

UNA HOJA DE CÁLCULO PARA LA MANIPULACIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS DE ORIENTACIÓN

Francisco Correa Mora¹ y Gustavo Tolson²

¹ Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM

E-mail: pancho@tonatiuh.igofcu.unam.mx

² Departamento de Geología Regional, Instituto de Geología, UNAM

E-mail: tolson@servidor.unam.mx

RESUMEN

Para el análisis de un conjunto de datos estructurales o de orientación generalmente se requiere un programa de cómputo especializado así como una plataforma de hardware afín a dicho programa. Este trabajo muestra como una serie de funciones en hojas de cálculo pueden ser agrupadas para formar macros, mismas que pueden ser utilizadas para la manipulación de datos de orientación. Estas funciones se pueden incluso combinar de forma modular para crear programas más sofisticados, con la ventaja de adaptarse a las necesidades específicas del usuario. El ejemplo que se presenta es de una aplicación que calcula la orientación del eje cristalográfico c de ortoanfiboles a partir de la orientación de los planos de crucero medidos con la platina universal.

INTRODUCCIÓN

En las ciencias de la tierra, la adquisición de información geométrica crea la necesidad de trabajar con datos de diferente naturaleza que representan orientaciones. Esta necesidad nos llevó a diseñar una herramienta de cómputo para capturar, manipular y visualizar dichos datos. Existen ya un gran número de programas diseñados para el área de las geociencias para estos fines. Sin embargo, es frecuente que la mayoría de los usuarios de estos programas quieran dar un tratamiento específico a sus datos y se encuentran con que no existe un programa adecuado a sus variadas necesidades. Por ejemplo, algunas veces estamos forzados a utilizar un programa para rotar las orientaciones o realizar algún cálculo, y otro que imprima de manera satisfactoria los datos calculados.

Los datos de orientación en particular son difíciles de manejar utilizando diferentes paquetes de cómputo, y la principal dificultad es la incompatibilidad en el formato de entrada y/o salida que cada programa utiliza. Existe además una considerable flexibilidad con respecto a la representación matemática de los datos de orientación. La elección de una notación escrita es influenciada generalmente por alguna escuela en particular, pudiendo ser ésta la "Escuela Europea" o la "Escuela Americana", mientras que la representación matemática se escoge con base en el tipo de análisis al que se someterán los datos. Así, N51E/43NW, 43°/321°, y 231°/43° son representaciones equivalentes para la orientación de un plano medido en el campo, mientras que los cosenos directores de la normal unitaria, la proyección estereográfica del polo, o las coordenadas (x,y,z) del vector unitario paralelo a la dirección de echado del mismo plano pueden ser expresiones matemáticas susceptibles a ser visualizadas o a ser utilizadas en diferentes cálculos.

El objetivo de este trabajo es mostrar que los paquetes de hoja de cálculo comerciales son muy útiles y matemáticamente poderosos para la captura, reducción, manipulación y visualización de datos de orientación. Con dicho software, los usuarios pueden escribir funciones y subrutinas (*macros*) que se pueden unir para formar programas modulares, lo que permite que el conjunto de herramientas o utilerías creadas pueda ser utilizado o modificado por diferentes personas, sin preocupación por la compatibilidad. La mayoría de los paquetes que utilizan hojas de cálculo hoy en día son capaces de importar o exportar datos e inclusive, de asociar funciones y *macros* en diferentes formatos de archivo, los cuales son prácticamente independientes de la plataforma de hardware que se utilice. Además, en la mayoría de las hojas de cálculo actuales se pueden definir bases de datos que permiten la captura de una gran cantidad de datos y la posibilidad de utilizar filtros o seleccionar el despliegue de acuerdo a criterios definidos por el usuario.

La hoja de cálculo que aquí se presenta ilustra utilerías escritas para la traducción entre las notaciones más comunes de datos de orientación, el cálculo de la intersección de dos planos, el cálculo del plano definido por dos líneas y una función que aplica una rotación arbitraria de un eje o un plano alrededor de algún eje. La hoja de cálculo también puede utilizarse como una herramienta de visualización, ya que líneas y planos pueden ser representados en una red de proyección estereográfica o equiareal.

