido solicitados.



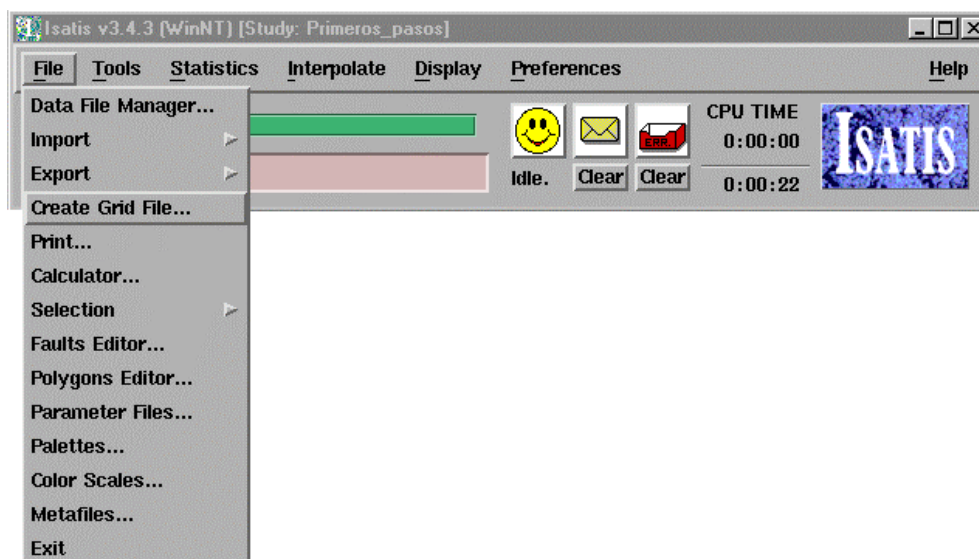
Estos gráficos constan de un mapa de ubicación (vista en planta), una nube de los valores reales en función de los valores estimados, un histograma de los errores estandarizados cometidos y una nube de los errores estandarizados en función de los valores estimados (test de sesgo condicional). En rojo, se señalan aquellas muestras que han sido “mal” estimadas (error estandarizado mayor que 2.5 o menor que -2.5).

Ahora, se puede cerrar el menú de validación cruzada y pasar al kriging propiamente tal.

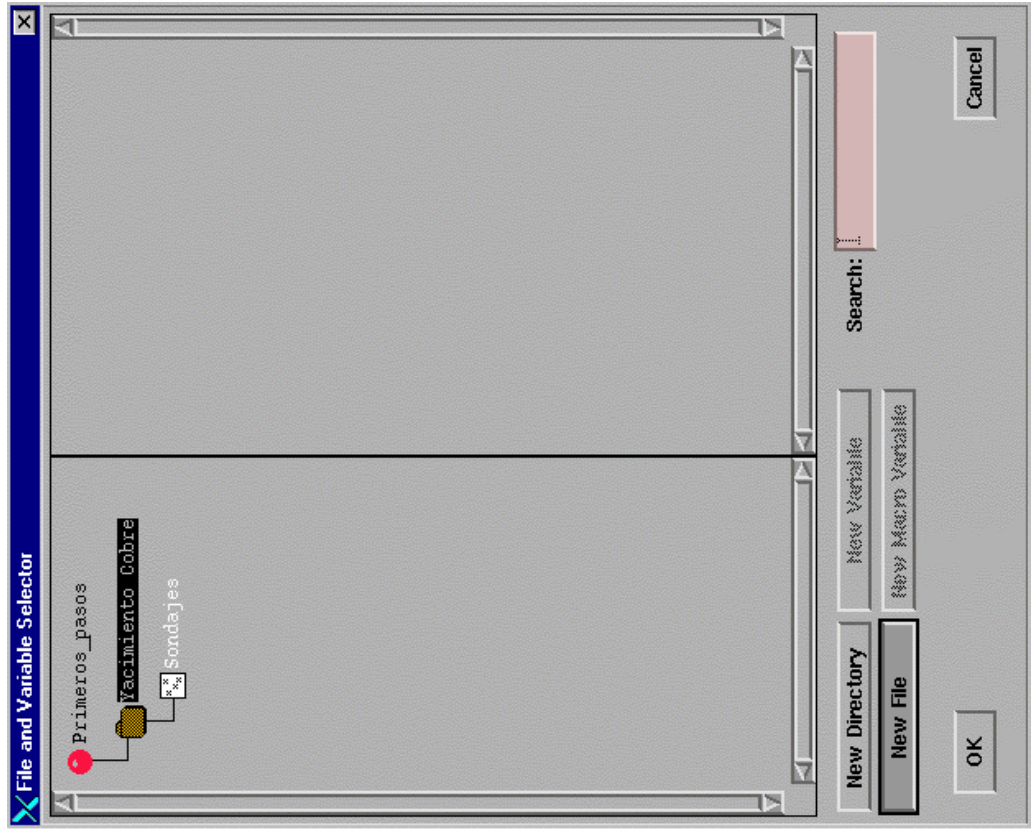
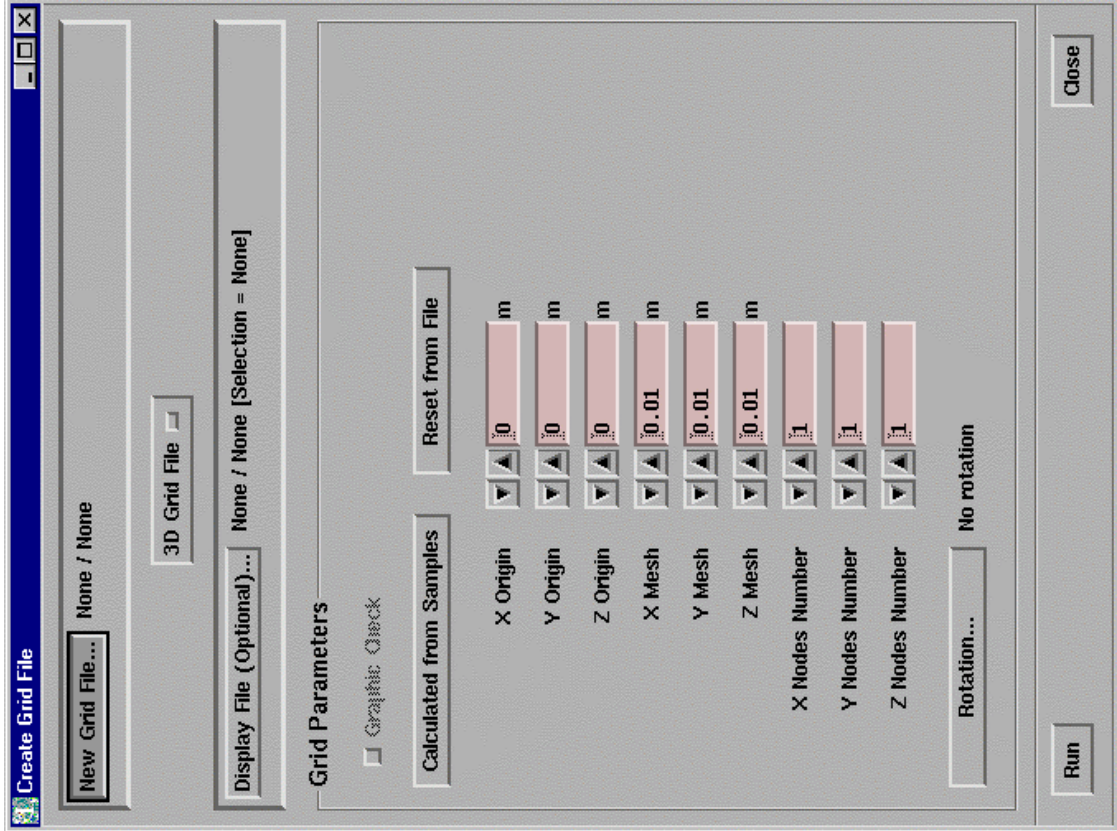


