

Técnica y formación en Espeleología



Federación Española de Espeleología
Escuela Española de Espeleología

Autores:

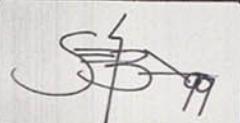
Cuenca Rodríguez, Jesús; Fernández Cainzos, José Carlos; González Ríos, Manuel J.; Larios Gómez, Javier;
López Molina, Miguel; Membrado Juliá, José Luis; Ogando Lastra, Enrique; Palacios Pérez, Sergio;
Ramírez Trillo, Federico; y Tellez Gottardi, Alejandro

Corrección ortográfica: Mariano Martínez Tejada

Diseño de portada y dibujos: Sebastián Aguilar Alcoholado. "Espeluco" es propiedad del autor

© 1ª Edición, 2000

© Federación Española de Espeleología



TECNICA Y FORMACIÓN EN ESPELEOLOGÍA

FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

ESCUELA ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

Autores:

Cuenca Rodríguez, Jesús; Fernández Cainzos, José Carlos; González Ríos, Manuel J.; Larios Gómez, Javier; López Molina, Miguel; Membrado Julián, José Luis; Ogando Lastra, Enrique; Palacios Pérez, Sergio; Ramírez Trillo, Federico y Tellez Gottardi, Alejandro.

Corrección:

Mariano Martínez Tejeda

Diseño de portada y dibujos:

Sebastián Aguilar Alcoholado.

(Salvo indicación expresa)

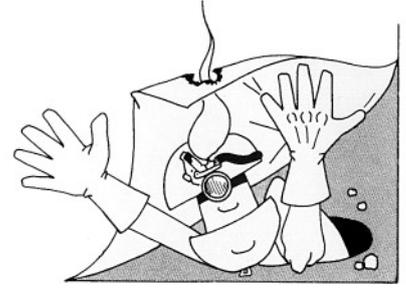
Espeluco es propiedad del autor

Versión CD ROM:

[Documentos Digitales. c.b.](#)

© 1ª Edición 2000

© Federación Española de Espeleología



PRESENTACIÓN

Tenéis ante vuestros ojos el manual TÉCNICA Y FORMACIÓN EN ESPELEOLOGÍA, editado por la Federación Española de Espeleología. Las razones de su edición en versión CD ROM son varias: Por un lado se trata de un manual enfocado a la preparación técnica de nuestros deportistas. Se trata además de un manual extenso y de gran volumen. Por otro lado, el factor tecnológico se va imponiendo más cada día. Esto no indica que releguemos la tradicional publicación en papel a un segundo término, sino que pretendemos hacer más sencilla su consulta, siempre enfocada a la preparación y orientación de los técnicos deportivos en espeleología. De igual modo, seguiremos con nuestra habitual línea editorial, que tratamos de aumentar poco a poco.

Quiero agradecer a todos los compañeros y compañeras que han colaborado en esta publicación, su entrega desinteresada y su arduo trabajo de recopilación de datos, que hacen de este manual un instrumento valioso para la preparación técnica de nuestros deportistas. En fin, a todos aquellos que os acerquéis a las páginas de este manual, gracias, porque con ello nos compensa el gran esfuerzo que tanto la FEE como los diversos autores de los textos, fotografías y dibujos han realizado.

Confío en que este manual sirva de algún modo para elevar el nivel técnico de nuestro deporte y por ende el de nuestros deportistas.

JUAN CARLOS LÓPEZ CASAS
PRESIDENTE DE LA FEE

ÍNDICE



I. Técnicas de Progresión e Instalación

1. Técnicas de progresión horizontal
2. Técnicas de progresión vertical
3. Técnicas de instalación y equipamiento
4. Bibliografía

II. Prevención y Autosocorro

1. Introducción
2. Prevención de los accidentes
3. Accidentes más frecuentes
4. Conductas a seguir
5. Técnicas de autosocorro
6. Aviso de rescate. Espeleosocorro
7. Técnicas de fortuna
8. Bibliografía

III. Elementos básicos de Fisiología aplicados a la Espeleología

1. Fisiología del ejercicio, concepto
2. Anatomía de los sistemas que intervienen en el ejercicio
3. ¿Qué tipo de ejercicio es la Espeleología?
4. Elementos del perfil fisiológico
5. Bibliografía

IV. Elementos básicos de nutrición

1. Dieta Pre, Per y Postexploración
2. Metabolismo del agua
3. Bibliografía

V. El entrenamiento del espeleólogo

1. Entrenamiento adaptado a la Espeleología
2. Propuesta concreta de entrenamiento
3. Los estiramientos
4. Bibliografía

VI. Topografía

1. Definición y su aplicación a la Espeleología
2. Concepto de magnitudes y unidades
3. Concepto de medidas angulares
4. Conocimientos básicos de trigonometría
5. Concepto numérico de punto, línea, plano y volumen
6. Los instrumentos de medición
7. Metodología topográfica. Cuevas horizontales o verticales
8. La libreta de campo, su uso
9. El equipo de topógrafos, metodología de trabajo
10. Metodología de trabajo en el gabinete
11. Bibliografía

VII. Cartografía y Orientación

1. Orientación
2. Cartografía
3. Bibliografía

VIII. Historia de la Espeleología

1. Precursores de la Espeleología
2. La Espeleología del siglo XX en España
3. La evolución histórica de la técnica
4. Bibliografía

IX. La Federación Española de Espeleología.

1. La Federación Española de Espeleología
2. Sus fines y competencias
3. Marco legislativo en que se mueve la FEE
4. Marco organizativo en que se mueve la FEE
5. Estructura de la FEE
6. Órganos de la FEE
7. El Régimen disciplinario
8. Régimen económico
9. La Escuela Española de Espeleología
10. Disolución de la FEE
11. Actividades de la FEE
12. Bibliografía

X. Geología

1. Conceptos básicos de Geología
2. Deformación de los materiales terrestres
3. El karst: procesos y formas
4. Bibliografía

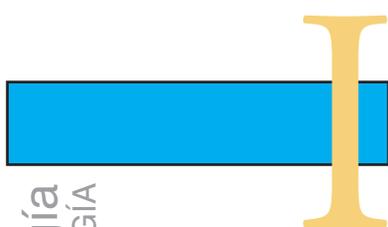
XI. Bioespeleología y Conservación de Cavidades

1. Biología: generalidades
2. Historia de la Bioespeleología
3. Clasificación del Medio Subterráneo
4. Características del Medio Subterráneo
5. Fauna Cavernícola
6. Flora Cavernícola
7. Hongos y Bacterias
8. Los Murciélagos
9. Ecología
10. Conservación de Cavidades
11. Apéndice
12. Bibliografía

