



BIZKAIA

Adolfo Eraso Romero

DE LA TORCA DEL CARLISTA A LOS HIELOS POLARES

■ Una impresionante vertical aérea de 90 m da acceso a la Gran Sala de la Torca del Carlista.

FOTO JOSU GRANJA



Adolfo Eraso Romero (Estella-Lizarra, 8-08-1934) es uno de los pioneros de la espeleología vasca, además de fundador, en 1962, del Grupo Espeleológico Alavés. Doctor en Geología y profesor de la Universidad Politécnica de Madrid, lleva toda una vida dedicado a la

investigación del karst y, en su actual faceta de investigador polar, más de 60 expediciones a la espalda. Fue presidente de la Unión Internacional de Espeleología (UIS) desde 1981 a 1986. Actualmente codirige el proyecto de investigación polar GLACKMA y preside la Comisión internacional "Glaciar Caves and Karst in Polar Regions" de la UIS. Es autor de más de 450 artículos científicos y 12 libros y académico de la *Russian Academy of Natural Sciences* y de la *New York Academy of Sciences*.



La atracción de lo desconocido en el aspecto de las cavernas la tengo desde niño, desde mis primeros recuerdos. Y el origen no lo sé, lo deduzco como una serie de señores mayores, muy grandes alrededor de una mesa camilla jugando al mus, entre ellos mi padre, que comentaban: "En la sierra de Urbasa hay una cueva que nadie ha llegado al fondo". Creo que de ahí viene mi interés. Y además, en Estella, en mi pueblo natal, hay un diapiro con minerales raros, de ahí que mi afición por la geología también venga desde pequeño.

Fue Félix Ruiz de Arcaute, pionero de la espeleología vasca, venido de Bélgica y afincado a finales de los 40 en Tolosa, quien me encontró. Tras la muerte de mi padre, yo era por aquel entonces un tipo perdido en Navarra que andaba solo, me iba a las simas, bajaba a pulso y trepaba por la cuerda. Alguna vez me tuvo que sacar algún pastor, pero menos mal que no se enteró mi madre.

Félix y yo hicimos un tándem de exploración - compañeros de cordada, como los escaladores - que duró del orden de 15 años. Félix se trajo de Bélgica algunas escalas. Cuando aparecían verticales grandes, siempre nos llamaban a Félix y a mí: a Félix por sus escalas y a mí porque era "el peón", el que bajaba y subía. Pero eso me gustaba y físicamente me encontraba bien.

Así, a finales de los 50 era un apasionado de las verticales, de las grandes verticales. Y la técnica de la escala se me daba bastante bien.

En el verano de 1958 el Grupo Espeleológico Vizcaíno (GEV), aprovechando la Asamblea Regional de Espeleología en Carranza, planeaba atacar la Torca del Carlista. En la Semana Santa anterior, Jon Arana había tocado pie a -150 m de profundidad en una inmensa sala, cuyas dimensiones sólo había podido adivinar. Y Félix y yo estábamos allí para unirnos a la nueva expedición...

■ UNA "NADA EN PEQUEÑO" (JULIO DE 1958)

Participé en dos incursiones en la Torca del Carlista, la primera en el verano de 1958, durante las Jornadas de Carranza, y la segunda en la Semana Santa de 1959.

La expedición de julio se preparó porque Jon contó que aquello era grande, inmenso, y que había que seguir explorando. No asistí a las Jornadas de Carranza porque según lleagué, me fui directo a la Torca, estuve todas las jornadas dentro y cuando salí ya se habían ido prácticamente todos. Bajamos cuatro espeleólogos: Félix Ruiz de Arcaute, Jose Luis Puente y Jon Arana de Aranzadi y el que suscribe de la Manuel Iradier.

La entrada de la sima es asimétrica, de 2 x 5 m, y da acceso a un pozo clásico, en el sentido de que ves las paredes. Haces pie en una cornisa cómoda a -28, inclinada en rampa hacia el abismo, desde la que distingues el contraluz de la boca y aún oyes a la gente. Sigues descendiendo y empieza a haber concreciones, al menos en la pared por donde estás bajando. A -45 m hay una cornisa estrecha, incómoda, que recuerdo bien por las horas que pasé ahí atascado en la subida. A los -50, -60... el tubo se va

ensanchando y de repente el techo y las paredes desaparecen. Estás en el hueco de la sala y te das cuenta de que el pozo por el que venías no tiene nada que ver con lo que tienes debajo.

En el descenso, la pared más cercana no está tan lejos, unos 20 o 30 metros y sin embargo no la ves. Y mucho menos la otra que está a varios cientos de metros de distancia. Si no eres el primero que bajas, ves una lucecita 90 m más abajo, pero la sensación es que no tienes nada al lado, es más, iluminas con cualquier luz que tengas y no ves nada. Y sigues bajando y bajando por la escala (1958), te paras al rato y vuelves a mirar hacia abajo. Te aburres de no tener referencias, de cuánto te queda. Y eso me impresionó bastante.

Es la Torca, la emoción de esa vertical inaudita, el atractivo de estar en una especie de "nada en pequeño" que se acaba a los 15 minutos. Expresión que acuñé en su día para Pyrenaica¹ y que he reencontrado, no tiene mucho sentido etimológicamente, pero sin embargo es una realidad como la copa de un pino. ¿Dónde estoy? Yo me imagino a Jon Arana bajando la primera vez que descendió sin nadie, sin ninguna referencia abajo. Seguro que pensaba que estaba llegando al infierno.

La Sala GEV es el resultado un gigantesco hundimiento por colapso. Tiene 500 m de largo x 250 m de ancho y una altura al vértice de la bóveda de unos 100 m. Está cubierta por un inmenso caos de bloques. El pie de la vertical a -150 está desplazado de la cúspide del cono de bloques. Así que vinieras de la parte que vinieras del caos de bloques, todas las veces remontábamos

¹ "Dos aspectos de un mismo mundo: Torca del Carlista y Ojo Guareña". Adolfo Eraso. Pyrenaica nº 3. 1958

■ Torca del Carlista. Detalle de la Gran Sala hacia el Este

FOTO JOSU GRANUA



instintivamente la pendiente hasta la cumbre. Y cuando llegábamos allí, siempre nos preguntábamos: ¿dónde está la escala?