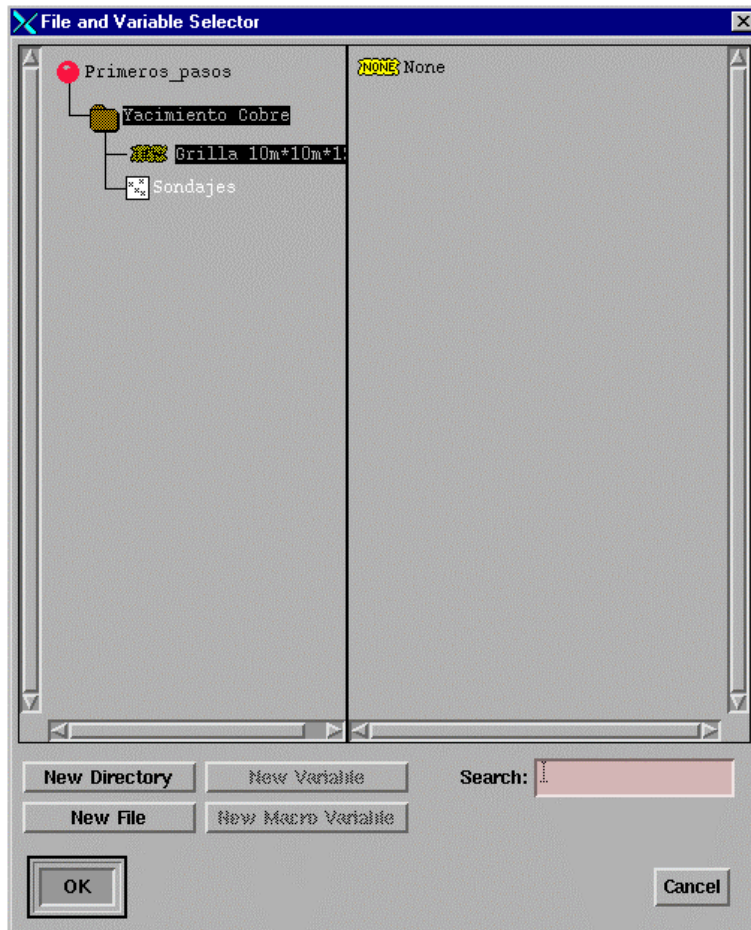
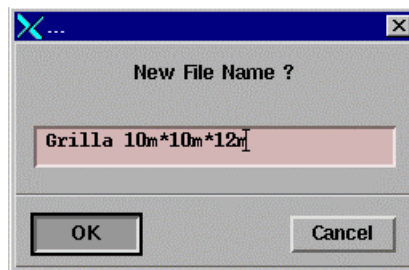
Estimación de las unidades de selección minera

Antes de realizar la estimación, se requiere definir una grilla que cubre la zona muestreada y cuya malla representa las unidades de selección minera. En el ejemplo presentado, estas unidades miden 10m en lo horizontal y 12m en lo vertical. Se crea la grilla deseada en *File* → *Create Grid File*.



Se entra en el *File and variable selector* al presionar *New Grid File*. Luego, se define un nuevo archivo (dentro del directorio “Yacimiento Cobre”) llamado “Grilla 10m*10m*12m” . Se valida las elecciones para regresar en la ventana *Create Grid File*.



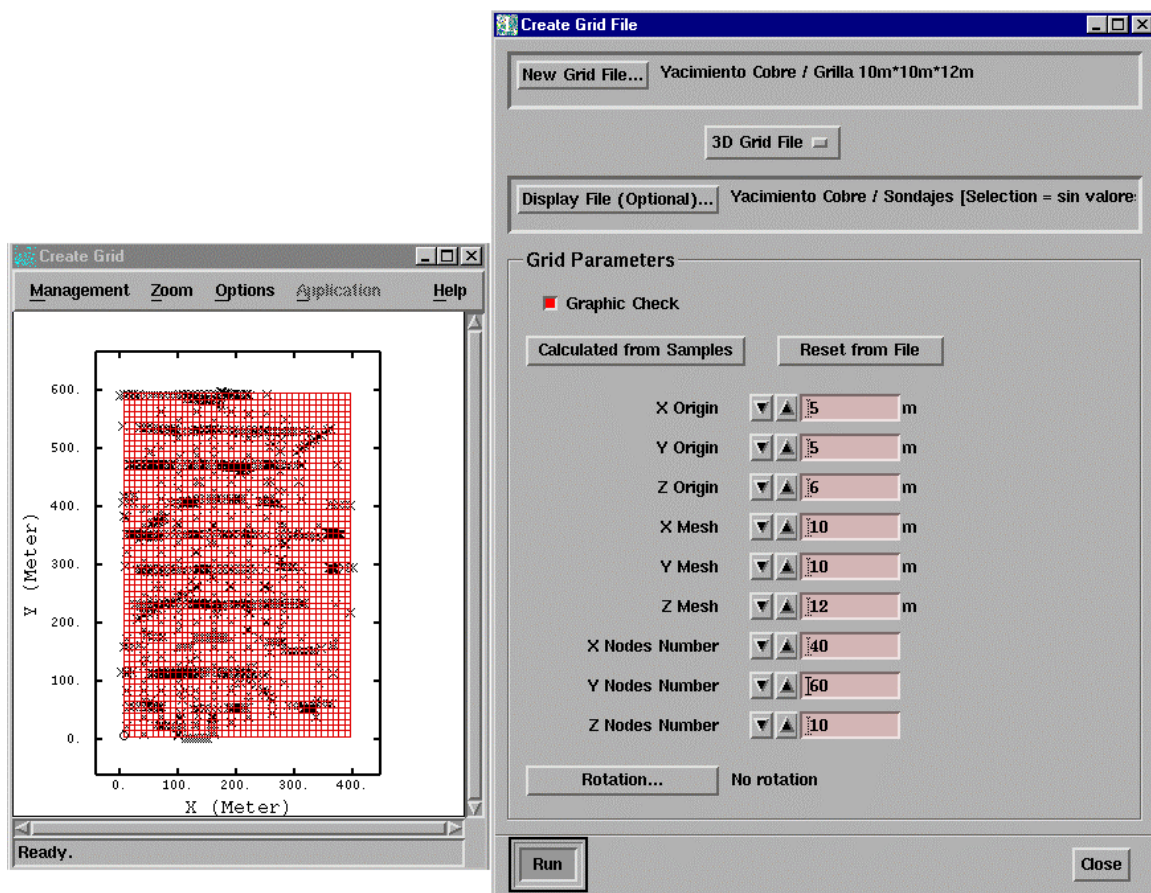


Para ayudar a delimitar la grilla tridimensional, se puede visualizar las muestras en tela de fondo (seleccionar el archivo Yacimiento Cobre\Sondajes en *Display File (Optional)* y presionar la opción *Graphic Check* (comprobación gráfica).