XII. Presencia humana en las Cavidades

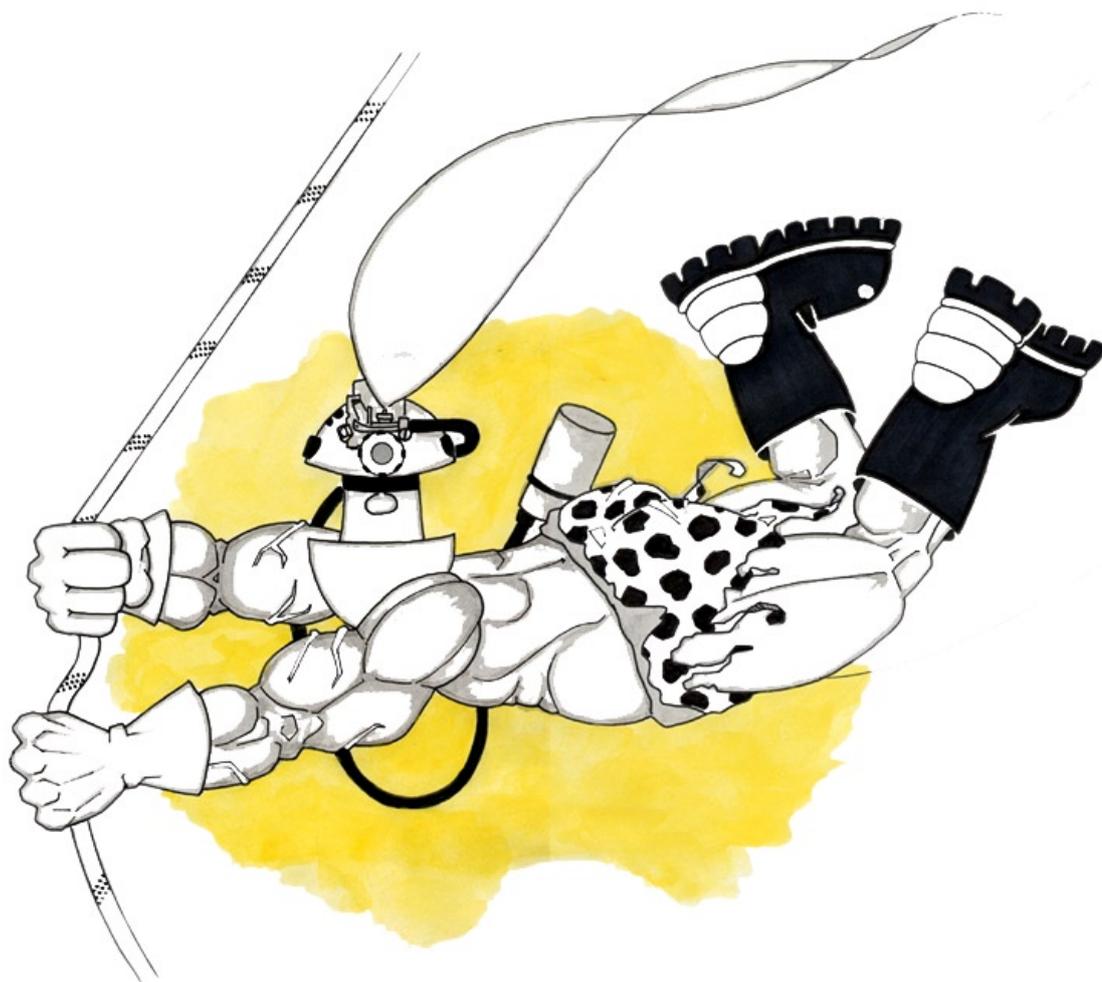
1. El Medio Cavernícola, su utilización y aprovechamiento
2. Legislación aplicada al área
3. Deterioro y Conservación de los Yacimientos Cavernícolas
4. Bibliografía





Enrique Ogando Lastra
(A partir de un texto de Rogelio Ferrer Martín)
Correcciones al texto: Arantza Mendioroz Astigarraga
Dibujos: Estibaliz Orella y Enrique Ogando
Fotografías: Sergio García Dils, Marta Candel,
Arantza Mendioroz, Estibaliz Orella y Enrique Ogando
Tratamiento de imágenes: Luis Miguel Casabona
y Enrique Ogando

TÉCNICAS DE PROGRESIÓN E INSTALACIÓN





En el texto hemos diferenciado dos términos similares que conviene matizar:

Fijaciones: hemos nombrado así a los elementos como tacos autoperforantes, *parabolts*, químicos, etc.

Anclajes: elementos para sujetarse a algún punto o conjunto de elementos que componen un punto de sujeción a la roca (taco autoperforante, *parabolt* u otro, más tornillo o tuerca, placa y mosquetón).

1. TÉCNICAS DE PROGRESIÓN HORIZONTAL

1.1. PROGRESIÓN POR CAOS DE BLOQUES

Una de las dificultades más comunes que podemos encontrar durante la exploración en trayectos horizontales es, sin duda, la presencia de bloques en el camino. Aunque no suele ser un obstáculo de difícil superación, requiere atención cuando nos encontramos ante un gran cúmulo de éstos formando los denominados “caos de bloques”. La inestabilidad, los grandes huecos entre bloques, las aristas resbaladizas, la deposición de guano o barro en su superficie o la pérdida de orientación ante un paisaje caótico y sin referencias claras, exigen al espeleólogo tomar precauciones especiales a la hora de atravesarlos. El primer espeleólogo que se encuentre con una de estas dificultades deberá marcar el itinerario a seguir asegurándose de que es el más correcto y de que sus compañeros podrán orientarse sin problemas. La referencia más común en este tipo de obstáculos será la propia pared de la cavidad y, si hemos de “marcar” el itinerario, procuraremos que sea utilizando elementos de la propia cavidad como, por ejemplo, hitos de piedra; si no utilizaremos pequeñas marcas reflectantes. Eliminaremos las marcas que puedan confundir el recorrido.

Cuando progreseemos por un caos de bloques con una saca a la espalda hemos de prestar mucha atención a los pequeños saltos y maniobras similares, ya que al ir cargados podemos desequilibrarnos fácilmente. En caso de necesidad, nos quitaremos la saca y se la pasaremos a un compañero y, ante la duda, equiparemos con cuerdas los pasos más problemáticos.

1.2. PASOS ESTRECHOS

Dentro de este apartado podemos encontrar varios ejemplos: tubos a presión, gateras, laminadores y huecos entre bloques. Tanto en unos casos como en otros, existen una serie de normas que se deberán seguir. Se trata de valorar dos cuestiones: la primera, ver si el paso a superar es descendente o ascendente y, la segunda, si estamos ante un paso conocido o no.

