

# Auriga, del ayer al mañana

## El desarrollo de un cuaderno electrónico para la topografía de cavidades

LUC LE BLANC

Société Québécoise de Spéléologie Montréal (Quebec, Canadá)

Versión traducida, mejorada y puesta al día del artículo aparecido en el número 94 (2º bimestre 2004) de la revista *Spelunca* de la Fédération Française de Spéléologie.

### PRIMER CONTACTO

En marzo del 2002, al alba de nuestra partida para Mexpé - nuestra expedición casi anual a la Sierra Negra mexicana - íbamos una vez más procesar los datos topográficos de la expedición (conversión en coordenadas XYZ de las distancias, rumbos y pendientes tomados en la cavidad) con un programa en Basic de nuestra calculadora Sharp. Por desgracia, este programa es ahora obsoleto: su interfase (dos líneas de texto) es primitiva y la corrección en caso de error es laboriosa. Es cierto que ya existen una docena de software de topografía subterránea para Windows y Mac OS, pero el campamento de Mexpé está instalado en Hoya Grande, a hora y media de caminata

del pueblo de Tepepa, donde aún no llegaba la electricidad. Con nuestro panel solar, necesitamos un día entero de sol para recargar la batería de un portátil, que gastamos en dos horas.

Disponiendo de un ordenador de bolsillo Palm (antes denominado «Palm Pilot»), me preguntaba entonces si no existiría un software de topografía subterránea para esta plataforma. Después de todo, existen 18.000 programas, a menudo gratuitos o poco caros, para Palm OS. Ya habíamos realizado una hoja de cálculo Excel para la conversión de datos topográficos y la habíamos instalado en un ordenador corriendo bajo Palm OS; la consiguiente exportación de esta hoja hacia un software en PC nos permitía a continuación visualizar estos datos. Buscando algo más específico, lancé

una pregunta en el *Cavers Digest*, una lista de discusión espeleología estadounidense.

Días antes de partir, recibí una respuesta de Martin Melzer, un espeleólogo alemán reconvertido a la escalada que residía entonces en Suiza; un amigo le había reenviado mi mensaje. Cuatro años antes, estimando los métodos corrientes de topografía demasiado manuales, Martin se había lanzado a un ambicioso proyecto de automatización: concebir y fabricar un dispositivo electrónico de adquisición de datos topográficos. De un volumen de 800 cm<sup>3</sup> (más pequeño que una caja Topofil), su aparato unía en una caja de plástico estanca un compás y un clinómetro electrónicos. La toma de datos se hacía simplemente apuntando la estación topográfica y pulsando el único botón externo del

aparato; los datos angulares eran transmitidos por cable a una Palm dónde corría un software casero: Auriga, llamado simplemente como la constelación del Carro. Después de un corto intercambio de correspondencia, partí a Mexpé con Auriga y los datos de dos cavidades de demostración en mi Palm. Una noche, al regresar de topografiar las Ratas, una cavidad descubierta el día anterior, transcribí en Auriga los datos del cuaderno; el programa me conquistó inmediatamente: pude ver al instante el aspecto de la cavidad que íbamos a trazar sobre papel milimetrado al día siguiente.

Aunque destinado a poner a punto el prototipo de caja de captación, Auriga permitía también la toma manual de datos y la visualización de la topo de la cavidad. Informático de profesión y deseando colaborar en este proyecto inacabado, redactaba la larga lista de mejoras deseables y proponía mi ayuda para implantarlas. Martin había recibido ya varias solicitudes de información sobre Auriga, pero ninguna oferta de colaboración. Habiendo abandonado este proyecto, por no poder lograr la precisión esperada, me cedió todo el código fuente, por suerte en inglés (su lengua materna es el alemán); sólo guardando un lazo sentimental por el nombre de Auriga, que he mantenido.

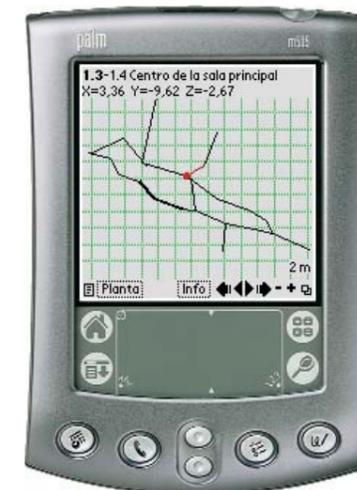


El prototipo de Auriga; la Palm conectada a la caja de captación, con su batería externa. Fotografía Martin Melzer.