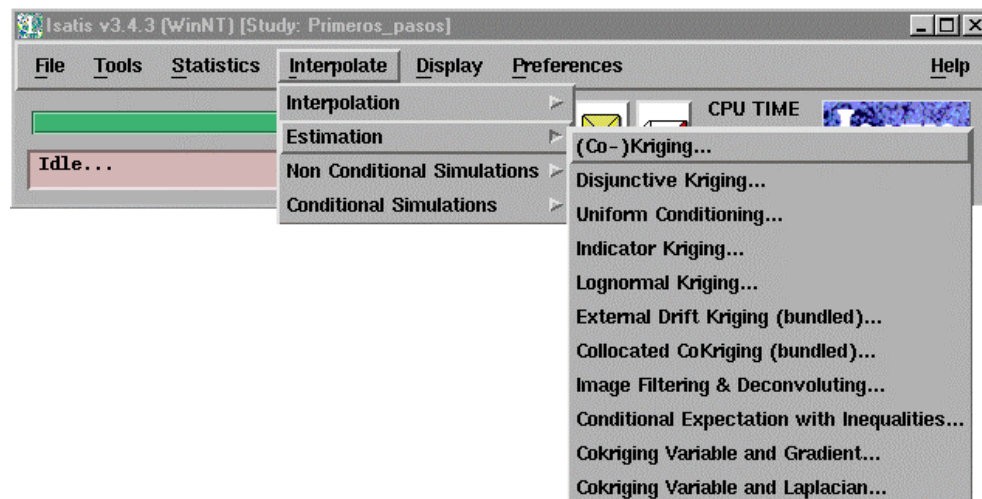
Los parámetros escogidos para la grilla son:

- malla de 10m en los ejes este (X mesh) y norte (Y mesh)
- malla de 12m en el eje vertical (Z mesh)
- extensión de 40 bloques en el este, 60 en el norte y 10 en la vertical (X, Y, Z nodes number)
- el origen del primer bloque es 5m (este), 5m (norte) y 6m (vertical); la razón del desfase con respecto a (0,0,0) es que Isatis considera los centros de gravedad como sitio de ubicación de los bloques.

Después de verificar la buena adecuación con las muestras en la ventana gráfica adjunta, se ejecuta el menú (*Run*), logrando la creación de la grilla.



Ahora, se puede proceder a la interpolación por kriging: *Interpolate* → *Estimation* → *(Co-)Kriging*.



Las unidades a estimar miden 10m*10m*12m y son mucho más voluminosas que las muestras, por lo cual se realiza un kriging de bloque, activando la opción correspondiente al inicio de la ventana de kriging. Luego, se completa dicha ventana, especificando los datos a usar (“Cu”, con la selección que descarta el valor aberrante) en *Input File*, el nombre de las variables de salida en *Output File*, el modelo de variograma y la vecindad de kriging. No se probará ninguna opción especial (*Special model options* y *Special kriging options*). Sin embargo, por tratarse de una estimación no puntual, una discretización es requerida, cuyos parámetros se especifican en la vecindad (*Edit*).

Standard (Co-)Kriging

Type of Calculation:

Punctual

Block

Large Scale Drift

First Order Derivative

Second Order Derivative

Number of Variables:

None / None [Sel]

Input File...

[R] Variable #1 = None
[R] Variable #2 = None
[R] Variable #3 = None
[R] Variable #4 = None

Output File...

Yacimiento Cobre / Grilla 10m*10m*12m [Selection = None]
[R] External Drift on Target #1 = None
[R] External Drift on Target #2 = None
[R] External Drift on Target #3 = None
[R] Collocated Variable = None

Kriging Parameters

Model...

None

Edit...

Special Model Options...

No special model option

Neighborhood...

None

Edit...

Special Kriging Options...

No Option

Run

Test

Close

Standard (Co-)Kriging

Type of Calculation:

Block

Number of Variables:

5

Input File...

Yacimiento Cobre / Sondajes [Selection = sin valores aberrantes]
[R] Variable #1 = Cu
[R] Variable #2 = None
[R] Variable #3 = None
[R] Variable #4 = None

Output File...

Yacimiento Cobre / Grilla 10m*10m*12m [Selection = None]
[W] Estimation for Cu = kriging ley de cobre
[W] St dev for Cu = std kriging ley de cobre
[R] External Drift on Target #1 = None
[R] External Drift on Target #2 = None

Kriging Parameters

Model...

variograma ley de cobre

Edit...

Special Model Options...

No special model option

Neighborhood...

vecindad ley de cobre

Edit...

Special Kriging Options...

No Option

Run

Test

Close

Al final de la ventana de definición de la vecindad, vemos ahora una opción *Discretizing* (por defecto, 5*5*1).

The 'Neighborhood Definition' dialog box contains the following elements:

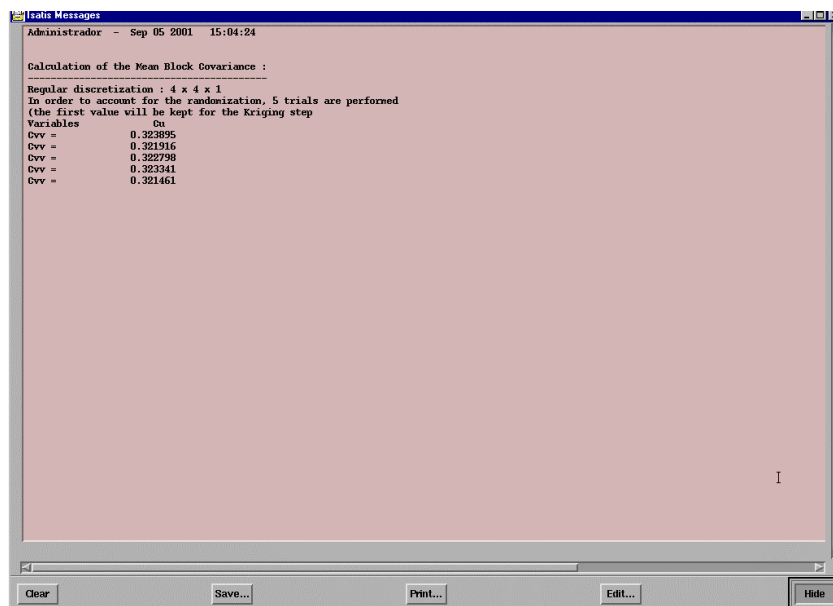
- Buttons: Load Neighborhood..., Default Neighborhood, Reset Neighborhood.
- Neighborhood Type: Moving (checked).
- Number of Angular Sectors: 8.
- Minimum Number of Samples: 1.
- Optimum Number of Samples per Sector: 4.
- Neighborhood Parameters:
 - Rotation... No rotation.
 - Search Ellipsoid: Maximum Distances in the System after Rotation:
 - X: 120 m
 - Y: 120 m
 - Z: 150 m
 - Maximum Number of Data Points in the Target Cell for Replacing Kriging by Arithmetic Average: 9999999.
 - ☐ Heterotopic Search.
 - ☐ Minimum Distance Between two Selected Samples: 10 m.
 - ☐ Maximum Distance Without Any Sample: 10.01 m.
 - ☐ Maximum Number of Consecutive Empty Sectors: 1.
- Sorting Parameters for Moving Neighborhood:
 - Sorting... Calculated at RUN time.
- Block Discretization Parameters:
 - Discretizing... Regular Discretization (5 x 5 x 1).
- Buttons: Test, Print, OK, Cancel.