El campamento estaba situado sobre un bloque plano grande, cerca del pie de la vertical. Dormíamos con los sacos de dormir encima del bloque. Tenía además un "Primus", un hornillo de gasolina que guardaba como oro en paño para preparar algo caliente, especialmente para calentar café para animarme. Hace poco me preguntaron medio en broma si en nuestro descenso dimos con los restos del infortunado soldado carlista de la leyenda y que da nombre a la Torca: *Mejor que no respondí, ¡porque nos lo hubiéramos comido!*...

Desde el campamento, la sala desciende en fuerte rampa hacia el SW. En la zona más profunda (de -300 a -349 m), la bóveda de colapso da paso a tramos con lentejones extraños, salas de techo alto (8 a 10 m) y algunas decenas de metros de diámetro, más o menos subcirculares o elípticas, unidas por pasadizos entre concreciones (estalactitas, estalagmitas, coladas) que ocultan las formas originales. El concrecionamiento es importante y dentro de los clásicos espeleotemas, la tendencia a las excéntricas es bastante común, lo que indica un claro aislamiento con el exterior. Se ven mal algunas bóvedas hidrotermales (bóvedas de convección). En aquella ocasión no las reconocí, pero ahora que las he visto en otras partes del mundo, recuerdo que en aquellas salitas había este tipo de formas, aunque tam-



■ Torca del Carlista. Espeleólogos en la cornisa de -28

co entonces las ligué a la génesis general de la Torca.

En resumen, te encuentras con una cavidad anómala respecto de lo que son las simas clásicas. Aquí no encuentras un río

subterráneo, ni un conducto por donde haya circulado, ni huellas de corriente, ni nada de eso. Únicamente un gran hundimiento por colapso y el resto, zonas más o menos lenticulares interconectadas y concrecionadas.

■ Primer plano de la Torca del Carlista

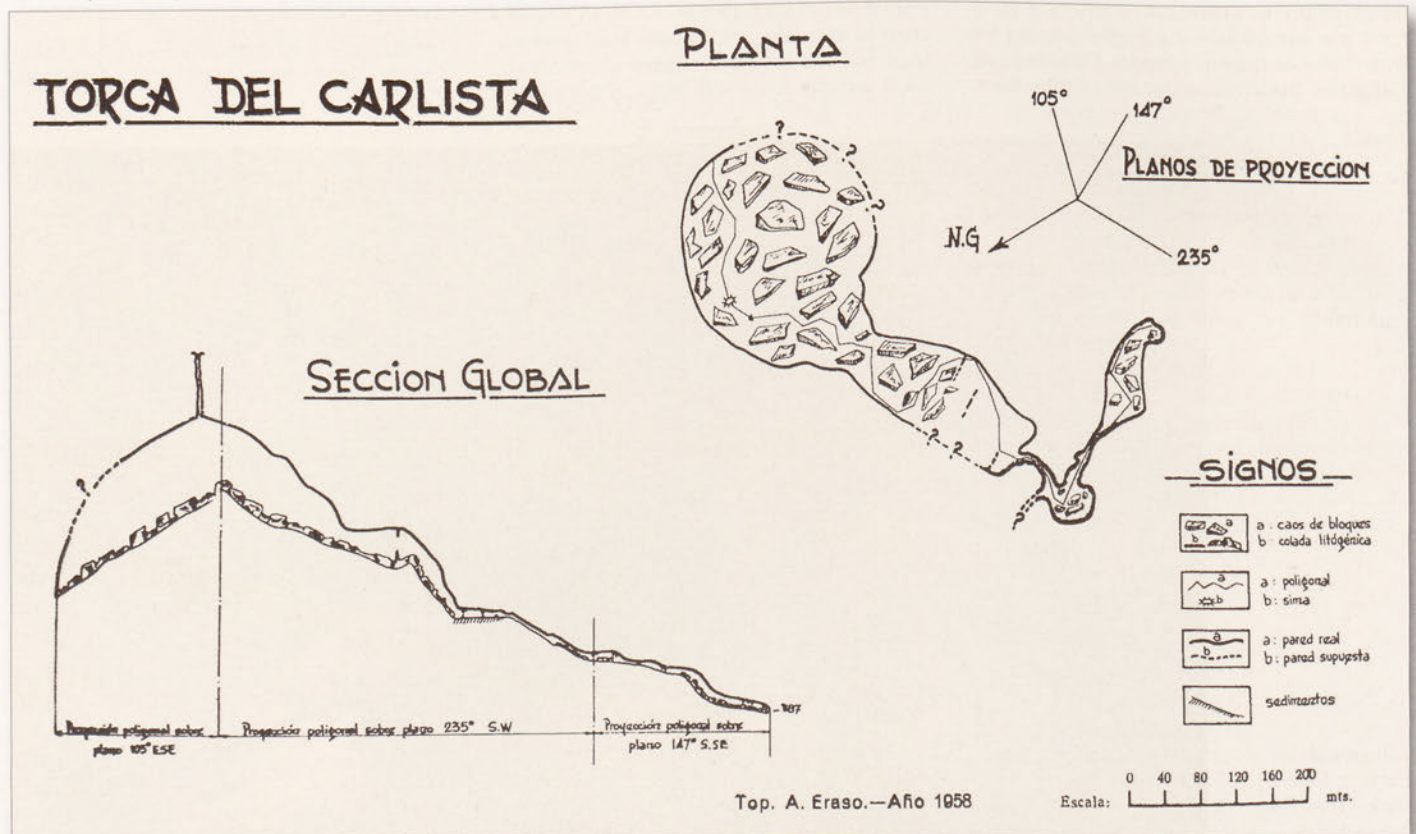




FOTO JOSU GRANUA



FOTO FELIX RUIZ DE ARCAUTE

■ Adolfo Eraso a la salida de la exploración de 1958

boom, boom, boom, ..., los zambombazos. Todos nos despertamos de golpe, pensando que la sala se estaba hundiendo. Pero por mucho que mirábamos hacia todos los lados, no conseguíamos ver la causa del estruendo. Entonces, creo que fue Jon Arana quien encontró el argumento para explicar la situación, señalando que la cantera de Pozalagua estaba en la dirección del ruido y como era día laborable, el tajo en la cantera empezaba a trabajar y los barrenos también, claro. La situación nos permitió vislumbrar con la escasa luz de nuestros carburos y por primera vez el techo de la gran sala, acostumbrados ya los ojos a la oscuridad tras tres días en el interior de la Torca.