Encontrándose los dispositivos electrónicos de recogida de datos todavía en fase de prototipo, decidí concentrarme más en la toma manual obtenida de instrumentos tradicionales (cinta métrica, Topofil, compás y clinómetro). Sin embargo, tomando nuestra expedición como caso experimental, la exploración simultánea de una red por varios equipos usando instrumentos diferentes (por ejemplo, cinta en pequeñas galerías y Topofil en el colector) planteaba nuevos desafíos. Auriga debía poder acomodarse a esta variedad de instrumentos y fusionar todos los datos recogidos en un conjunto coherente.

Desde el inicio, presenté la dificultad de convencer a los espeleólogos de pasar de una tecnología simple y probada como un cuaderno en papel a una Palm, más frágil y potencialmente inestable, siendo este último aspecto demasiado bien conocido con nuestros ordenadores y sus aplicaciones. Sin embargo, mi tendencia personal por un software amigable, aunque sea al precio de aumentar mi tarea de programación,

### Auriga, del ayer al mañana



La vista gráfica de la topo



La ventana de toma de datos

me ha convencido de que Auriga sería casi igual de flexible que nuestros viejos cuadernos topográficos, esto a pesar del inevitable formalismo ligado a la automatización de la toma de información. Al mismo tiempo, tenía la confianza de que una ligera pérdida de flexibilidad podría ser ampliamente compensada por funciones nuevas insospechadas y muy interesantes.

Así, me compré libros de programación bajo Palm OS, estudiando los específicos de este sistema de explotación y me suscribí con Palm y Sony como programador independiente para poder descargar herramientas especializadas. En 2004, aprovechando un vuelo de cortesía gratuito cedido por Christian, asistí a los tres días de la conferencia PalmSource en San José, California - ¡una locura de 600! - para mejorar mis conocimientos técnicos y encontrar en vivo a quienes contestan a mis preguntas de programación en los foros especializados.

Todas mis sesiones posteriores de topografía con Christian Chénier en las cuevas de Lacdu-Cerf fueron la ocasión de reflexionar largamente sobre la manera adecuada de cumplir con las varias exigencias de la topo en situación real. Así tomó forma de manera progresiva la definición de la segunda vida del software.

### MEXPÉ 2003

En abril del 2003, Auriga estaba de vuelta a Mexpé. No queriendo poner en peligro el trabajo de largas sesiones de topografía con un software no del todo a punto, no tuve valor de incitar a mis colegas a usarlo bajo tierra. Sin embargo, Auriga ha permitido economizar las baterías del portátil (recargadas con un panel solar): los datos escritos en las libretas de papel eran tomados con Auriga antes de transmitirse en bloque hacía un programa especializado (Visual Topo) instalado en el portátil, gracias al conducto realizado por Christian Chénier. Un conducto es una aplicación especializada que permite la sincronización bidireccional entre una aplicación Palm OS y su correspondiente bajo Windows o Mac OS. En esta época, el conducto to-

avía sólo era unidireccional (Palm hacía PC).

En el campamento de Mexpé 2003, recurrir a un software topográfico corriendo bajo el portátil seguía siendo aún necesario para conocer las coordenadas calculadas y para reportarlas a papel. Pero desde 2004, Auriga muestra bajo forma de listas las coordenadas calculadas de las estaciones y los lazos entre ellas.

Este primer ensayo sobre el terreno fue, a pesar de todo, un éxito y un aliento para continuar con el proyecto. La posibilidad de consultar los datos de cavidades exploradas en cualquiera de las tres Palm presentes contra un único portátil ha rendido más de una vez servicio. Los errores y lagunas constatadas en Mexpé se han corregido y han sido aportados ajustes ergonómicos. Una segunda prueba, esta vez «bajo el terreno» ha permitido topografiar unas de las pequeñas cavidades del pantano Kiamika durante nuestra asamblea anual del 2003. La experiencia fue rica en enseñanza, lo que permitió mejorar la ergonomía, sobre todo por el añadido de la posibilidad de tomar mediciones incompletas, a finalizar más tarde (por ejemplo una medición que debe tomarse tumbado en el agua y que se reserva para justo antes de salir).

### PRIMERA VERSIÓN PÚBLICA

Después de más de un año de desarrollo, una primera versión beta pública se emitió en diciembre del 2003; permitiendo recoger comentarios y avisos de problemas. En paralelo, continué el desarrollo de nuevas funciones: detección de bucles, soporte del concepto de red de cavidades con la visualización georeferenciada de las cavidades de un mismo sistema, ayuda al dibujo a escala con coordenadas calculadas en unidades de la parrilla del papel y con la implantación de algunas opciones menores. Por su parte, Christian Chénier trabajó en el desarrollo de los conductos adaptados a los programas topográficos más corrientes (Visual Topo, Compass, Toporobot, Survex, etc.), de modo que permita a Auriga el intercambio de sus datos.