LA HOJA DE CÁLCULO

La hoja de cálculo que aquí se presenta fue escrita usando el paquete Microsoft Excel^{MR} (v. 4.0), aplicación que corre bajo Microsoft Windows^{MR} (existe una versión 100% compatible de Excel^{MR} para el sistema operativo de

Macintosh). El ambiente de hoja de cálculo provee a los usuarios de funciones preestablecidas de tipo matemático o de texto, y además ofrece la opción de crear funciones nuevas. Este ambiente tiene la ventaja adicional de trabajar con un formato tabular de renglones y columnas que ofrece una estructura intuitiva para la captura y procesamiento de los datos. Excel^{MR} provee además la posibilidad de agrupar las hojas de cálculo en *libretas de trabajo*, lo que permite que un grupo de archivos interrelacionados estén agrupados bajo un solo nombre de archivo, creando así una organización más lógica. La *libreta de trabajo* escrita para la manipulación de orientaciones consiste de cuatro hojas de cálculo. La primera es la hoja Principal, donde se da entrada a los datos y se llama a las funciones. La segunda es la hoja de Proyección, donde se pueden visualizar los datos en una red estereográfica o equiangular. La tercera es la hoja de *Macros*, donde están definidas todas las funciones que procesan los datos. La última hoja se utiliza para dar el formato adecuado a los datos para exportarlos a otra aplicación.

LA HOJA PRINCIPAL

Esta hoja se utiliza para capturar los datos, simplificarlos y manipularlos (Figura 1). No tiene restricciones iniciales sobre su estructura, por lo que puede ser modificada por el usuario de acuerdo a sus propósitos. Hemos encontrado que la estructura más lógica e intuitiva consiste en tener los datos colocados en una o más columnas a la izquierda y el resultado de diferentes operaciones en las columnas subsecuentes hacia la derecha. De esta manera se pueden realizar varias operaciones acumulativas con el mismo dato, utilizando resultados intermedios en otros cálculos, o representándolos gráficamente.

Figura 1. Porción de la hoja Principal mostrando algunos datos así como las fórmulas en distintas celdas.

El ejemplo mostrado aquí representa la reducción de datos obtenidos de ortoanfiboles en una platina universal. La orientación del eje *c* en los ortoanfiboles es difícil de medir directamente, pero es paralela a la intersección de los

dos planos de crucero bien definidos, cuya medición es relativamente sencilla (Shelley, 1992). Así, la orientación de los dos planos de crucero es registrada en las primeras cuatro columnas y la intersección (en el marco de referencia de la platina universal), es calculada en la quinta columna. Las correcciones de marco de referencia y la rotación de la lámina delgada a su orientación original en el campo se hacen en las siguientes columnas.

LA HOJA DE PROYECCIÓN

La hoja de Proyección (Figura 2) es quizá la más variada y compleja de las hojas en la *libreta de trabajo*. Consiste de columnas con los datos de orientación como entrada y una gráfica que permite la visualización de los datos en una red equiareal. Como aquí se implementa, la hoja está formada por una región visible y otra oculta. En la región oculta se realizan todos los cálculos matemáticos para la proyección, mientras que la región visible se utiliza para enlistar los datos que van a ser graficados y para presentar la gráfica misma. Las coordenadas (*x,y*) que se grafican están en columnas dentro de la región oculta y son funciones trigonométricas de los datos de azimuth e inclinación en la región visible (Figura 2). Estas coordenadas (*x,y*) son graficadas usando las funciones gráficas del mismo Excel^{MR}.

Figura 2. Porción de la hoja de Proyección. La región sombreada está oculta normalmente, ya que por lo general no es necesario hacer cambios. La primera columna almacena los valores de *x* para la gráfica. Las siguientes dos columnas son los valores de *y* para los semicírculos superior e inferior, respectivamente, de la red. La cuarta columna tiene los valores de los datos de orientación. Los valores de *x* y *y* a graficar son funciones de los campos de texto donde están tabulados los datos (columna E).