Se decide discretizar cada bloque en 4 puntos en las direcciones este y norte y 1 solo punto en la dirección vertical (el punto representa la muestra que ya tiene la altura del bloque, por lo cual no se requiere discretizar en la vertical). Para saber si tal discretización es suficiente, se puede calcular la varianza del bloque (*Calculate Cvv*).

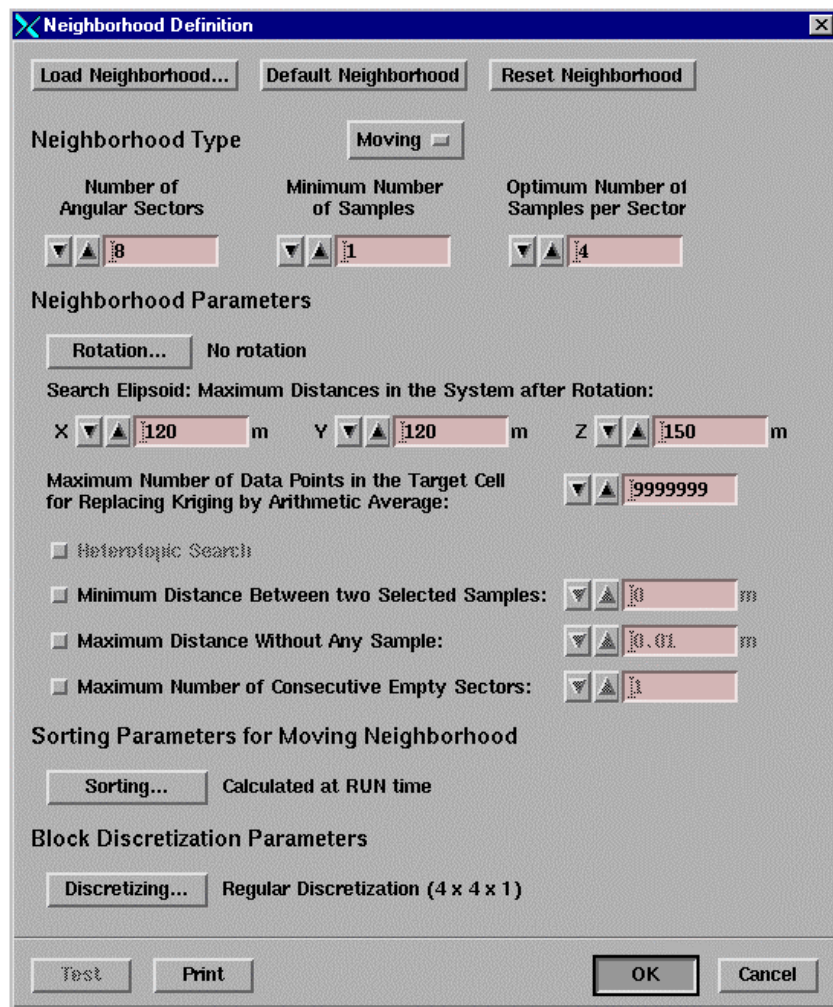
The 'Discretization Parameters' dialog box contains the following elements:

- Discretization Type: Regular (checked).
- Number of Discretization Points along X: 4.
- Number of Discretization Points along Y: 4.
- Number of Discretization Points along Z: 1.
- Buttons: Calculate Cvv, Close.

En el buzón de mensaje, aparecen 5 intentos de cálculo numérico de la varianza de bloque. De ser suficiente la discretización, el resultado debería permanecer estable.



Se aprueba el parámetro de discretización de la vecindad (OK).



Estamos ahora en condiciones de ejecutar el kriging de bloques (*Run*), luego se puede cerrar la ventana (*Close*).

Standard (Co-)Kriging

Type of Calculation:

Block

Number of Variables:

5

Input File...

Yacimiento Cobre / Sondajes [Selection = sin valores aberrantes]

[R] Variable #1 = Cu
[R] Variable #2 = None
[R] Variable #3 = None
[R] Variable #4 = None

Output File...

Yacimiento Cobre / Grilla 10m*10m*12m [Selection = None]

[W] Estimation for Cu = kriging ley de cobre
[W] St dev for Cu = std kriging ley de cobre
[R] External Drift on Target #1 = None
[R] External Drift on Target #2 = None

Kriging Parameters

Model...

variograma ley de cobre

Edit...

Special Model Options...

No special model option

Neighborhood...

vecindad ley de cobre

Edit...

Special Kriging Options...

No Option

Run

Test

Close

Standard (Co-)Kriging

Type of Calculation:

Block

Number of Variables:

5

Input File...

Yacimiento Cobre / Sondajes [Selection = sin valores aberrantes]

[R] Variable #1 = Cu
[R] Variable #2 = None
[R] Variable #3 = None
[R] Variable #4 = None

Output File...

Yacimiento Cobre / Grilla 10m*10m*12m [Selection = None]

[W] Estimation for Cu = kriging ley de cobre
[W] St dev for Cu = std kriging ley de cobre
[R] External Drift on Target #1 = None
[R] External Drift on Target #2 = None

Kriging Parameters

Model...

variograma ley de cobre

Edit...

Special Model Options...

No special model option

Neighborhood...

vecindad ley de cobre

Edit...

Special Kriging Options...