A la subida se produjeron dos grandes atascos. Uno relacionado con el teléfono, cuyo hilo de acero se introdujo entre los barros de la escala, y el otro con las cuerdas de seguro. Arcaute planificó la subida: *"... Puente sube el primero y se queda en la cornisa a -45. Luego va Fito con cuerda diferente y se queda en la cornisa de -28..."*. Empecé a subir y cuando entré en el tubo iba ya lanzado. Y al pasar al lado de Puente, me convenció de que le relevara, me dio pena y le dejé subir. Y las cuerdas de seguro se cruzaron produciéndose un atasco descomunal. Estuve atascado un montón de horas en la cornisa de -45 sobre un solo pie.

■ **EL PRIMER PLANO DE LA TORCA**

La topografía la realizamos por el procedimiento clásico de punta, definiendo un itinerario y midiendo las distancias entre estaciones con la cinta métrica y los rumbos y pendientes con la brújula y el clinómetro. Los datos los anotaba punto a punto en mi cuaderno de campo. Desde el pie de la vertical fuimos hacia la pared E y aquí me encontré la dolomita. Todavía no sabía si era una vena o qué. De color blanco, diferente de la roca que era un poco rosácea. No le di mucha importancia, pero tomé nota de ello.

Trabajé un tramo de la topografía con Félix Ruiz de Arcaute y el otro con José Luis Puente. Con Félix quería hacer el perímetro de la sala, siguiendo la pared, pero al final no pudo ser. El problema era que había en muchos puntos del itinerario bloques tan grandes que era necesario instalar con cuerda o escala para poder salvar los desniveles de uno a otro. Hicimos lo que pudimos y por eso, en el plano original, hay algún tramo del perímetro con puntos, lo que quiere decir que se estimó sin poligonal.

Esta primera topografía nos dio un error importante. Los cálculos indicaban una profundidad máxima de 387 m frente a los 360 m que marcaba mi altímetro. Los valores topográficos y de altimetría más o menos coincidían al principio (-290 y -287; -330 y -336) pero en el tramo final los valores se alejaban de forma importante (-360 y -387). El error estaba pues en las salas finales. Algo pasó, quizás fuera el cansancio porque fueron muchas horas de topografía, quizás algún error en la lectura de la cinta métrica por el barro, ..., pero en

cualquier caso, este error topográfico sería la excusa perfecta para mi siguiente visita a la Torca del Carlista.

■ **LA SALIDA DEL ABISMO**

Estábamos todos completamente dormidos en el campamento, cerca de la vertical, descansando antes de comenzar las maniobras de ascenso. Y de repente:

■ Torca del Carlista. Detalle de la Gran Sala al pie de la vertical de acceso



FOTO JOSU GRANUA

No recuerdo si había una clavija, me parece que sí, pero me até al cable y no solté la escala. Se me dormía la pierna y la cambiaba, pero al final ya no la sentía.

Y en esto que oigo moverse la escala y aparece Félix, a unos 4 o 5 m por encima de mí. En ese momento, colgados ambos de la escala, se entabló una acalorada discusión sobre cómo debían haberse maniobrado las cuerdas. Fue una pelea en la vertical. Ya estaba aburrido, cansado y sin nada de sensibilidad en toda la pierna. Calculo que fueron 5 horas atascado, porque empezamos por la mañana y acabamos saliendo de noche. Al final todo se solucionó y conseguí empezar a remontar hacia la superficie. Pasé de largo la cornisa de -28 m y llegué arriba con la pierna aún totalmente dormida. Era de noche cuando salí y la sensibilidad retornó al cabo de una hora y ... ¡Dios que calambres!

■ MI SEGUNDA EXPEDICIÓN (SEMANA SANTA DE 1959)

Como la topografía de la Torca me dio 387 m de profundidad en el lugar final donde llegamos (de las dos variantes sólo vimos una), nos quedaba la duda de si era o no la más profunda de España. La Sima de Ormazarreta, en la zona Navarra de la Sierra de Aralar, era por aquellos días la rival más directa. Sabíamos que no llegaba a 400 m, pero desconocíamos la cota exacta. Así que Félix y yo nos fuimos para Ormazarreta a rehacer la topografía. El resultado fue de -373,5 m que, por la obsesión de Félix de no exagerar, finalmente se quedaron en 373 m.

Así que después de esto, vuelta al Carlista para comprobar la topografía. Esta vez bajamos cinco espeleólogos: Javier Hidalgo y Gaizka Ugarte del GEV, Félix Ruiz de Arcaute y José Luis Chinchurreta de Aranzadi y yo. Tras esta segunda expedición pudimos concluir que: 1) La Torca del Carlista, aunque era muy profunda, no tenía 387 m de profundidad sino 349 m y por tanto no era record de España y 2) las dimensiones de la gran sala eran mucho mayores (500 x 245 x 100 m) de las inicialmente medidas por nosotros (400 x 250 x 90 m), lo que garantizaba con holgura el record de Europa.