LA HOJA DE MACROS

La hoja de *Macros* contiene todas las funciones definidas por el usuario y su documentación. De esta manera, distintos usuarios pueden añadir las funciones que deseen, o utilizar

las ya existentes para construir funciones más complejas. El lenguaje para crear los *macros* es relativamente fácil de aprender e inclusive el usuario tiene acceso a ayuda instantánea presionando la tecla de ayuda del entorno Windows^{MR}. Las funciones que se crearon para este ejemplo son una mezcla de funciones matemáticas, lógicas y de texto. Las funciones matemáticas, así como las lógicas son utilizadas para los cálculos, mientras que las funciones de texto se utilizan para manejar y dar formato a la entrada y a la salida de los datos. La Tabla 1 presenta un resumen de las funciones utilizadas y las relaciones entre sí.

La función **Plane_Int** es un ejemplo de cómo se pueden integrar las funciones lógicas y matemáticas para manipular los datos. La función toma como argumento dos valores de texto que representan rumbo e inclinación de dos

planos utilizando la convención de la "Mano Derecha" o "Pínula a la Derecha". Siguiendo el algoritmo descrito por Wallbrecher (1986), la orientación de los planos es convertida a tres dimensiones; es decir, a coordenadas cartesianas derechas y expresadas como vectores unitarios normales al plano que representan. El producto cruz de estas normales, paralelo a la dirección de intersección, es calculado por la función **CrossProduct** (Figura 3), después de lo cual, éstas son convertidas a coordenadas geográficas con una serie de sentencias SI. Las funciones de texto **AzimuthTxt** y **PlungeTxt**, constituyen la última etapa de la subrutina, dando formato al dato de salida y regresando una cadena con la forma *xxx yy*, donde *xxx* es el azimut con tres dígitos y *yy* es la inclinación expresada en dos dígitos.

Tabla 1. Resumen de las funciones definidas en la hoja de trabajo ORIENTA.XLW, detallando los tipos de entrada y salida, una descripción, así como una lista de las funciones llamadas. Algunas funciones para conversión entre distintas notaciones escritas también se han implementado pero no se describen aquí.

Función	Argumentos	Descripción	Salida	Llamadas
FindSeparator	Cadena de texto	Dada una cadena de texto que representa una orientación, encuentra la posición de una coma, una diagonal o un espacio en blanco.	Un número entero	
GetAzimuth	Cadena de texto	Obtiene el azimut de la cadena	Texto de tres dígitos	FindSeperator
GetInclination	Cadena de texto	Obtiene la inclinación de la cadena	Texto de dos dígitos	FindSeperator
AzimuthTxt	Numérico o texto	Utiliza funciones de texto para dar formato de tres dígitos al azimut	Tres dígitos como texto	
PlungeTxt	Numérico o texto	Utiliza funciones de texto para dar formato de dos dígitos a la inclinación	Dos dígitos como texto	
PlaneToPole	Orientación en formato de texto	Convierte una cadena de texto la que representa la orientación de un plano (utilizando la convención de la mano derecha) a una cadena de texto que es la orientación del polo de dicho plano (utilizando la convención de la mano derecha)	Orientación como texto	GetAzimuth GetInclination AzimuthTxt PlungeTxt
PoleToPlane	Orientación en formato de texto	Convierte una cadena de texto que representa el polo de un plano a una cadena de texto que es el rumbo e inclinación del plano (utilizando la convención de la mano derecha)	Orientación como texto	GetAzimuth GetInclination AzimuthTxt PlungeTxt
CrossProduct	Dos orientaciones en formato de texto	Calcula el producto cruz de dos líneas	Orientación como texto	GetAzimuth GetInclination AzimuthTxt PlungeTxt
Plane_Int	Dos orientaciones en formato de texto	Calcula la línea de intersección de dos planos	Orientación como texto	PlaneToPole CrossProduct
CalculatePlane	Dos orientaciones en formato de texto	Calcula el plano definido por dos líneas	Orientación como texto	CrossProduct PoleToPlane
LineRotation	Dos orientaciones en formato de texto y un entero	Realiza la rotación de una línea alrededor de un eje	Orientación como texto	GetAzimuth GetInclination AzimuthTxt PlungeTxt
PlaneRotation	Dos orientaciones en formato texto y un entero	Realiza la rotación de un plano alrededor de un eje	Orientación como texto	GetAzimuth GetInclination PlaneToPole AzimuthTxt PlungeTxt LineRotation PoleToPlane