No Option

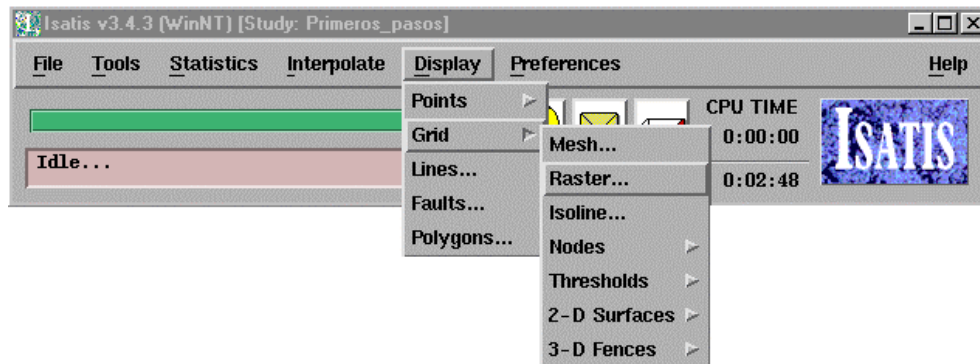
Run

Test

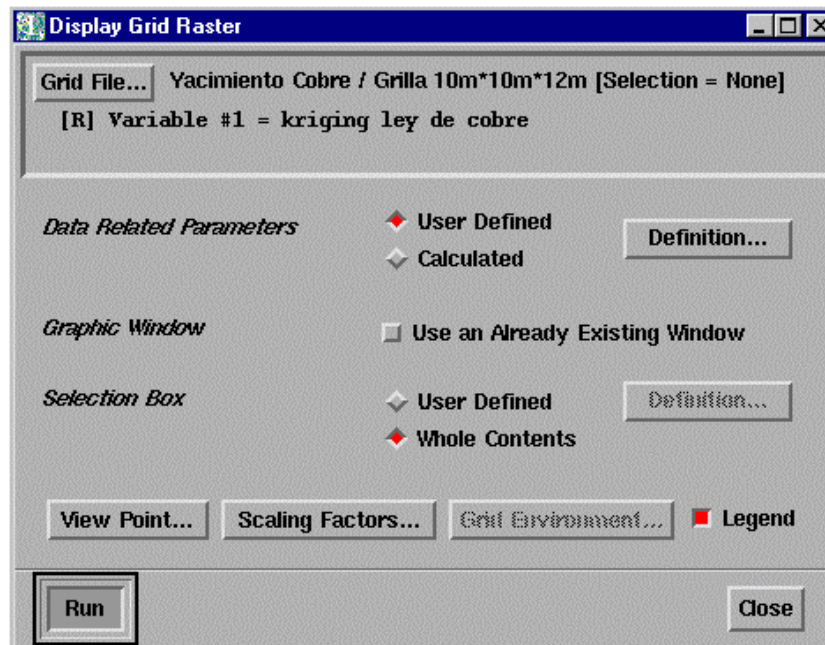
Close

Visualización de los resultados del kriging

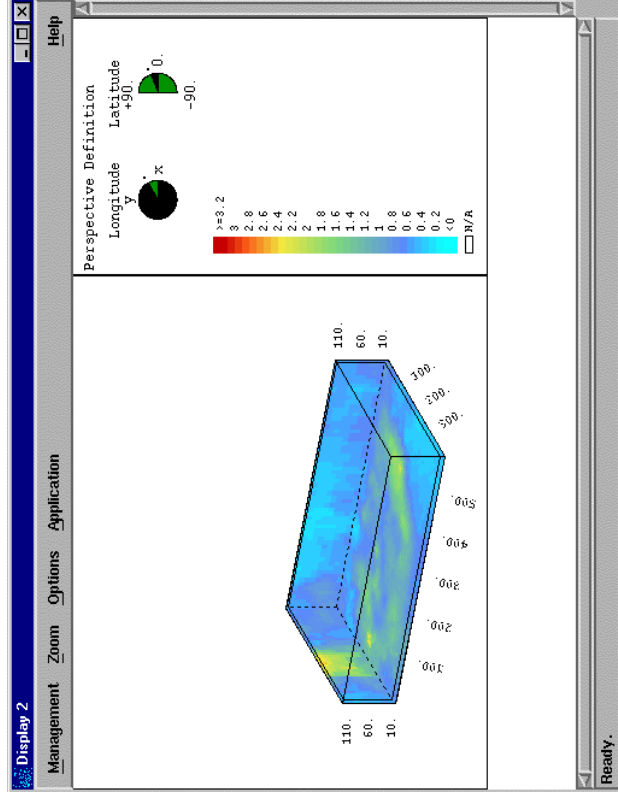
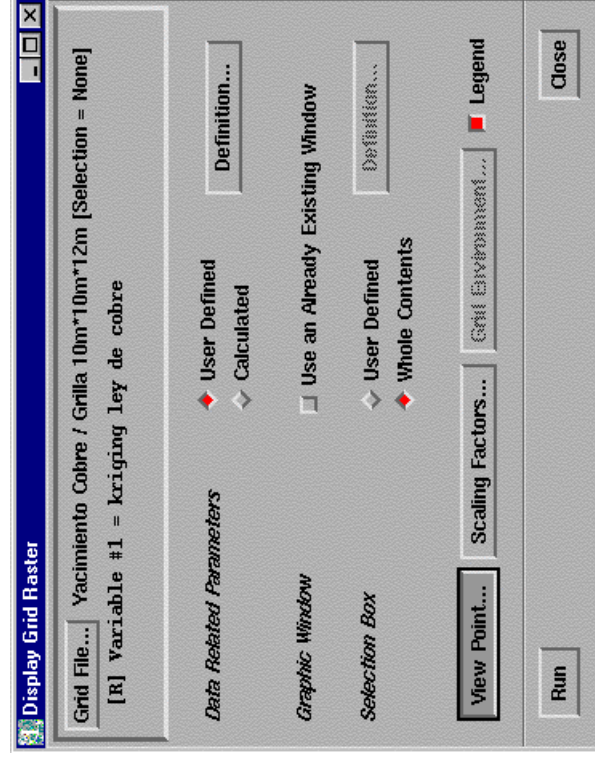
Un menú cómodo para visualizar los resultados está en *Display* → *Grid* → *Raster*.