■ A VUELTAS CON EL NOMBRE DE LA GRAN SALA

Recientemente, con ocasión de los 50 años del primer descenso a la Torca se ha reivindicado el nombre de su primer inquilino, Jon Arana, para denominar a la gran sala que en 1958 ya bautizamos como Sala GEV, en referencia al Grupo Espeleológico Vizcaíno. Después de la Torca, Jon y yo hicimos varias cosas juntos pero, sobre todo, hicimos amistad aunque luego la vida nos separó. Volví a ver a Jon en las Jornadas de la SEDEK en Carranza, en 2006. En aquellas Jornadas me preguntaron: *¿No te parece injusto que la sala tenga el nombre del GEV y no tenga el nombre de Jon?*



FOTO JOSU GRANJA

Una hipótesis para la formación de la Torca del Carlista

CUANDO en los años 50 recorrí aquella gigantesca sala, desconocía cómo había podido formarse. Ahora ya sé por qué. La formación de la Torca del Carlista no responde a una génesis clásica, sino a una génesis hidrotermal por bóvedas de convección. El agente causal no han sido aguas de lluvia que se infiltran en profundidad, sino aguas hidrotermales, calientes y muy mineralizadas, que han ascendido desde el interior de la Tierra, aprovechando las heterogeneidades y zonas de debilidad de la roca. El pozo de acceso hasta la bóveda de la sala (-60 m) es una sima normal, que ha conectado de forma casual con el gran hueco.

El mecanismo genético de la Torca del Carlista y de la Cueva de Pozalagua es el mismo y puede esquematizarse en el tiempo, en las siguientes etapas:

1.- **Sedimentación de la caliza urgoniana, emersión y deformación.** Las calizas urgonianas donde se encuentran ambas cavidades se formaron hace casi 110 millones de años, durante el Cretácico Inferior, en el mar, por arrecifes antiguos como los que hoy podemos ver en las Bahamas o la Gran Barrera de Australia. Más tarde, las calizas emergieron por efecto de la orogenia Alpina que creó los Pirineos y los Alpes, hace aproximadamente 70 millones de años. Como consecuencia, las calizas se deformaron y fracturaron y aparecieron las deformaciones permanentes que constituyen la anisotropía del macizo y focos hidrotermales por donde escapaba el calor interno.

Por debajo de las calizas se encuentra el Triásico, un estrato geológico caracterizado por materiales yesíferos y salinos donde el magnesio, elemento formador de la dolomita, está incorporado en estas sales... y éste es el aporte de magnesio que yo necesitaba para explicar la veta de dolomita.

2.- **Instalación de un punto caliente en la zona y ascenso de aguas hidrotermales a través de las heterogeneidades del macizo.** En algún momento, se instaló en profundidad un punto caliente, un foco de calor. Cada 33 m que bajamos en profundidad, la temperatura ambiente sube un grado. Es lo que se conoce como gradiente geotérmico. En el punto caliente el gradiente geotérmico era mucho más elevado. El testigo real de que hubo un punto calórico en la zona, lo constituyen los actuales baños termales de Carranza.

Las aguas calentadas por el foco de calor ascendieron hacia la superficie, aprovechando el camino más fácil, es decir, aquellos planos de debilidad estructural producidos durante la deformación del macizo. Estas aguas tenían una característica muy peculiar: A pesar de ser aguas muy calientes y mineralizadas, las altas condiciones de presión y temperatura existentes en profundidad, les permitían mantener una elevada agresividad y por tanto una alta capacidad de disolución.

3.- **Generación de cámaras hidrotermales y crecimiento por convección.** En su ascenso, las aguas fueron creando cámaras hidrotermales. En estas cámaras, el agua ascendía, disolvía el techo y volvía nuevamente



■ *Torca del Carlista. Vista de la Gran Sala hacia el Oeste. La altura de la bóveda va decreciendo progresivamente en esta dirección. El espeleólogo situado entre los bloques proporciona una idea de las dimensiones de la sala*

hacia abajo, siguiendo corrientes de convección en circuito cerrado, al igual que ocurre en una cazuela cuando calentamos agua. Con el tiempo el hueco iba creciendo en altura. Probablemente el foco caliente sería múltiple y allí donde el calor era mayor, crecían cámaras. Varias cámaras hidrotermales estarían por tanto implicadas en la génesis de la gran sala y en la formación de la cueva de Pozalagua.

El mecanismo químico de generación de huecos actuó aquí por sustitución. El agua hidrotermal, rica en magnesio, interaccionaba en su ascenso con la roca caliza cuya composición básica era carbonato cálcico (CaCO_3), favoreciendo la sustitución de los átomos de calcio por átomos de magnesio y generando dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]. El paso de caliza a dolomita genera por unidad de masa aproximadamente un 14 % de huecos y este proceso pudo estar funcionando a lo largo de miles, incluso millones de años.

Cuando el foco caliente se fue enfriando, además de interrumpirse el crecimiento de los huecos, se favoreció el precipitado de las sales disueltas en el agua y el relleno de las vías preferentes por donde fluía. El resultado final fue la formación de las venas de dolomita que podemos observar tanto en las paredes de la Torca como en la cantera de Pozalagua.

4.- Descenso del nivel de base local. A medida que los ríos de la zona iban excavando los valles, el nivel freático descendía, no de forma repentina, sino en un proceso progresivo y acompasado con la excavación de los valles, produciéndose el paulatino vaciado de las cámaras.

5.- Generación de la gran sala por coalescencia y colapso de las cámaras hidrotermales. Las cámaras llenas de agua son mucho más estables que si están vacías. Una vez vaciadas, la inestabilidad entre huecos adyacentes unida a la acción de la gravedad, produjo el colapso y coalescencia entre cámaras y la creación final del gran hueco que constituye hoy la gran sala.

6.- Retoques mecánicos de la bóveda, deposición de espeleotemas y conexión de la sala con el exterior a través del pozo de acceso. Finalmente los procesos clásticos fueron retocando las paredes y techo de la sala hasta alcanzar el actual perfil parabólico de máxima estabilidad. En esta última etapa se produciría también la conexión de la sima de acceso con la bóveda de la sala y la generación de los espeleotemas que adornan especialmente las zonas inferiores de la Torca.