En el supuesto de que sea descendente y además, desconocido, procederemos a un sondeo antes de la exploración. Introduciremos en primer lugar nuestras piernas, para ir poco a poco introduciendo el resto del cuerpo; realizaremos esta maniobra sin brusquedades, memorizando la posición y, por supuesto, con calma. Si por cualquier motivo sospechásemos que pudiera haber una dificultad añadida (pozo), nos aseguraremos con una cuerda para solicitar, en caso de necesidad, ayuda a los que están por encima.

En el caso de que sea un paso descendente pero conocido por nosotros, lo sortearemos como más cómodo nos resulte.

Los pasos ascendentes en zonas desconocidas plantean, en general, menos dificultades, al ser más fácil retroceder en caso de encontrarnos con un obstáculo que nos impida el avance.

Para la progresión con sacas por pasos estrechos hemos de seguir algunas normas básicas. Por regla general no introduciremos una saca delante de nosotros si el paso es desconocido. Una vez garantizado el acceso por el paso estrecho, recuperaremos la saca tirando de ella directamente o mediante un cordino o, mejor aún, con la ayuda de un compañero. Debemos dejar a mano las asas y las cintas para su recuperación. En caso de que una saca se quede irremediadamente atascada, intentaremos vaciarla para desatascarla, con el riesgo de perder algo de su contenido.

1.3. GALERÍAS INUNDADAS

En la mayoría de los casos, las cavidades han sido formadas y actúan como colectores naturales del agua y por tanto, es lógico encontrarla formando parte del paisaje subterráneo. Su presencia estimula y recrea los ojos del espeleólogo, pero también es una de las principales causas de accidentes en nuestro deporte: son las dos caras de la moneda. Ríos, cascadas, lagos, sifones y rápidos forman parte de una exploración cargada de alicientes y, al mismo tiempo, pueden convertirse en un conjunto de problemas si no actuamos con una técnica y equipamiento correctos.

Tipos de aguas

Clasificaremos la presencia de agua en cavidades en dos grupos, lagos y cursos activos.

Lagos. Son masas de agua en las que no se observa un movimiento aparente. En este tipo de aguas valoraremos factores como la profundidad y longitud del lago, temperatura y claridad de las aguas, así como la existencia de algún tipo de corriente interna y disposición de bloques o piedras cerca de la superficie.

Cursos activos. Son las aguas que se encuentran en movimiento, como ríos, cascadas y lagos con corrientes. En estos casos, además de tener en cuenta los factores del caso anterior, se ha de añadir la velocidad y, por tanto, las turbulencias que se generan y producen succiones, desplazamientos y toda una serie de efectos difíciles de calcular. En caso de progresión por zonas de aguas turbulentas o rápidos, la utilización de una cuerda como seguro puede resultar muy peligrosa si somos arrastrados por la corriente.

Crecidas. Se producen por causas meteorológicas y, por tanto, de manera relativamente previsible, aunque existe la posibilidad de que nos sorprendan por errores de predicción, sobre todo en aquellas zonas climatológicamente inestables. En el caso de sospechar que estamos ante una crecida debemos confirmarlo observando los siguientes indicios: aumento de la cantidad de agua (en ocasiones, precediendo o acompañando a la masa de agua se puede escuchar una detonación), aumento del rumor del agua y del caudal, entrada de hojas y ramas, mayor turbidez y la sorpresa de encontrarnos agua por donde antes no pasaba. Se debe evitar a toda costa subir pozos con cascadas fijas o intermitentes: un litro de agua pesa un kilo, y en una crecida pueden caer muchos litros por segundo, lo cual hace imposible la progresión y aún más un rescate. Si inevitablemente somos sorprendidos por una crecida no debemos intentar salir a la desesperada: debemos buscar un sitio alto, valorar la situación y, si no nos queda otra alternativa, esperar al descenso de las aguas. En estos casos deberemos economizar la luz que tengamos para salir posteriormente de la cavidad.

Sifones. Los constituyen galerías totalmente inundadas en todo su recorrido o bien en algunas zonas, de modo que para su exploración son necesarias las técnicas de espeleobuceo. Esta disciplina, muy específica, que utiliza materiales del buceo adaptados al medio subterráneo, es la única que existe para acceder a los sifones y está absolutamente desaconsejado hacer uso de la técnica de apnea para este fin. El espeleobuceo exige un aprendizaje específico que escapa a los objetivos de este manual.

El material que debemos usar en cada situación dependerá del tipo de aguas en las que nos desenvolvamos.

Bote neumático. Lo podemos recomendar exclusivamente para lagos en los que no se haga pie y si hay

que atravesar distancias grandes. Han de ser de doble cámara independiente. Hay que prestar especial atención a las maniobras de embarco y desembarco y dejar que sea el remero quien controle la situación. Llevaremos las sacas entre las piernas y atadas al bote. Debemos conocer las técnicas de natación y asirnos a una saca que flote o equiparnos con un chaleco salvavidas.

Neopreno. Es, hoy por hoy, la mejor de las soluciones a la hora de progresar por el agua: su facilidad de transporte y la rapidez y la seguridad que ofrece en cavidades con aguas de todo tipo, hacen de él un elemento imprescindible y cómodo. Pese a que nos protege, en estancias prolongadas en aguas frías podemos igualmente sufrir hipotermias. Por otra parte, debido al aislamiento que nos proporciona, su utilización prolongada en galerías secas, puede producirnos una deshidratación. Su uso requiere conocer las técnicas de natación y conviene ayudarse además, con sacas o botes estancos que floten.

Pontonière. La usaremos en galerías inundadas donde hagamos pie, evitando en todo momento que el nivel del agua supere nuestro pecho. Procuraremos andar pegados a la pared para guardar el equilibrio y ayudarnos de las presas durante la progresión.

Cagoule. Lo podemos utilizar como complemento de la *pontonière*, para progresar por zonas de goteo intenso y cascadas.

Una vez analizados los diferentes tipos de aguas, así como la vestimenta más correcta, hemos de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Estancias prolongadas en aguas frías pueden provocar hipotermias (temperaturas entre 1,5° y 15°).
- El agua acelera el desgaste energético por contacto prolongado.
- El agua dificulta y ralentiza la exploración.
- En cavidades con cursos activos es necesario conocer la climatología y su funcionamiento hídrico, así como la época más adecuada para su exploración.
- La instalación de la cavidad debe prever posibles crecidas y debe alejarnos siempre del agua.
- Se deben formar equipos homogéneos.
- Se debe poseer una preparación física adecuada y mantener una alimentación energética a lo largo de la exploración.
- Debemos evitar, siempre que podamos, el contacto con el agua.
- No debemos entrar en aguas rápidas o estancadas con la saca a la espalda; la llevaremos de la mano para no condicionar nuestra flotabilidad y como medida de precaución por si tenemos que soltarla.
- Utilizaremos sacas especiales con orificios de drenaje rápido o, si no, la invertiremos dejando la boca hacia abajo, asegurándonos que tenga un nudo sólido que la cierre.
- Procuraremos introducir en la saca algo que le dé flotabilidad (bote estanco, bolsa estanca); de esta forma evitaremos su hundimiento y nos podrá ayudar como flotador adicional.