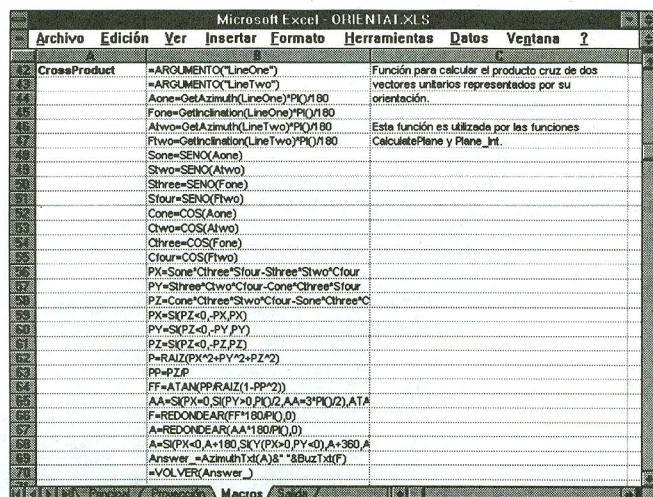


Figura 3. Porción de la hoja Macros ilustrando la función **Plane_Int**. Nótese el uso de funciones tanto de texto como lógicas incluidas en el lenguaje para macros.

LA HOJA DE SALIDA

Esta hoja normalmente está vacía y a ella son copiados los datos desde la hoja Principal con el único objeto de exportarlos a otro formato (p. ej. ASCII) para ser utilizado en otras aplicaciones. En el caso del ejemplo mostrado, el formato es adecuado para exportar las orientaciones del eje c de los ortoanfiboles a un software de proyección equiareal capaz de leer archivos con formato de texto DOS (ASCII).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Cuando preguntamos informalmente acerca de la programación de computadoras, la mayoría de los geólogos admite una cierta renuencia a aprender algún lenguaje de programación. Las hojas de cálculo comerciales son una alternativa viable a los lenguajes de programación tradicionales y de hecho, ofrecen algunas ventajas. Los paquetes de hoja de cálculo ofrecen un considerable repertorio de funciones matemáticas, lógicas y de texto, que son adecuadas para la manipulación matemática de datos,

incluyendo cálculos con matrices. La mayor ventaja que ofrece este tipo de aplicaciones es la capacidad de facilitar un despliegue gráfico para los datos de salida, que normalmente es difícil en los ambientes de programación tradicionales.

Además, el ambiente de hojas de cálculo fomenta una buena práctica de programación, ya que hay una relación muy estrecha entre los datos y los procedimientos que los manipulan. La programación modular es prácticamente intrínseca dada la estructura de las hojas de cálculo en renglones y columnas. Al colocar los datos de entrada en columnas a la izquierda, y al aplicar operaciones sobre éstos en columnas subsiguientes a la derecha, el resultado es una manipulación sistemática y estructurada por medio de subrutinas. Las posibilidades hoy en día del manejo de una base de datos en una hoja de cálculo es extremadamente útil, al permitir la captura de todos los datos en una sola hoja de trabajo para después filtrarla con diversos criterios y poder aplicar diferentes técnicas de manipulación o visualización a distintos elementos del banco de datos.

Las hojas de cálculo aquí descritas están disponibles vía FTP (anónimo) en el servidor ftp.unam.mx dentro del subdirectorio pub/ciencia/geologia

AGRADECIMIENTOS

Los comentarios críticos de Ma. del Sol Hernández Bernal, Gabriela Solís Pichardo y Luis Delgado Argote nos ayudaron a mejorar tanto el texto como las figuras. También queremos agradecer la asesoría técnica y la paciencia de Victor Manuel Frías Camacho.

REFERENCIAS

- Shelley, D., 1992. *Igneous and Metamorphic Rocks under the Microscope*. Chapman & Hall, London, 445 pp.
- Wallbrecher, E., 1986. *Tektonische und Gefügeanalytische Arbeitsweisen*. Ferdinand Encke Verlag, Stuttgart, 244 pp.