Respecto de Pozalagua, desde que el agua abandonó la cámara hidrotermal, este hueco ha estado aislado totalmente del exterior. Condiciones de temperatura prácticamente constante y ausencia completa de la menor corriente de aire han permitido la creación de esas maravillas mineralógicas que desafían la ley de la gravedad y que son las excéntricas. Lo único claro que se sabe sobre estas concreciones es que la permeabilidad del soporte – la roca de donde procede la infiltración – condiciona su forma.

La expedición en la que bajó Jon Arana, la nuestra durante la Asamblea de Carranza y la de comprobación topográfica en la Semana Santa de 1959 fueron organizadas por el GEV. Gracias a esa organización pudimos hacer la exploración, la topografía y el reconocimiento de la Torca. Entre nuestras dos últimas expediciones, se hizo la expedición de los GUM, los Grupos Universitarios de Montaña del Sindicato Español Universitario (SEU), que estuvieron 10 días dentro para levantar un nuevo plano topográfico.

A la hora de elaborar la Memoria de la Asamblea de Carranza que luego sería publicada por la Diputación Foral de Vizcaya, tomé el mapa de los GUM como bueno porque tanto la definición del perímetro de la sala como las cotas eran más correctas en su topografía que en la nuestra, especialmente en la zona del final. Por tanto, en la memoria incluí dos topografías, una la nuestra y otra un híbrido con el plano de los GUM poniendo el nombre de Sala GEV.

¿Por qué sala GEV? Creo que sala GEV lo puso un servidor, en el sentido de que miembros de ese Grupo, Ernesto Nolte o Eugenio Sojo o ambos, me pidieron a la hora de hacer el plano que quedara claro que era el GEV el organizador. También puse el nombre a las salas finales (Aranzadi, Manuel Iradier). Todo el mundo sabe que el GEV montó las expediciones y que Jon Arana fue el primero que bajó. Eso queda así para la historia. El GEV ya no existe y quiero decir, para que quede claro aquí, que porque determinada Institución pública se lo cargó. Por eso, el que figure Jon Arana también me parece correcto.

■ EN LA SALA DE LA VERNA DE LA PIEDRA SAN MARTÍN

Dos años después estaba a 750 m de profundidad en otro hueco gigante, en la recién descubierta Sala de La Verna (250 x 250 x 180 m), en la sima de la Piedra de San Martín. Este abismo se sitúa en la muga entre Navarra y Francia, muy cerca del mojón fronterizo 262 donde cada 13 de agosto se celebra el Tributo de las Tres Vacas. La sima era ya mundialmente famosa por su imponente vertical de entrada (323 m), que se descendía con torno, y por la muerte en 1952 del espeleólogo francés Marcel Loubens, cuyo cuerpo pudo ser rescatado, no sin grandes problemas, dos años después. En el año 1960, la Institución Príncipe de Viana había organizado las Jornadas Vasco-Navarras de espeleología en Larra y aprovechando la ocasión, una expedición franco-española entró en la sima para elaborar una topografía de precisión hasta la Sala.

Ya conocía la gran sala del Carlista antes de pisar La Verna. Me pareció otra sala bastante grande, de forma subcircular y más alta que el Carlista. Pero aquí la impresión era diferente, porque no descendías desde la bóveda colgado esos 15 minutos de “nada en pequeño”, sino que llegabas a ella andando por un río y muy cerca del techo. La formación de este gran hueco no tiene nada que ver con la génesis hidrotermal de



FOTO JOSU GRANJA

■ Paisaje del valle de Carranza, con el macizo de Ranero y Carlista emergiendo al fondo

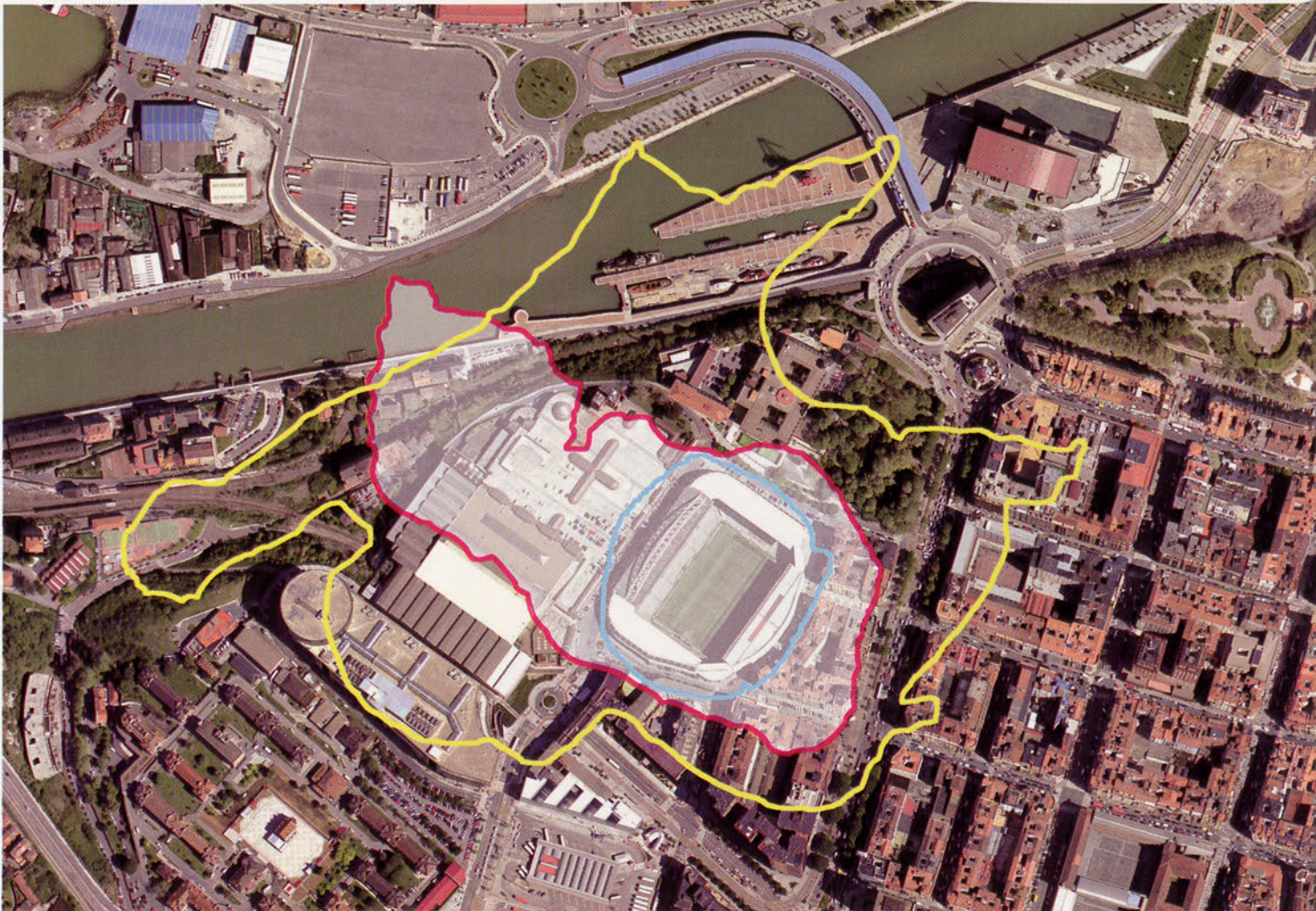
■ Comparativa de superficies tomando como referencia la zona de San Mamés en Bilbao. Los gigantescos volúmenes se intuyen de un vistazo. La Torca del Carlista (en rojo y sombreado), que es la primera de Europa y figura entre las primeras del mundo; la Sala de la Verna (en azul) y la sala más grande del mundo, Sarawak, en amarillo. Montaje sobre la ortofoto 1:5000 Gobierno Vasco