1.4. TÉCNICAS DE PROGRESIÓN LIBRE

Estas técnicas se utilizarán tanto para la progresión vertical como horizontal. Se caracterizan por la necesidad de emplear todo nuestro cuerpo para ayudarnos a avanzar, cumpliendo siempre la regla de tener tres puntos de apoyo. En ocasiones, si lo requiere la situación, debemos asegurarnos con cuerda.

Podemos distinguir tres tipos: técnica de oposición, técnica de empotramiento y presas.



1.4.1. Técnica de oposición

Se podrá hacer uso de ella cuando la galería se estreche lo suficiente como para permitir que nuestras extremidades sobre las paredes presionen en sentidos opuestos. Éste sería el caso de la técnica de oposición en «X». Para oposición en «L» actuaremos utilizando el mismo principio pero apoyando nuestra espalda contra una pared y las dos piernas contra la otra. En Espeleología es muy común el uso de esta técnica, sobre todo en zonas como meandros, chimeneas y pequeños destrepes. En alguno de estos lugares la progresión puede hacer recomendable el uso de una cuerda de seguro.

1.4.2. Técnica de empotramiento

Esta técnica se podrá practicar en aquellas fisuras, grietas, galerías estrechas o cualquier otro lugar en donde nos podamos empotrar y avanzar con seguridad. Piernas, pies, brazos, manos e, incluso, todo nuestro cuerpo, pueden servirnos para este fin.

1.4.3. Presas

Técnica de oposición

En realidad, no podemos presentar este sistema como una técnica en sí misma, pues en tal caso estaríamos hablando de escalada libre. Bajo este título pretendemos aconsejar al espeleólogo que haga uso de aquellas rugosidades y asideros que existan en la roca con el fin de combinarlas con las técnicas descritas anteriormente. La escalada en libre en cavidades se realiza muy puntualmente, combinada con la escalada artificial, si bien puede resultar arriesgada debido al escenario en que nos encontramos.

En cuanto al transporte de la saca en estas situaciones, hemos de comentar la dificultad añadida que supone el cargar con peso, gozar de menor libertad de movimientos y enfrentarnos a una posición inestable. Lo mejor será izarla con la ayuda de una cuerda auxiliar una vez terminada la escalada.

1.5. PASO DE HOMBROS



Paso de hombros

En progresión horizontal es bastante frecuente encontrar-nos con resaltes o pequeños destrepes. El paso de hombros es una maniobra que no precisa de material, puesto que nos servimos de nuestro compañero para superar el resalte que nos impide el avance. El método consiste en situar a nuestro compañero justo debajo del punto que creamos que nos será más accesible e iniciar el ascenso apoyando el pie en las zonas más resistentes del cuerpo (como son: rodillas, hombros y parte superior de la espalda), evitando apoyarnos sobre huesos frágiles, o sea, la parte media del fémur, la clavícula y el húmero.

2. TÉCNICAS DE PROGRESIÓN VERTICAL

2.1. PASO DE FRACCIONAMIENTOS COMPLICADOS

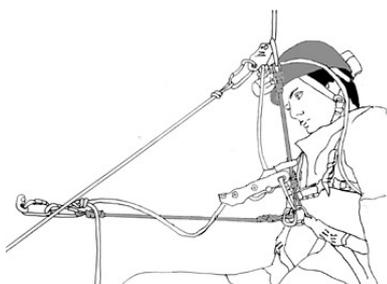
Bajo este título se pretende clasificar aquellos fraccionamientos «más complejos» que, por circunstancias de la propia cavidad o de la instalación, pueden dificultar la progresión normal por cuerda.

2.1.1. Fraccionamientos con comba muy pequeña



Suelen ser, por lo general, muy incómodos de superar, sobre todo en la bajada, ya que apenas hay cuerda para maniobrar, razón por la que este tipo de situaciones deben evitarse realizando una correcta instalación. La técnica a emplear para superar fraccionamientos de este tipo es la misma que la que se usa para el paso de nudos.

Cuando lleguemos a un fraccionamiento en el que no haya apenas comba suficiente para desmontar el descensor, nos aproximaremos al nudo del fraccionamiento, dejando el margen necesario para abrir el descensor. Acto seguido, situaremos el bloqueador de mano por encima del descensor a una distancia mínima como para colgarnos de la cuerda por encima del bloqueador con la boga corta y poder desmontar el descensor. Hecho esto y antes de quitar el descensor, anclaremos la boga larga en el fraccionamiento. Para todas estas maniobras, es necesaria la ayuda del pedal del bloqueador de mano.



Para desmontar las bogas nos levantaremos sobre el bloqueador de mano y quitaremos en primer lugar la boga corta, en segundo lugar la larga y, por último, el bloqueador de mano.

Para la subida, y debido a la ausencia de comba, pasaremos en primer lugar el bloqueador de mano y no el ventral como sería lo correcto, manteniéndonos asegurados en todo momento por una boga al fraccionamiento.

2.1.2. Fraccionamientos en aéreo



Los podemos encontrar en el borde de una repisa o bien en un techo. La característica común a este tipo de fraccionamientos es que la comba queda en aéreo y en consecuencia no existe la posibilidad de apoyarnos en una pared y evitar el balanceo. Los problemas aparecerán en la bajada; anclando nuestro pedal en el mosquetón del fraccionamiento superaremos la dificultad sin problemas.

En la subida, este tipo de fraccionamientos no plantean problemas de especial dificultad.

2.1.3. Péndulos

Cuando el fraccionamiento al que nos aproximamos no se encuentra en la vertical del fraccionamiento anterior, sino que está desplazado, el espeleólogo se verá obligado a ejecutar diversas maniobras tanto en la subida como en la bajada.

En la bajada descenderemos dejando el fraccionamiento un poco por encima del descensor y nunca agotaremos la comba, pues complicaríamos la maniobra. Tanto si se lleva descensor autobloqueante

como si es simple, podremos utilizar opcionalmente la llave de bloqueo para evitar su deslizamiento. Inmediatamente después, ayudándonos de nuestras manos o bien del bloqueador de mano, cogemos la cuerda sobrante de la comba y nos iremos acercando al fraccionamiento, calculando siempre que el descensor quede a su altura. Hecho esto, anclaremos la boga corta al fraccionamiento y procedemos como en un fraccionamiento normal.