El autor con Pat Kambesis en Lechuguilla, Nuevo México (EEUU).



## MEXPÉ 2006

Por culpa de un embrollo diplomático entre las autoridades mexicanas y una expedición inglesa, nuestro grupo no pudo volver a México en 2004, mientras Mexpé 2005 fue una expedición de prospección ligera. Pero en abril del 2006, once espeleólogos de Quebec y 2 de Francia pasaron casi un mes en el campamento de Hoya Grande. Gracias a un curso práctico dado en enero, casi todos sabían usar Auriga, nuestra nueva norma topográfica. Tanto la toma de datos y el dibujo a escala bajo tierra como la conversión de datos y el dibujo sobre papel milimetrado en campo se hacían con una de las 8 Palm III y IIIx disponibles. En varios casos, Auriga permitió inmediatamente (bajo tierra) corregir errores de bucle, e incluso prever una conexión entre la cavidad en curso de topografía y otra cavidad vecina, Christian avanzando en la galería, Palm en mano, como si fuese un GPS subterráneo...

Además, el grupo francés que desarrolla el Toposcan (ahora llamado Eazytopo) nos había prestado dos prototipos de sus cajas de medición, que conectamos a la Palm con un cable instalado en el estuche estanco. Apuntando con el haz luminoso del láser metro incorporado, bastaba pulsar un botón para recoger la distancia, el acimut y la pendiente directamente en Auriga. Con otras cuatro mediciones se obtenían las dimensiones de la galería. ¡Un sueño!

Tras esta prueba de terreno, y contando ya con 35 versiones beta, la versión 1.0 de Auriga salió en julio del 2006. El software es maduro, estable, y cumple con sus objetivos iniciales: reemplazar el cuaderno de papel por medios electrónicos ofreciendo ventajitas reales y valiosas. Desde luego, el desarrollo del software queda activo.

## AURIGA HOY

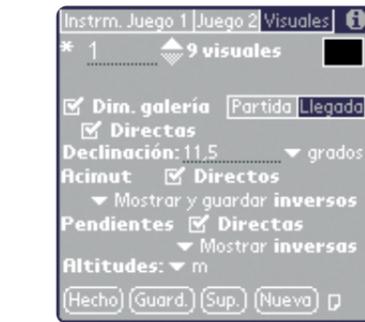
La interfaz de Auriga (figura 1) permite:

- Tomar rápidamente datos topográficos numéricos (longitud, acimut, pendiente y dimensiones de galería en la estación) gracias a un asistente inteligente y a un teclado virtual especializado que permite introducir los datos con el dedo y sin el lápiz (figuras 1, 2).



- Mostrar y/o tomar el acimut y la pendiente inversas, para auto validación o para una precisión incrementada de los cálculos.
- Realizar, a elección, para cada visual, una medición directa o inversa así como adjuntar una nota a cada una de estas visuales.
- Navegar entre las visuales con la ayuda de las teclas de la Palm y con herramientas de búsqueda.
- Ser avisado de los errores de medición (ej.: 365°) y de los errores topográficos al momento de cerrar un bucle.
- Revisar las visuales bajo forma de una lista similar a la de un cuaderno clásico.
- Facilitar el dibujo a escala sobre papel, proporcionando las coordenadas requeridas en unidades de la parrilla del papel usado.
- Ver la topografía de la cavidad o de una red de cavidades en forma gráfica según varias vistas.
- Poder usar cómodamente un teclado plegable (por ejemplo: recogida adicional de notas de vuelta al campamento).

Con el fin de permitir una cohabitación en el seno de una misma base de datos de una cavidad de mediciones realizadas con instrumentos diferentes (por ej. el uso de un clinómetro o un compás con calibración o unidades diferentes de un día al otro), se ha implantado el concepto de *sesión* (figuras 3 a 5).