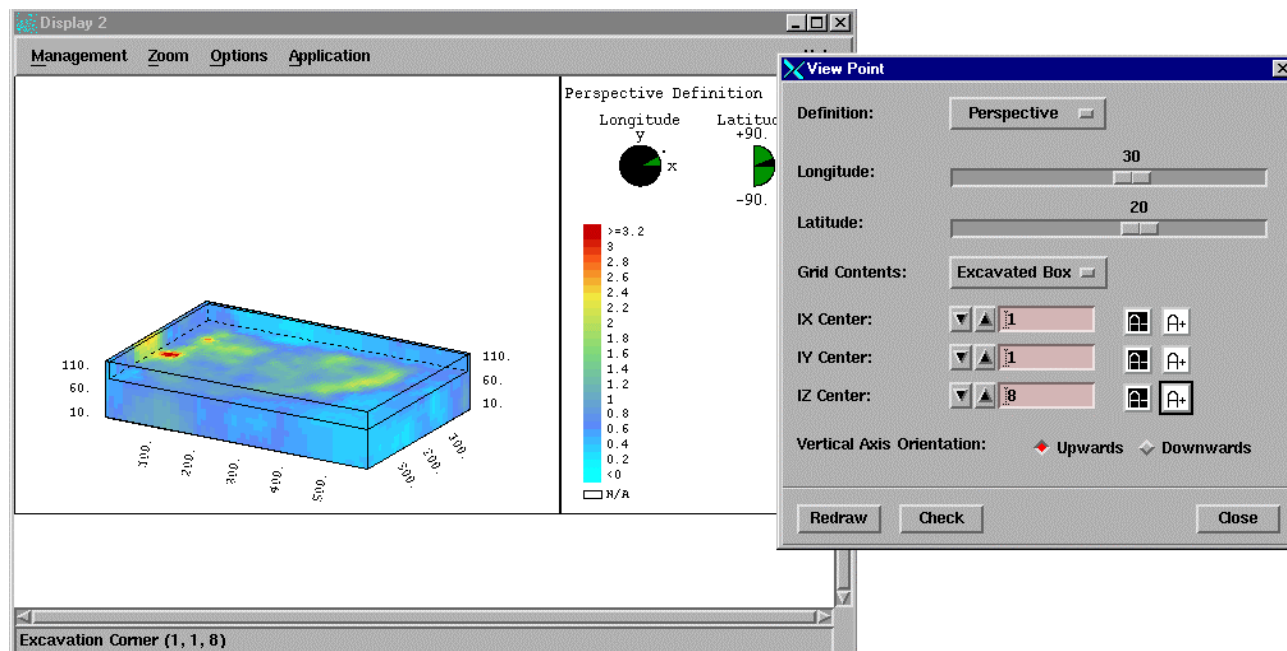
Se selecciona la grilla (*Grid File*) que contiene la variable a desplegar (kriging ley de cobre). Se elige los parámetros gráficos personalizados (*User Defined*), los cuales consisten en definir la escala de color usada. Se activa la opción *Legend* para mostrar el código de color usado asociado a los valores y se ejecuta el menú (*Run*).



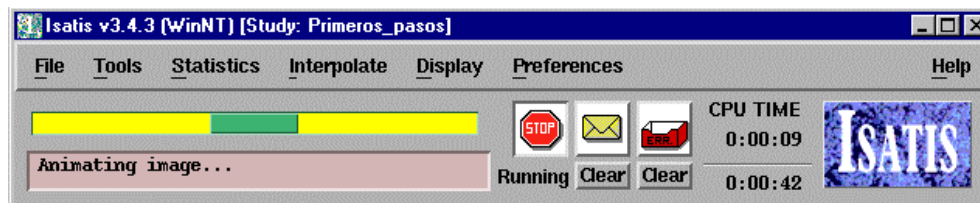
Se obtiene una vista en planta, donde cada bloque está representado con un código de color que indica su ley estimada. Otras plantas u otros tipos de representación gráfica pueden ser definidos gracias a la opción *View Point*. En la siguiente página, se cambia la vista de planta por una vista en perspectiva, de tipo “Excavated Box”.



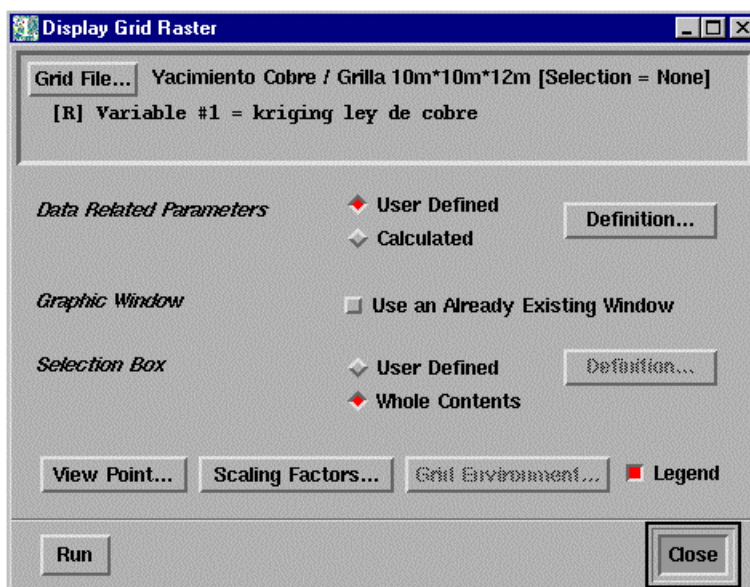
Incluso, es posible animar la visualización al presionar uno u otro de los botones $A-$ y $A+$.

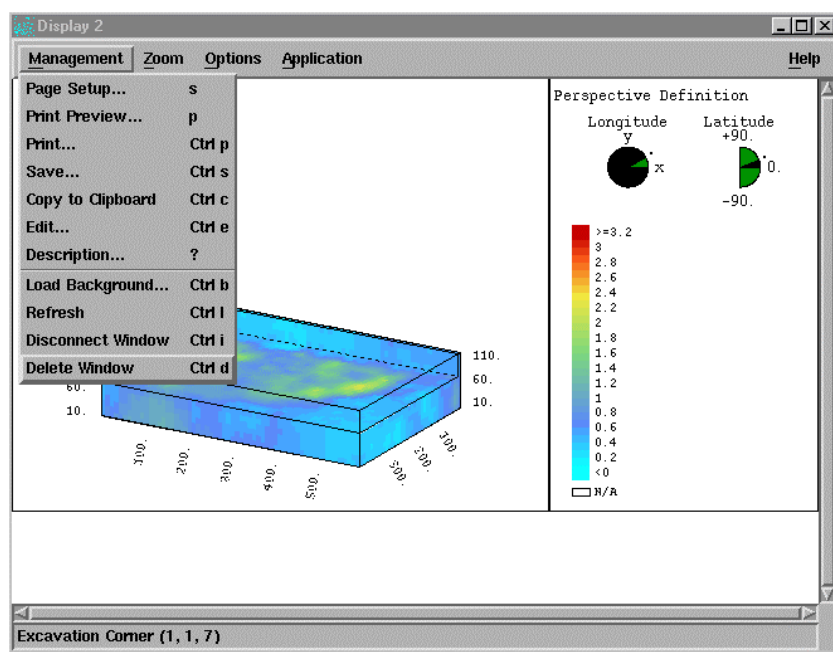


Se detiene la animación al presionar el botón *Stop* en la ventana principal de Isatis.



Se sale del menú *Display* con el botón *Close* y destruyendo las ventanas gráficas (*Management* → *Delete Window*).