Para la subida actuaremos de la manera habitual, anclándonos en primer lugar con una boga al fraccionamiento, pasando después el bloqueador ventral al otro tramo de cuerda y pasando por último el bloqueador de mano. Ahora pasaremos toda la cuerda que podamos por los bloqueadores, evitando de esta forma que, al quitar las bogas, quedemos en el fondo de la comba, con tensión en el tramo de cuerda que sale del bloqueador ventral y va al fraccionamiento y un ángulo cerrado entre este tramo de cuerda y el que tenemos por encima del bloqueador ventral. En el caso de que, aún después de haber recuperado toda la cuerda, el ángulo fuese todavía muy cerrado, se recomienda que, hasta que el espeleólogo se encuentre en la vertical, pase una pierna sobre la cuerda, la derecha o la izquierda dependiendo de dónde se encuentre el fraccionamiento, para suavizar el ángulo de entrada de la misma en el bloqueador ventral y ayudando así a que trabaje correctamente.

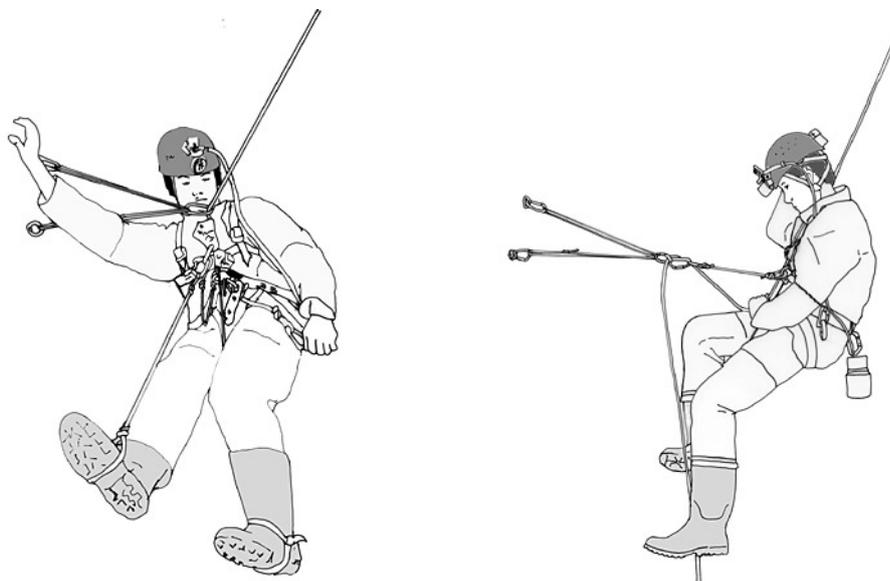


2.2. PASO DE DESVIADORES

Como su propio nombre indica, sirven para desviar la cuerda de una trayectoria. En nuestro caso utilizamos los desviadores con la intención de evitar un roce, para acercarnos a una galería o una pared o para alejarnos de una cascada.

En la bajada, cuando estemos un poco por encima del desviador, nos limitaremos a abrir el mosquetón del desviador, sacar la cuerda y volverla a introducir por encima del descensor, procurando no soltar la desviación durante la maniobra.

En la subida actuaremos de igual manera, ascenderemos hasta la altura del desviador a ras del mosquetón e incluso forzando un poco su ascenso, lo abriremos, sacaremos la cuerda, subiremos un poco y volveremos a introducir la cuerda en el mosquetón del desviador por debajo del bloqueador ventral, procurando no soltar la desviación durante la maniobra.



2.3. PASO DE NUDOS

Encontraremos los inevitables nudos en la cuerda de progresión por la necesidad de empalmar varios tramos para continuar una exploración o bien por deterioro de la cuerda.

En el descenso, bajaremos hasta que el nudo nos detenga en la polea superior del descensor. Colocaremos los dos bloqueadores por encima del descensor y nos aseguraremos al nudo con la бага corta. Desmontaremos el descensor y lo montaremos por debajo del nudo, lo más pegado posible a él, bloqueándolo con la llave de seguridad. Seguidamente quitaremos la бага del nudo, nos superaremos mediante el pedal y quitaremos el bloqueador ventral, suspendiéndonos ya del descensor. Por último, desmontaremos el bloqueador de mano, desbloquearemos el descensor y continuaremos el descenso. Debemos tener siempre los bloqueadores lo más pegados posible al nudo.

Otra forma más sencilla será realizar los mismos pasos sin colocar el bloqueador ventral. Nos aseguraremos con la бага larga al nudo, anclaremos directamente la бага corta en la cuerda, por encima del bloqueador de mano, cuidando de no haberlo subido mucho, y realizaremos el resto de la maniobra.



Para la subida nos anclaremos con una baga en la gaza del nudo. Minimizaremos la distancia entre bloqueadores, pasaremos el bloqueador de mano por encima del nudo, subiremos un poco hasta que el bloqueador ventral casi pegue en el nudo, a continuación nos auparemos sobre el pedal y pasaremos el bloqueador ventral. Finalmente sacaremos la baga y continuaremos el ascenso.

2.4. CAMBIO DE SENTIDO



Por cualquier motivo y durante nuestra progresión por cuerda, nos podemos ver obligados a cambiar de sentido.

De bajada a subida: bloqueamos el descensor y colocamos el bloqueador de mano en la cuerda, calculando que podamos elevarnos al máximo a la hora de auparnos. Una vez aupados, colocamos el bloqueador ventral en la cuerda entre el bloqueador de mano y el descensor; después desmontamos el descensor y comenzamos la ascensión. No nos olvidaremos de la baga de seguro del bloqueador de mano.

De subida a bajada: lo primero que hacemos es montar el descensor por debajo del bloqueador ventral, blo-

queándolo; acto seguido nos aupamos en el pedal del bloqueador de mano y desbloqueamos el bloqueador ventral. En este momento estamos colgados del descensor, ahora podemos desmontar el bloqueador de mano. Es importante tener en cuenta que la distancia entre el bloqueador ventral y el descensor ha de ser mínima, ya que al desmontar el bloqueador ventral y quedar colgados del descensor, el bloqueador de mano podría quedar demasiado alto o bien podríamos quedar colgados de la baga de seguro del bloqueador de mano.

2.5. PASAMANOS

Este tipo de instalación se utiliza para progresar horizontalmente por una pared. Están compuestos por distintos puntos de anclaje, unidos todos ellos por cuerda. Los podemos encontrar a lo largo de una misma línea o escalonados. Las maniobras para progresar en ellos serán las siguientes:



En la bajada: en el primer punto de anclaje del pasamanos, desmontamos el descensor como si estuviéramos en un fraccionamiento. Una vez colgados del anclaje podemos progresar por el pasamanos utilizando la boga de anclaje. Los dos cabos de la boga de anclaje se irán alternando a lo largo de los tramos comprendidos entre los diferentes anclajes. Si, por las características del pasamanos, se necesitase la ayuda de un bloqueador de mano para progresar, introduciremos un mosquetón en los dos agujeros de su parte superior; de esta forma conseguiremos que trabaje correctamente. Para el anclaje al bloqueador se pueden utilizar un par de mosquetones, encadenados a modo de boga de seguro.