la Torca del Carlista. Aquí han sido el propio río, unido a la debilidad estructural producida por varias fallas, y el contacto entre calizas y esquistos los agentes precursores de este volumen subterráneo.

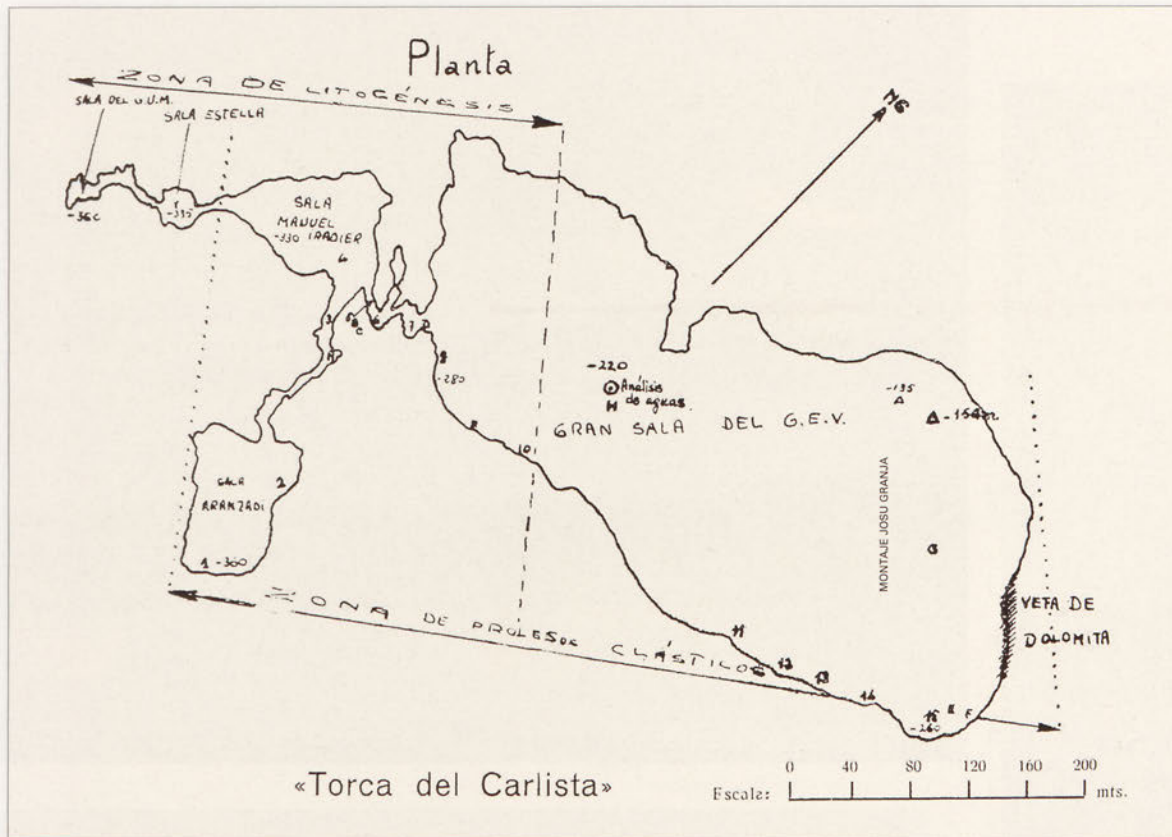
En la Sala Chevalier, cerca de La Verna, instalamos un campamento con dos tiendas. En una estaban los espeleólogos franceses Jose Bidegain y Georges Lepineux y en la otra estaba otro francés y yo. La sala Chevalier tiene 350 m de largo y 80 de alto, tiene laderas en forma de "V" y parece un valle exterior. Para colocar las tiendas estábamos cavando unos cortes y en esto que me dice Bidegain: "Oye tú, geólogo, fíjate en esta piedra que hay aquí, porque estamos excavando y me da miedo que estemos descalzándola al poner la tienda." Y yo le contesté: "Si ha aguantado ahí siglos, por qué no va a aguantar una noche más". Pues no, no aguantó. La piedra basculó y cayó a Bidegain y a Lepineux dentro de la tienda cuando dormían. El bloque no les cayó encima, solamente basculó, pero hubo que cortar la tienda para sacarlos.