Desde entonces, cada medición se asocia a una sesión que corresponde a una actividad de topografía que conlleva un juego de instrumentos, un conjunto de unidades de medición (por ej.: distancias en metros o en pies, acimut en grados y pendientes en porcentaje), una calibración y opciones por defecto (por ej.: mediciones directas). De este modo, basta con indicar los parámetros de una sesión para, a continuación, tomar tal cual las mediciones leídas en los instrumentos sin tener en cuenta, por ejemplo, la declinación magnética o que en una cinta métrica los diez últimos centímetros están cortados. Los datos guardados en la base de datos de Auriga y recuperados en la pantalla son fieles a la medición: sólo en el momento de los cálculos es cuando la calibración de los instrumentos se usa para la conversión en coordenadas cartesianas de los datos recogidos, sin alteración de los datos guardados. Si el topógrafo descubre más tarde, por ejemplo, que el error de su compás no era de más de 2° en lugar de los 3° que había indicado o que ha confundido la escala en % del clinómetro con la de los grados, basta con corregir la sesión misma para que los cálculos sean rectificadas, sin alteración de los datos guardados.

Otro concepto presente en Auriga, inspirado éste en Toporobot (un software suizo que corre bajo Mac OS), es el de las series. Éstas están constituidas por una sucesión de mediciones topográficas sobre las que se desea poder actuar globalmente. Corresponden habitualmente a una galería. Una serie conlleva un inicio, como una medición virtual de longitud nula y de un conjunto de mediciones con un misma raíz de denominación (por ej. 2.1-2.2, 2.2-2.3, etc.). Auriga permite navegar de una serie a la otra (de una galería a otra) en la base de datos, ocultarlas o colorearlas selectivamente en la topo (para aligerar el dibujo), excluir las del cálculo del desarrollo total (caso de las mediciones de superficie que llevan a la cavidad desde una posición GPS, frecuente en la selva) o de elegir el sentido de la proyección en la vista en alzado proyectado.

Además de estas características más importantes, Auriga ofrece también multitud de opciones que permiten al usuario ajustar el comportamiento a sus preferencias particulares. Más allá de la libreta topográfica clásica, Auriga implanta: una función de búsqueda de vistas por número de estación o por palabra clave en las

notas; la asignación posible de altura, de posiciones en latitud y longitud, UTM o XYZ a estaciones determinadas para su uso en los cálculos; la transmisión de datos vía infrarrojos de un aparato a otro para disponer de un *backup* de datos (el equivalente a una fotocopia del cuaderno) o para una puesta en común del levantamiento topográfico de varios equipos (una operación de pocos segundos para varios centenares de visuales), la visualización de la topo de la cavidad en planta, alzado Oeste-Este, Sur-Norte, desarrollado o proyectado, con zum o desplazamiento y localización de las estaciones en XYZ o en coordenadas geográficas (figura 6), la presentación de estadísticas sobre la cavidad (desarrollo, desnivel, longitud topografiada, etc.); herramientas gráficas que facilitan la obtención de información práctica de la topografía vista en la pantalla (por ej., el ángulo de una diaclasa, la distancia entre dos galerías, la altura de un pozo, etc.); la detección de errores de bucle y las vistas huérfanas (hasta un sondeador de pozo donde la Palm evalúa la profundidad tras medir el tiempo de caída de una piedra!

La interfaz, inicialmente realizado en inglés, ha sido traducido al francés y al castellano y las tres versiones evolucionan simultáneamente; Auriga aún permite el cambio dinámico de su lengua de operación, un hecho único en el mundo Palm e introducido para facilitar las cosas en las expediciones internacionales. Una guía del usuario y ayuda contextual en las tres

lenguas acompañan actualmente al programa ofrecido gratuitamente.



Auriga tiene, en adelante, tres posibles usos:

- La toma directa en la Palm de los datos numéricos recogidos bajo tierra (sin riesgo de errores de transcripciones posteriores hacia otro software), usando la clásica libreta sólo para dibujar las galerías y a continuación la conversión de los datos topográficos y visualización de la topografía.
- En superficie, transferencias hacia la Palm de los datos topográficos recogidos en una clásica libreta para la conversión de las coordenadas y la visualización inmediata de la topografía.
- Conservación de datos topográficos para transportarlos bajo tierra con el fin de realizar verificaciones o para orientación. Además de la recogida rápida de los datos to-

pográficos, el interés principal de llevar Auriga bajo tierra es el de orientar el trabajo del topógrafo: pudiendo visualizar hacia dónde se dirige, le es posible priorizar galerías en función de sus posibilidades de unión o continuación hacia lugares más favorables. Disponiendo inmediatamente del resultado de los cálculos, el topógrafo está en disposición de detectar y de corregir el levantamiento antes de salir a la superficie.