En la subida: desbloquearemos los aparatos, quedándonos colgados de una boga como si se tratara de un fraccionamiento. Para la progresión por el pasamanos procederemos como se ha explicado en el punto anterior.



Atención

En todo momento estaremos anclados a la cuerda por una boga de anclaje, utilizando la otra para realizar el cambio de un tramo a otro.

2.6. TELEFÉRICOS (PROGRESIÓN GUIADA)



Utilizaremos este tipo de instalaciones cuando nuestro objetivo sea lograr una importante desviación de la trayectoria vertical, como por ejemplo en lagos que queramos evitar al final de un pozo o para acceder a galerías colgadas en un pozo. Los teleféricos están constituidos por dos cuerdas: una es la cuerda de progresión (sin fraccionar) y la otra es el teleférico en sí; esta segunda cuerda estará anclada y bajo tensión entre el punto de partida y el de llegada.

Tanto en la subida como en la bajada, haremos el uso habitual de nuestros aparatos y de la cuerda de progresión, con la única salvedad de anclar una boga en la cuerda del teleférico; esto hará que nuestra progresión esté condicionada por la cuerda en tensión. El ascenso por este tipo de instalaciones resulta algo más fatigoso que el ascenso en condiciones normales.

2.7. TIROLINAS

Son instalaciones constituidas normalmente por una cuerda anclada por los extremos. Los usos de las tirolinas son muy variados: desde evitar un lago o un pozo, hasta utilizarla para transportar material en zonas difíciles...

La progresión por las tirolinas es completamente aérea. Avanzaremos preferentemente con un par de mosquetones anclados directamente al *maillón* de cintura, aunque si tenemos una polea podremos usarla para reducir el esfuerzo. Si la tirolina tiene inclinación, en el ascenso podremos usar el bloqueador de mano bien como ayuda o bien para evitar el descenso. Esto lo haremos colocando el bloqueador en la cuerda y anclándonos a los orificios superiores del bloqueador. Si usamos bloqueador de pie, el ascenso resultará más fácil. Si no tenemos bloqueador de pie, podremos usar el descendedor a modo de bloqueador, introduciendo la cuerda entre las dos poleas y usando el pedal anclado al descensor y desviándolo con un mosquetón anclado al mosquetón de cintura para aprovechar el esfuerzo realizado al máximo. En el descenso, si la tirolina tiene inclinación, actuaremos como en el caso anterior, con el descensor metido entre las dos poleas. Nos anclaremos con una boga al descensor y nos colgaremos con un mosquetón

de la cuerda. Para bajar actuaremos a modo de palanca sobre la parte superior del descensor.



2.8. DESCENSO POR CUERDAS MUY GRUESAS



Para descender por cuerdas de diámetro superior al normal se utiliza el descensor en forma de «C».

Este método se basa en utilizar el descensor de manera que la cuerda entre (si somos diestros) por la derecha en la polea inferior, suba hasta la superior directamente y salga por la derecha de la polea superior del descensor, pudiendo utilizar mosquetón de freno o no. Si la persona es zurda el sistema de montaje será a la inversa.

En tramos largos, la utilización de este método puede ser peligrosa, ya que a medida que vamos descendiendo la cuerda pesa menos, lo que dificultará el frenado.



Atención

Se debe señalar también que una tracción fuerte desde abajo o una rotura de un fraccionamiento inferior puede romper el descensor, por lo que, si usamos este método, dejaremos un mínimo de dos fraccionamientos entre espeleólogos.

2.9. TERCER BLOQUEADOR (SISTEMA DED ALTERNATIVO)



El uso de bloqueador de mano y ventral para la progresión por cuerda, exige siempre la utilización de una boga de seguro entre el bloqueador de mano y el arnés, en previsión de que falle el bloqueador ventral (salida de la cuerda, deslizamiento etc.).

El sistema DED alternativo (con tres bloqueadores) es una modalidad de ascenso por cuerda que tiene como única diferencia respecto al sistema convencional la colocación de un tercer bloqueador en un pie, que puede ser el derecho o el izquierdo, según preferencias. Algunas personas diestras lo colocan en el pie derecho alegando que esa pierna es la más fuerte y otros en cambio lo utilizan en el izquierdo, usando la derecha con el pedal para pequeños resaltes y como tracción principal, empezando a utilizar la izquierda cuando el esfuerzo se lo exige. Las personas zurdas invierten estos términos. Algunos bloqueadores incluyen la posibilidad de trabajar con ambos pies, gracias a una cinta accesoria que los une.

Este sistema facilita algunas maniobras (ascenso de pozos estrechos, paso de fraccionamientos etc.), mejora el rendimiento y permite una alternancia de ritmos en los ascensos.



2.10. USO DE SEGURIDAD EN EL DESCENSO

Cuando no se utilizan descensores autobloqueantes el uso de aparatos de seguridad en el descenso no está desaconsejado. Ahora bien, las maniobras con este tipo de descensores son más lentas y engorrosas, y además, se hace uso de otro aparato más. Los fabricantes no recomiendan su utilización con cuerdas de bajo diámetro.

El seguro irá siempre por encima del descensor y estará unido al *maillón* del arnés por la baga larga. Durante el descenso lo llevaremos desbloqueado tirando de un pequeño cordino que pondremos al efecto, o apretando el gatillo. En el supuesto de descenso incontrolado o de caída, hemos de soltar inmediatamente el cordino de desbloqueo y no asirnos al bloqueador.

Si llevamos un descensor autobloqueante no necesitamos ninguna seguridad adicional. Para ello deberemos utilizarlo correctamente y saber que un descensor autobloqueante no siempre frena (cuerda nueva, fina o muy embarrada). Deberemos apretar siempre a fondo la palanca de freno en el descenso para evitar deteriorar el aparato y la cuerda. En caso necesario realizaremos una llave de bloqueo para permanecer estáticos en un punto.

Los consejos que nos den, así como nuestra experiencia, nos harán inclinarnos por una u otra de las anteriores opciones.

3. TÉCNICAS DE INSTALACIÓN Y EQUIPAMIENTO

Las técnicas de instalación son el conjunto de conocimientos y materiales que tienen por objeto llevar a cabo un equipamiento rápido, cómodo y seguro para nosotros y nuestros compañeros.

3.1. PREPARACIÓN DE UNA EXPLORACIÓN

Antes y después de equipar una cavidad (tanto si es conocida como si no), hemos de llevar a cabo un «ritual» tan detallado como aconseje la complejidad técnica de ésta.