■ OTROS GRANDES HUECOS

Existen en el mundo huecos de origen hidrotermal bastante más grandes que la Torca del Carlista. Por ejemplo el de Chepe-



MONTAJE JOSU GRANJA



■ Notas de Adolfo Eraso sobre el plano de los GUM. 1959

lare en Bulgaria, que se sitúa a unos 400-500 m de profundidad, en mármoles Cipollino. Tiene unas dimensiones de unos 1200 por 600 m y una altura de algunos cientos de metros. El volumen que ocupa es de unos 250 Hm³ (la Torca son 7 u 8 Hm³). No es explorable por los espeleólogos porque está completamente inundado de agua a una temperatura de 120 ° C y una presión de 90 atmósferas.

Los geólogos que estudiaban el lugar se dieron cuenta de que en Chepelare existía alguna singularidad geotérmica. Entonces hicieron una investigación y los sondeos correspondientes para estudiar las temperaturas, y así encontraron la cámara. Como Chepelare es un centro de esquí, pensaron: ¡Ya tenemos aquí agua caliente para la estación de esquí!. Construyeron la obra civil, urbanizaron el lugar, abrieron las tuberías y a las pocas horas todo el sistema estaba cristalizado por carbonato cálcico. El agua inicialmente sobresaturada en carbonato cálcico a las condiciones de presión y temperatura reinantes en el interior de la cámara, ascendió al exterior donde se rompió el equilibrio precipitando todas las sales que llevaba en disolución e inutilizando todo el sistema de calefacción proyectado.

■ CUEVAS EN HIELO Y RÍOS BAJO LOS GLACIARES

Toda mi vida he estado dedicado a la exploración espeleológica. Pero más allá de la pura exploración, siempre me han interesado los procesos, el porqué de las cosas: por qué están ahí esos ríos subterráneos, qué mecanismos físico-químicos han actuado...

Mi formación científica partió de la Química como primera titulación y luego me doc-

toré en Geología, porque el laboratorio de la Naturaleza es el que a mí me ha gustado siempre. La idea de entrar en el hielo fue ver la evolución del karst en tiempo real. El crecimiento del karst y la evolución de las formas en el hielo es rapidísima y observable por tanto a escala de lo que dura la vida humana. En las calizas pueden pasar decenas de miles de años para que una forma cambie y veas su evolución, por eso, a escala humana las cavernas siempre se ven igual. Sin embargo, en el hielo, la evolución es tan rápida que de un año a otro no reconoces las cosas. Esa variabilidad tan grande fue para mí una gran sorpresa.

En 1984 y a raíz de un artículo científico que publiqué sobre la "convergencia de formas" en las diversas rocas karstificables, conocí al profesor Marian Pulina, catedrático de geografía en la Universidad de Silesia (Polonia). El fue quien me invitó a mi primera expedición al Ártico, en la base polaca de Hornsund, en Svalbard (Noruega). Iba a ser en 1984, pero un accidente en la cueva de Hundidero -

■ Río endoglaciario en el Perito Moreno, Argentina

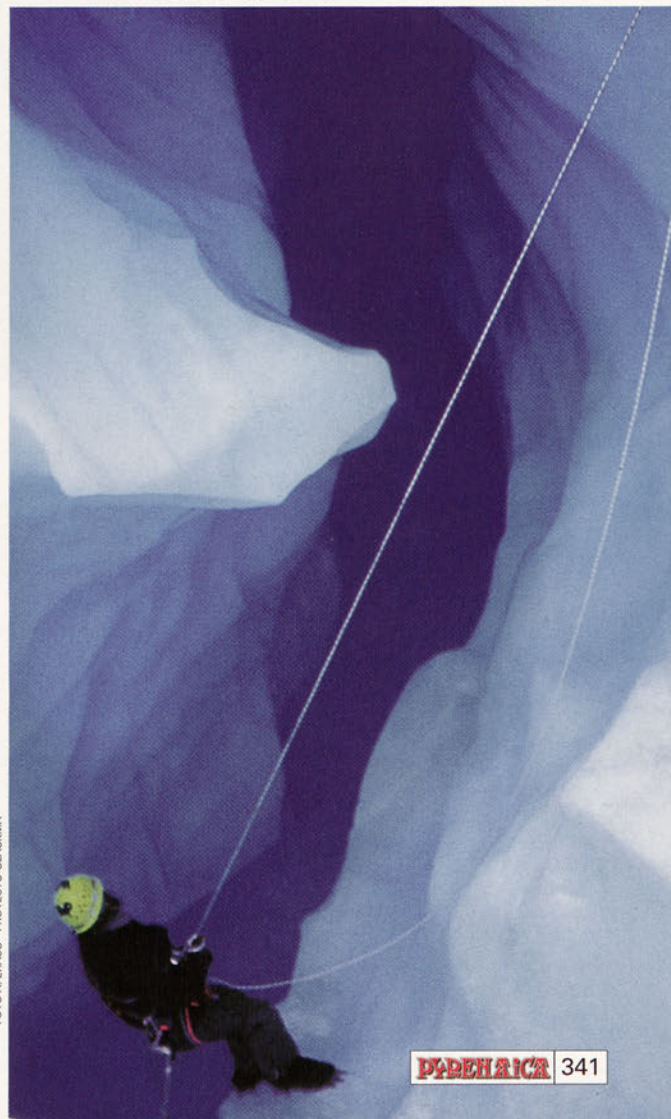


FOTO A. ERASO - PROYECTO GLACIARIA



FOTO TATUK (PROYECTO GLACMA)

■ Adolfo Eraso explorando un conducto endoglaciario en Ellesmere, Ártico Canadiense

Gato en Málaga casi me deja en silla de ruedas. Tenía entonces 50 años y aquel accidente me quitó de un plumazo todo el convencimiento de mi capacidad infinita de dureza y me metió un repunte gordo de humildad absoluta. Para curarme me fui de expedición al Ártico al año siguiente.