**AVISO:** Gracias al apoyo de la Junta de Andalucía y a la Federación Andaluza de Espeleología, Luc Le Blanc dará una conferencia y animará un taller de 2 días (en castellano) este verano en Córdoba. **Información:** Antonio Alcalá Ortiz (g40espeleo@yahoo.es)

## Agradecimientos

Martin Melzer, cuyo prototipo ha demostrado la factibilidad de un software de topografía subterránea bajo Palm OS, notablemente en lo que toca a potencia de cálculo y visualización gráfica. No habría arrancado este proyecto sin este impulso inicial.

Christian Chénier, amigo, espeleólogo e informático, cuyos consejos y ánimos en los momentos en los que dudaba de la utilidad de todo este tiempo invertido me han convencido de llevar a término este proyecto.

Juan Marcos Gómez Gómez (Madrid), por la traducción inicial.

Antonio Alcalá Ortiz (Córdoba) por la revisión del texto puesto al día.

Web site: [www.speleo.qc.ca/Auriga](http://www.speleo.qc.ca/Auriga)  
Contacto: [leblanc@cam.org](mailto:leblanc@cam.org)

## ¿Llevar una Palm bajo tierra?

## EL FUTURO DE AURIGA

Es posible, con algunas precauciones. Hasta hoy, el medio más práctico y barato consiste en adaptar un cuaderno clásico con un estuche estanco para llevar la Palm en el cuaderno. Esta solución facilita la toma de los datos numéricos en Auriga y el dibujo sobre papel (foto cuaderno o *drypak*) en un mismo cuaderno, sin volumen adicional. La toma de datos en Auriga se hace a través de la membrana del estuche, sin exponer nunca el aparato al medio ambiente de la cavidad.



Libreta simultaneada de datos numéricos y del croquis de paredes gracias a un estuche estanco de fabricación casera (bricolaje Luc Le Blanc).

Más de 2000 horas de lectura, análisis y programación más tarde, el código fuente inicial ha sido enteramente transformado y se ha multiplicado por diez en tamaño. Auriga implantará pronto todas las nuevas funciones que había imaginado en mi primer contacto durante Mexpé 2002. Combinando la fidelidad y la suavidad de una libreta topográfica con la riqueza de un ordenador portátil, Auriga es ahora una herramienta asistente de la toma manual de los datos obtenidos por medios clásicos, adaptado a la topografía de una red por equipos múltiples que pueden combinar diferentes instrumentos para el levantamiento de una misma cavidad. Su uso permite, cada vez más, trabajar sin el ordenador sobre el terreno, bajo tierra o en el campamento. Herramienta de campo, Auriga no tiene sin embargo la pretensión de sustituir los programas topográficos que corren bajo ordenador sino de completarlos, extendiendo la automatización hasta el inicio del proceso de la topografía.

En curso de desarrollo están dos funcionalidades de uso de terreno: las conversiones geodésicas, que permitirán traducir en coordenadas métricas las latitudes/longitudes recibidas del GPS para mostrar en modo continuo la posición en superficie en relación con la cavidad abajo (por ej., para descubrir nuevas entradas), y una interfaz de toma de datos suplementarios (inventario de murciélagos, características geo-

lógicas, mediciones de temperatura, etc.) en modo estructurado según un diccionario definido por el usuario, y con salida bajo forma de fichero XML en el PC, importable por cualquier programa de base de datos.

El cierre de bucles también figura en los proyectos, aunque Auriga siendo una herramienta de terreno, mas interesante será la detección de burdos y la ayuda a la determinación de la visual al origen de un error de bucle, de modo que salgamos de la cavidad con datos mejores que requieran poco ajuste de cierre.

Auriga volverá probablemente a su propósito inicial en un futuro próximo: ante la nueva disponibilidad de equipamientos de medición electrónica, varios grupos (de Francia, España y País de Gales, por lo menos) están desarrollando equipos electrónicos de medición que luego podrán conectarse a Auriga vía el enlace serie o Bluetooth de la Palm. En efecto, Auriga ya soporta tal conexión con el Disto A6 (láser metro) y los GPS.

¿Hasta dónde irá Auriga? La última función me parece que será la posibilidad de dibujar las galerías de la cavidad directamente en la pantalla de la Palm, lo que permitiría salir de la cavidad con la topografía casi finalizada! Los puristas gritarán sin duda a la herejía, pero si se piensa, la pantalla de la Palm podría ofrecer a cada visual todo su espacio de dibujo según una escala correspondiente a la longitud de la visual dibujada y, por tanto, a la percepción visual que tiene el topógrafo... ¿Mejores topografías en perspectiva?