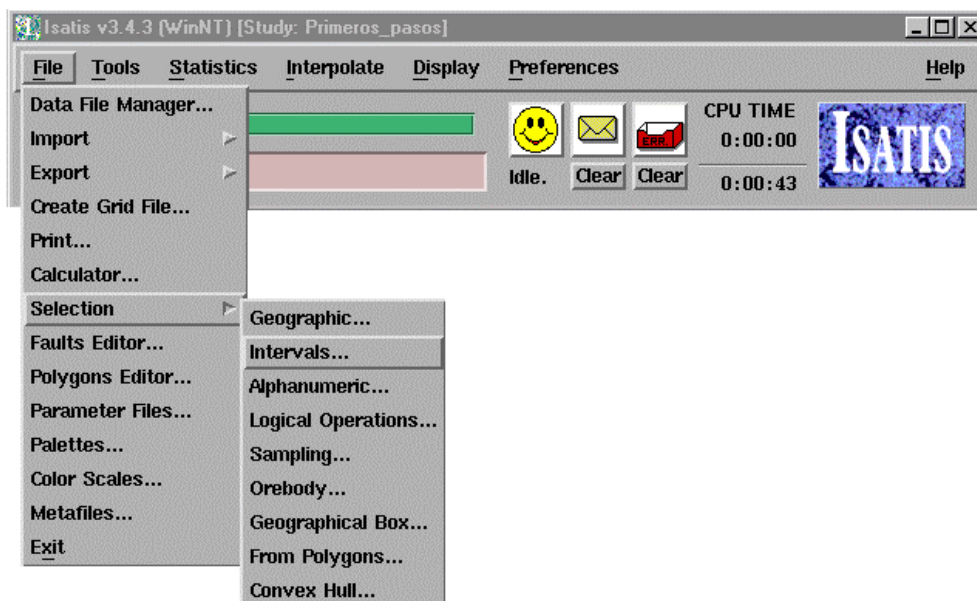




Selección sobre los valores estimados

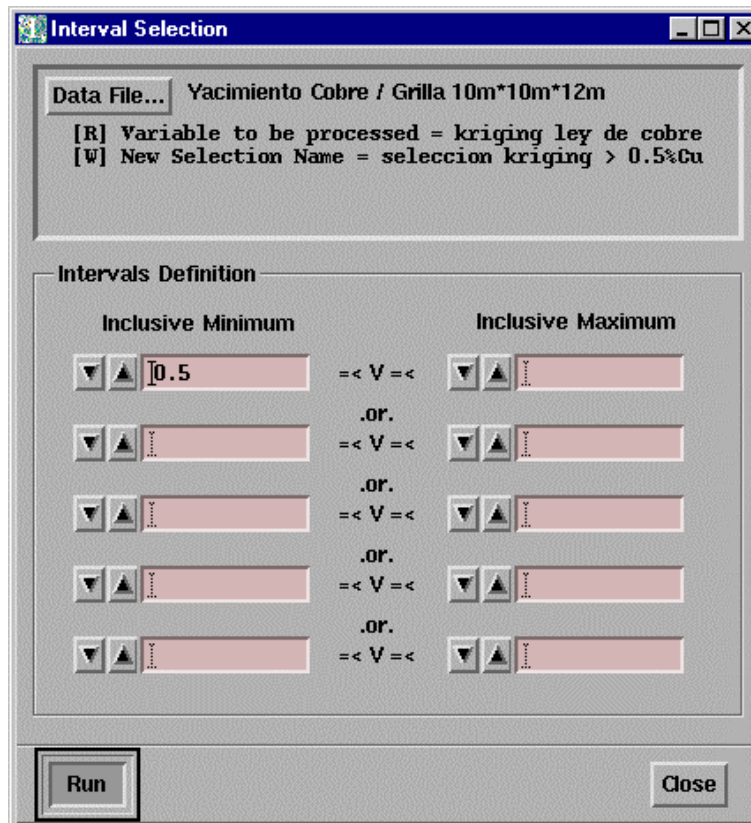
Para terminar esta presentación introductiva del uso de Isatis, se busca seleccionar las unidades del yacimiento cuya ley estimada supera una ley de corte de 0.5% Cu.

Lo más sencillo es ir en el menú *File* → *Selection* → *Intervals*.

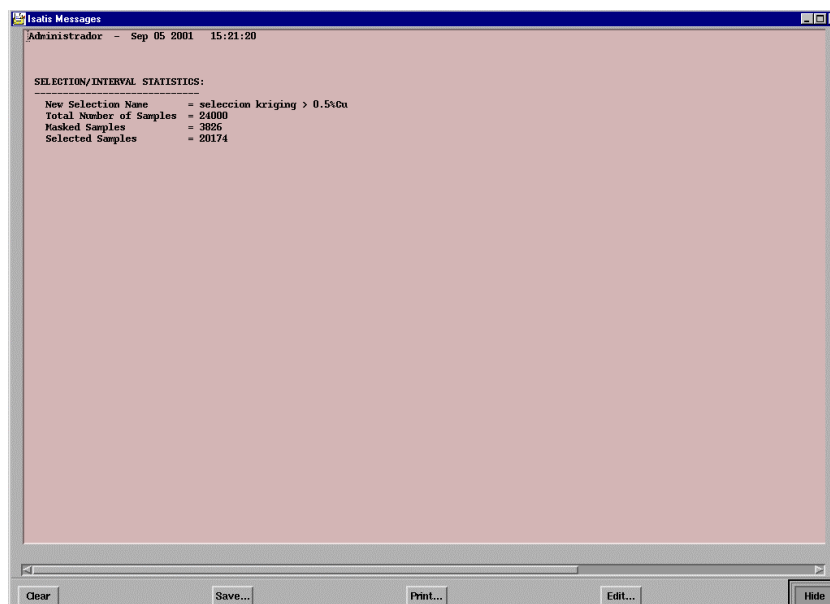


En el *Data File* (que desemboca en el *File and variable selector*), se debe especificar el archivo que contiene las estimaciones (Yacimiento Cobre \ Grilla 10m*10m*12m) con la variable a procesar (kriging ley de cobre). Se define también el nombre de la nueva selección, en este caso, “selección kriging > 0.5% Cu”.

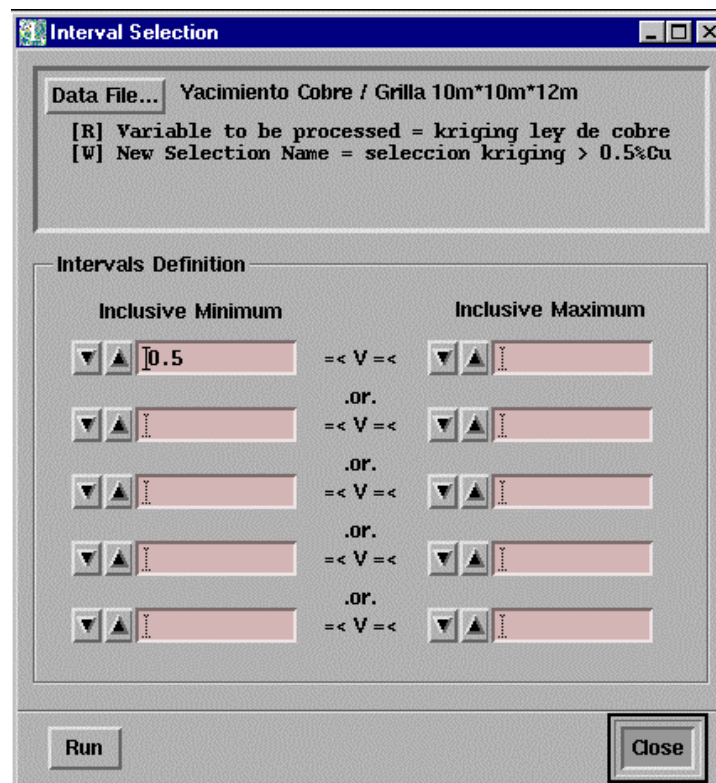
Los bloques de la grilla quedarán en la selección si la variable a procesar (la ley estimada) es mayor que 0.5.