Antes de la exploración, se deberá:

- Revisar minuciosamente la topografía y ficha técnica (si existen) de la cavidad.
- Buscar información acerca del funcionamiento hídrico, así como de las previsiones meteorológicas a corto plazo.
- Revisar las cuerdas, observando el estado de la camisa (exterior) y comprobando la continuidad del alma (interior) pasándola por los dedos.
- Colocar siempre e inexcusablemente nudos de final de cuerda en las cuerdas de instalación, bien sean largas o pequeños trozos.
- Ordenar el material en función de la ficha técnica, numerando las sacas y detallando su contenido.
- Si no conocemos la cavidad, deberemos mezclar tramos largos y cortos de cuerda, pero sin deshacer las madejas, detallando el contenido de la saca.
- Revisar la bolsa de instalación: maza, burilador, tacos, uña de tracción, tubo para soplar, etc.
- Preparar placas y mosquetones variados. Observar que los tornillos no estén deteriorados y sean los adecuados (8.8 ó A2). En su caso, llevar tuercas para los *parabolts* (también 8.8. o A2).
- Llevar dos llaves de instalación.
- Colocar los cordinos y cintas plegados y aparte de las cuerdas de progresión.
- Limpiar de restos de barro y engrasar los mosquetones, que serán preferiblemente con seguro. En algunas instalaciones, por ejemplo desviadores, es conveniente la utilización de mosquetones sin seguro.

Después de la exploración se deberá:

- Lavar las cuerdas con agua abundante y cepillo y si utilizamos la lavadora lo haremos en frío y sin jabón.
- Secar las cuerdas, cordinos y cintas en lugar ventilado y a la sombra. No mezclarlas con metales susceptibles de liberar óxidos ni con productos químicos.
- Lavar todo lo metálico con cepillo para arrancar el barro y el óxido, secándolo y engrasándolo.

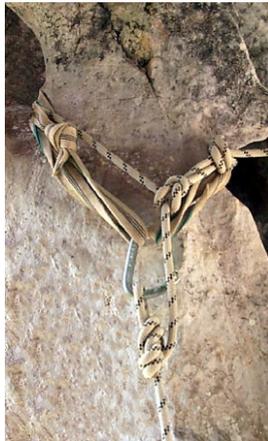
- Revisar, una vez seco, los posibles desperfectos del material, desechando todo aquello que ofrezca dudas.

3.2. FIJACIONES

Las fijaciones son aquellos elementos naturales o artificiales en los cuales fijaremos la cuerda a través de elementos auxiliares (placas, mosquetones, etc.).

Podemos distinguir claramente dos grupos de fijaciones: los naturales y los artificiales.

3.2.1. Fijaciones o anclajes naturales



Los componen árboles, resaltes y puentes de roca, fisuras, grietas, formaciones estalagmíticas, etc.; en definitiva, todo aquello que pueda ser convertido en un punto de fijación a través de cintas, cordinos, etc.

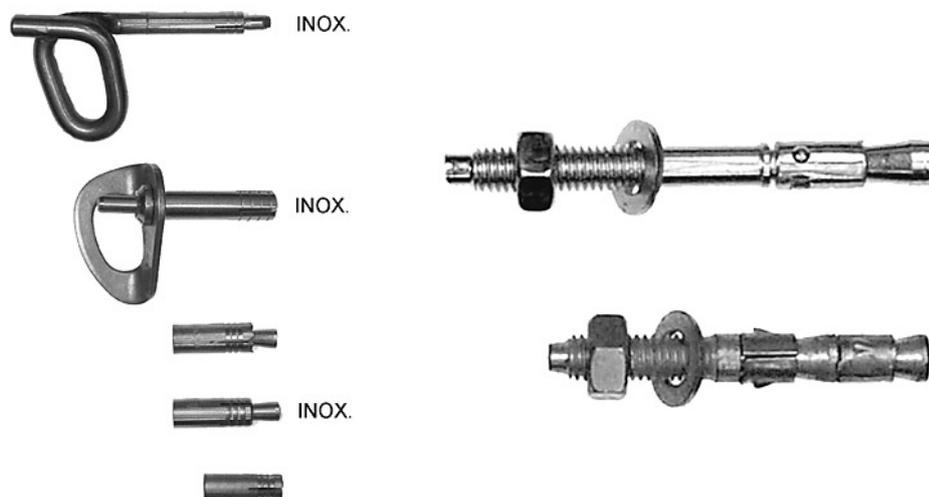
Si están en un lugar adecuado y ofrecen solidez, su uso se justifica por ahorrarnos tiempo y material.

Las precauciones a tener en cuenta son numerosas. En el caso de anclar por ejemplo a un árbol, hemos de hacerlo lo más cerca posible del suelo para evitar realizar palanca sobre el tronco y por supuesto, vigilar que se trate de un árbol robusto y sano. Para los puentes de roca, fisuras y salientes,

comprobaremos el estado de la roca y la posible existencia de fisuras. En el caso de las formaciones estalagmíticas, hemos de asegurarnos que el asentamiento sea sólido (ausencia de barro o signos de descomposición). El uso de este tipo de fijaciones es algo que se va aprendiendo con la experiencia y, si dudamos, es preferible recurrir a las fijaciones artificiales.

3.2.2. Fijaciones artificiales

El abanico de posibilidades que hoy día existe en el mercado (tacos metálicos, químicos, clavijas, etc.), hace prácticamente imposible que exista una situación en la que no podamos utilizar este tipo de fijaciones.



3.2.3. Fijaciones especiales

Les damos este nombre no por la especificidad del tipo de fijación, sino por el tipo de material sobre el que anclamos.

Cuando instalamos, lo hacemos en la gran mayoría de los casos sobre materiales carbonatados; sin embargo, y aunque pocas veces nos encontremos en la situación, debemos conocer las particularidades de la instalación en otro tipo de roca.

Yesos y sales: normalmente, en este tipo de materiales será necesario equipar con clavijas largas de montaña, tipo universal, o bien con las utilizadas para escalada en hielo (huecas y macizas). Existen también en el mercado tacos expansivos de doble cuerpo, *parabolts* y químicos, especiales para materiales blandos, aunque no son efectivos al 100%. Para introducirlos es necesario usar taladro. Realizaremos siempre anclajes dobles o triples si es necesario.

Los anclajes naturales son también un recurso en este tipo de roca: grandes bloques, puentes de roca, formaciones etc.

Hielo: utilizaremos el material que existe en el mercado para hielo.

Roca volcánica: para instalar en este tipo de materiales utilizaremos las fijaciones normales.

3.2.4. Metodología en la instalación

Para equipar debemos tener en cuenta varias cuestiones:



- Las rugosidades de la roca no deben formar palancas ni con la placa ni con el mosquetón; el asentamiento debe ser correcto.