Así, en 1985 entré en los hielos, con la prohibición tajante de mi médico de no llevar peso. Y estuve 45 días sólo, viviendo en un glaciar. Aquel año bajé también mi primer *moulin* en Svalbard, un pozo ya conocido por los polacos, de unos 90 m de profundidad. El hielo era azul, traslúcido, y escudriñé con curiosidad todas aquellas formas que tan familiares me resultaban. Desde aquella primera expedición y hasta la fecha he visitado muchos glaciares y cavernas durante las expediciones polares en Noruega, Alaska, Groenlandia, Siberia, Islandia, Andes, Alpes, Patagonia, Alaska, la Antártida...

A diferencia del Carlista o San Martín, las verticales en el hielo son pequeñas y rara vez superan los 80 o 90 m. Para el descenso utilizo tanto escalas como cuerda. Y en relación a las técnicas de exploración, para bajar los *moulin*s no hago filigranas, siempre lo más fácil y seguro, buscando el riesgo objetivo mínimo en todo lo que hago.

En los ríos subterráneos de las calizas, como los de la Piedra San Martín o la sima BU56 en Larra (Navarra), la temperatura del agua va aumentando según ganan profundidad. En los ríos endoglaciares, la temperatura del agua es siempre 0° C. El calor



■ Coronas en King Bay, Svalbard



FOTO KARIMENA - PROYECTO GLACMAA

■ Nunataks de casi 1000 metros de altura en estrecho de Lemaire, Península Antártica

generado al fluir agua no se invierte en incrementar su temperatura, sino en fundir el hielo de las paredes, techo y suelo del conducto, provocando dos efectos fundamentales: por un lado aumentar el tamaño del conducto y por otro incrementar el caudal del río sin necesidad de recibir afluentes laterales. Esta singularidad supuso para mí un importante descubrimiento. Estos ríos endoglaciares pueden alcanzar longitudes de varios kilómetros en glaciares templados y del orden de hectómetros en glaciares subpolares.

La temperatura exterior en estas zonas es más baja cuanto más alta es la latitud y mayor la altitud. En la Antártida por ejem-

plo hay puntos por encima de los 4 km de altura, donde la temperatura puede rozar los 90 grados bajo cero. Mi experiencia es que cuando me encuentro a menos de 30 °C bajo cero, al hablar se me cosen de repente los labios, como si me hubieran puesto una grapa. Esto se debe a que al menos un pelo de arriba y otro de abajo de la barba se han juntado por congelación.

Las vivencias en las exploraciones polares, su dificultad logística, el tener que llevar un rifle en el Ártico porque está el oso polar, las grietas enormes que pueden aparecer de un año a otro... son factores que me han ganado definitivamente para el hielo.



■ *Témpanos varados junto a la Península Antártica*



FOTO KARIMENKA - PROYECTO GLACKMA

■ *Zorrito ártico interesado en la electrónica*

■ **MIDIENDO EL CAMBIO CLIMÁTICO**

Ahora estamos midiendo el cambio climático. La masa helada está desapareciendo. La Antártida ocupa 13,6 millones de km², unas 27 Españas, y el valor promedio de espesor de hielo es de unos 2200 m. A medida que se funde el hielo, el mar asciende y puede llegar a subir hasta 62 m si se funde la Antártida, a los que habría que sumar 6 o 7 m más que aportaría Groenlandia y un metro más el resto de los glaciares. Actualmente funde de 3,5 a 4 veces más rápido el Ártico que la Antártida, a la misma latitud correlativa.

Según varía la temperatura ambiente, varía directamente el flujo de agua que sale de los glaciares. Por ello, en el proyecto de investigación GLACKMA (GLAciares, CrioKarst y Medio Ambiente) estamos utilizando el caudal como sensor

natural de la descarga glacial, y a los glaciares por tanto como sensores naturales de la evolución del calentamiento global. Para ello tenemos una red de seis estaciones de medición repartidas entre el Ártico y el Antártico que visitamos todos los años y que permiten un control comparativo de la descarga glacial según la evolución del clima.

A nivel científico sigo ocupado codirigiendo el proyecto GLACKMA y presidiendo la Comisión Internacional de "Cuevas Glaciares y Karst en Regiones Polares" de la Unión Internacional de Espeleología (UIS), que creamos en Budapest en 1989.

Ahora ya no estoy haciendo espeleología en rocas solubles. Sigo con el hielo y no pienso dejarlo, porque me conozco ya bastante bien, gracias a una larga amistad de 75 años conmigo mismo. □

Bibliografía

ERASO, A. (1958) "Dos aspectos de un mismo mundo: Torca del carlista y Ojo Guareña". Pyrenaica 3, pp. 99-101.

ERASO, A. (1959) "Torca del Carlista". Torca del Carlista. Expedición Semana Santa 1959. Memoria de la Asamblea Regional de Espeleología. Diputación Foral de Vizcaya, pp.147-169. Bilbao.

ERASO, A. (1964) "La sima de la Pierre Saint Martin". En "Larra, sima de San Martín", Diputación Foral de Navarra, Institución Príncipe de Viana, pp 167-204.

ERASO, A. y PULINA, M. (1992) "Cuevas en hielo y ríos bajo los glaciares". Ed. McGraw-Hill. Serie McGraw-Hill de divulgación científica, 242 pp. Segunda edición en 2001, 280 pp.

ERASO, A. (2006) "Grandes huecos en el karst". Jornadas de la SEDEK, Carranza (en prensa).

Proyecto GLACKMA (GLAciares, CrioKarst y Medio Ambiente) (www.glackma.com)

Fotografiando el vacío negro

(Josu Granja)

Las imágenes de la Gran Sala de la Torca del Carlista son exclusivas para este monográfico de Pyrenaica. Han pasado más de 50 años desde el descubrimiento de este enorme espacio subterráneo y nunca se había podido plasmar en papel toda su dimensión. Se habían publicado tomas parciales, con mayor o menor fortuna, y ahora por fin podemos vislumbrar la gran bóveda, que incluso en la cueva es difícil de ver. Agradezco la colaboración para obtener las tomas de la Gran Sala de D. Dulanto, J. Gorosarri, J.M. López de Ipiña, A. Neila y C. Puch, en las dos expediciones para este fin en febrero y mayo de 2009.