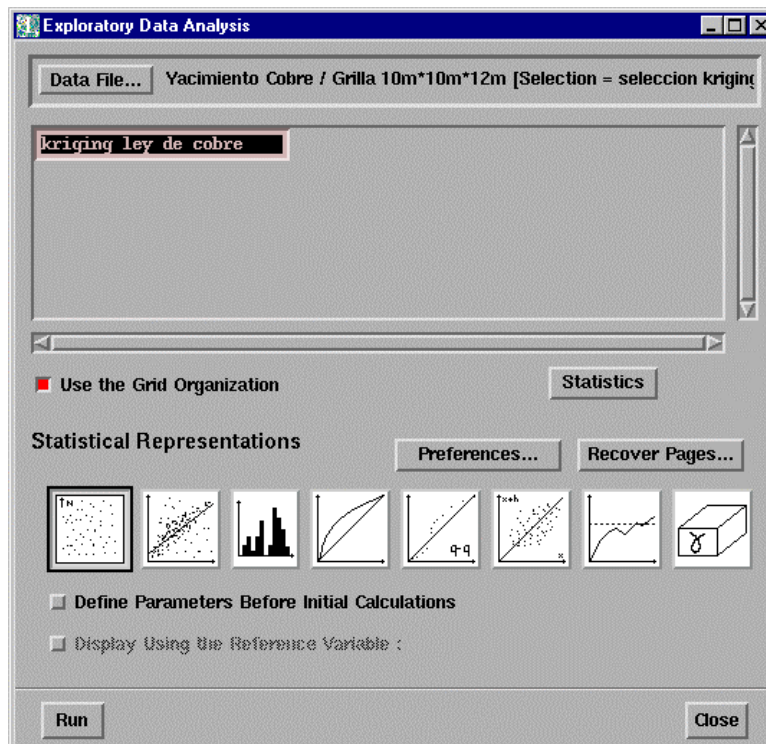
El número de bloques seleccionados y descartados están indicados en el buzón de mensajes.



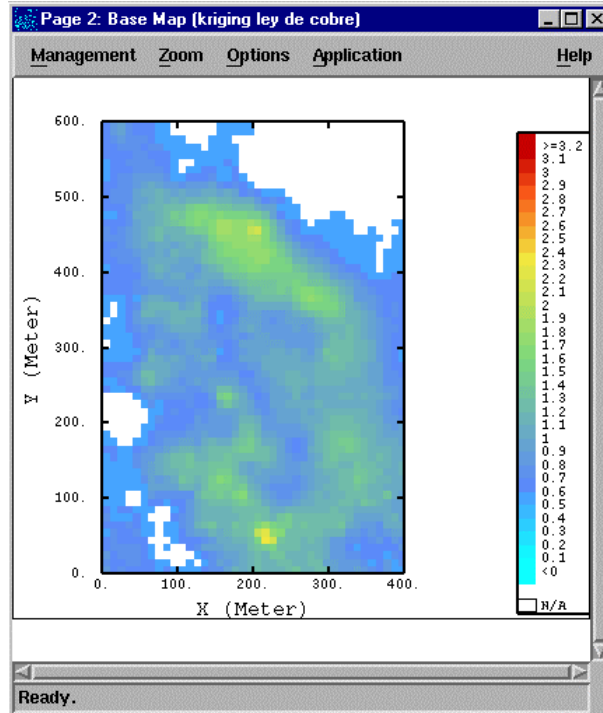
Se cierra la ventana de selección (*Close*).



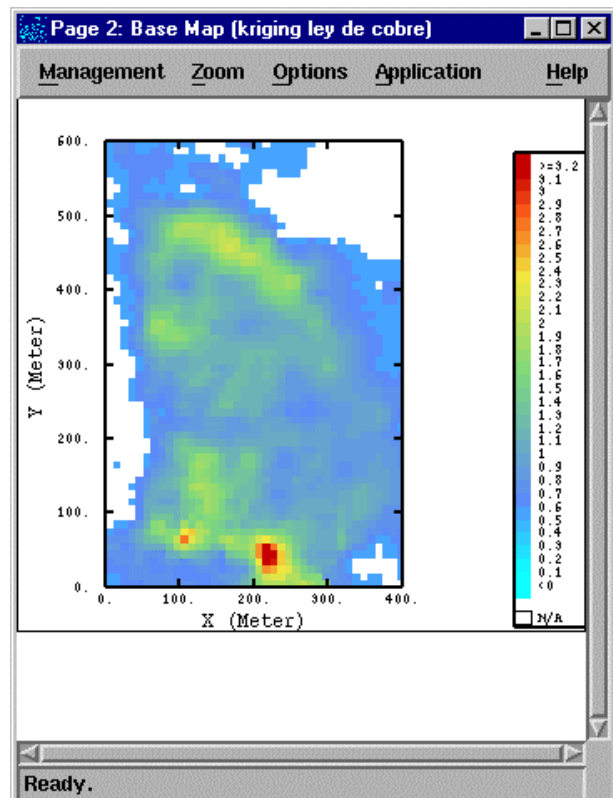
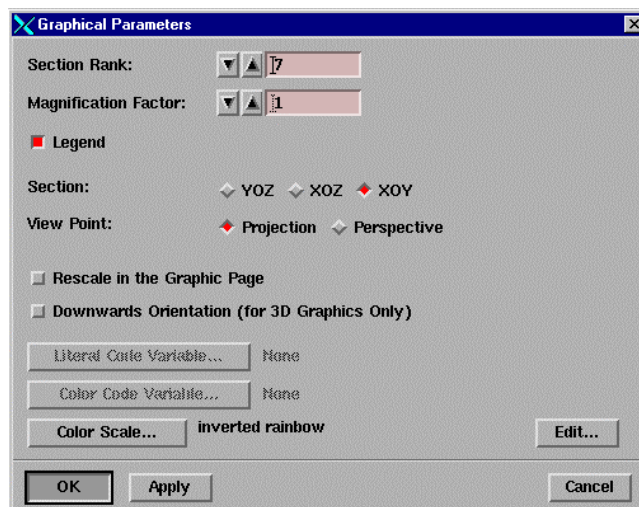
De vuelta en el menú *Exploratory Data Analysis* (o en *Display* → *Grid* → *Raster*), se puede visualizar los límites de la selección realizada. Basta con pedir un mapa de ubicación, habiendo entrado como *Data File* aquel que corresponde a la grilla estimada, usando la selección previa para descartar los bloques de bajas leyes estimadas.



Se puede agregar una leyenda de color (ir en *Application* → *Graphic Specific Parameters*). Los bloques no seleccionados quedan en blanco (valor no definido).



Se puede cambiar la planta visualizada en *Application* → *Graphic Specific Parameters*. Por ejemplo a continuación, se gráfica la séptima planta (Section Rank = 7).



Salir de Isatis

Para terminar con la sesión Isatis, ir en *File* → *Exit* y confirmar el mensaje de advertencia.