- Se debe evitar siempre que el nudo roce.

- En el caso de que se utilicen placas, éstas deben colocarse en función del ángulo de tracción.

- Se deben facilitar los accesos cómodos a la vertical, buscando tramos aéreos con tiradas razonables, de entre 25 y 30 m.

- Evitaremos las posibles caídas de piedras y agua limpiando previamente las cabeceras y equipando fuera del agua.

- Si colocamos fijaciones cercanas, debemos guardar una distancia entre ellas de 30 o 40 cm.

- Al anclar con cintas o cordinos en cabeceras sobre un natural, deberemos siempre reasegurar la cuerda sobre él.



3.3. FACTOR DE CAÍDA

De la claridad con que comprendamos este concepto así como de su adecuada aplicación, dependerá en parte la seguridad de nuestras instalaciones.

El factor de caída se define como el valor que resulta de dividir la distancia de caída en caso de que falle un anclaje por ejemplo, entre la longitud de la cuerda que detiene la caída.

$$F_c = \frac{\text{Distancia caída}}{\text{Longitud de cuerda que absorbe el choque}}$$

Este valor teórico podrá variar entre 0 y 2.

Factor de caída 1

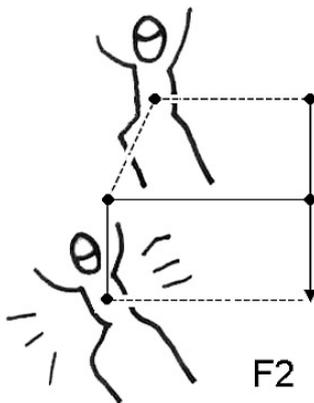
Cuando caemos desde la misma altura a la que se encuentra el anclaje y somos detenidos por él, estamos produciendo una caída de factor 1.



Atención

Las cuerdas semiestáticas de Espeleología pueden resistir un factor teórico máximo de caída de 1. En ensayos de resistencia de cuerdas a choques en que la sujeción al punto de anclaje y al peso se realiza mediante nudos, estas cuerdas pueden resistir varias caídas de factor 1. Sin embargo, en una situación real en la que el espeleólogo sufre una caída de factor 1 sobre un bloqueador, éste provoca daños en la cuerda:

Por tanto, se recomienda **siempre** que cualquier instalación tenga un factor de caída lo más cercano posible a cero.



Factor de caída 2

Cuando la caída se produce desde una altura por encima del anclaje igual a la longitud que la cuerda que nos une a él, la caída es de factor 2.

Un buen ejemplo para ilustrar este caso, sería el de un escalador que sale de una reunión y cae sobre ella.

3.4. FUERZA DE FRENADO

Cuando se produce una caída, la energía cinética del individuo es absorbida de forma más o menos traumática por todos los elementos que componen la instalación (cuerda, placas, mosquetones y masa muscular y ósea del espeleólogo), transformándose en calor y deformaciones.

La fuerza choque o fuerza de frenado es la fuerza máxima que genera una masa en una caída cuando es interceptada por un elemento de seguridad y se transmite a toda la cadena.

La fuerza de frenado variará dependiendo del tipo de cuerda; esto es, en una cuerda estática el valor de la fuerza de frenado será grande, ya que se deforma menos que una cuerda dinámica y absorbe menos energía que ésta, transmitiéndose más cantidad de energía al espeleólogo y provocándole, en consecuencia, más lesiones y más esfuerzos al resto de la cadena.

Las cuerdas dinámicas, por su diseño y confección dan lugar a valores menores de la fuerza de frenado ya que la absorción de energía es mucho mayor que en las semiestáticas.

3.5. Nudos

La importancia de este capítulo es enorme ya que al hacer un nudo la cuerda pierde resistencia en ese punto.

Cuando estemos equipando y, por lo tanto, haciendo nudos, hemos de seguir los siguientes consejos:



- Utilizaremos solamente nudos que hayan sido sometidos a pruebas de ensayo, con objeto de conocer su comportamiento a las tracciones y su resistencia residual, que es la que le queda a la cuerda después de haber realizado el nudo.
- Los nudos deben confeccionarse correctamente, ya que si están mal contruidos, incrementan aún más la pérdida de resistencia que de por sí provoca el nudo.
- Equiparemos los nudos teniendo en cuenta la tracción principal a la que van a ser sometidos.
- Por regla general, las gazas de los nudos en los fraccionamientos serán pequeñas, lo justo para que pase el mosquetón.

Los nudos más usuales para equipar en Espeleología son: el nueve, el ocho, el *papillón*, el as de guía, el ballestrinque, el pescador doble y el nudo de cinta, incluyendo las variantes que existen sobre algunos de ellos.

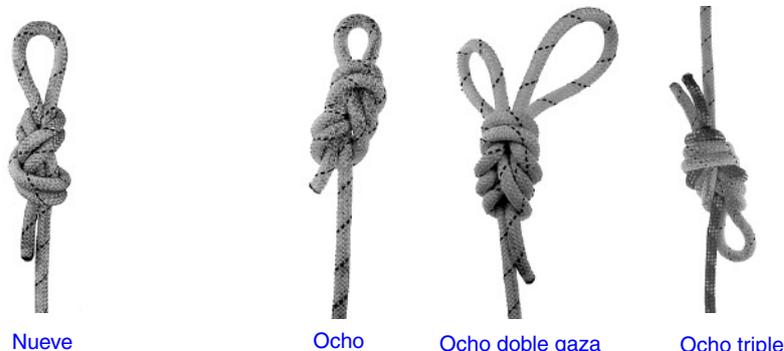
Un segundo grupo lo componen los nudos aplicados a las técnicas de fortuna, como son: *Prussik* y *Machard* y el nudo dinámico, aplicable a sistemas de seguro, descenso, ascenso y tensado.

Nos centraremos principalmente en los nudos de instalación.

Nudo de nueve: es el que proporciona mayor resistencia residual (alrededor de un 70%). Consume un 10% más de cuerda que el nudo de ocho. Se utiliza básicamente en cabeceras de pozos y fraccionamientos.

Nudo de ocho: es el nudo más utilizado. Su resistencia residual se encuentra entorno al 55% y su confección es más fácil que la del nudo de nueve. Lo podemos usar para cabeceras de pozos, fraccionamientos y como nudo de empalme si lo trenzamos con otra cuerda.

Asimismo el ocho de doble gaza resulta un nudo extremadamente útil cuando tenemos anclajes próximos.



Nudo de ocho triple: será el nudo a utilizar en el empalme de cuerdas. Fácil de hacer y deshacer, requiere poca cuerda para su confección y resiste más que el nudo de ocho. Se puede trenzar con cuerdas de distinto diámetro (8-10 mm).

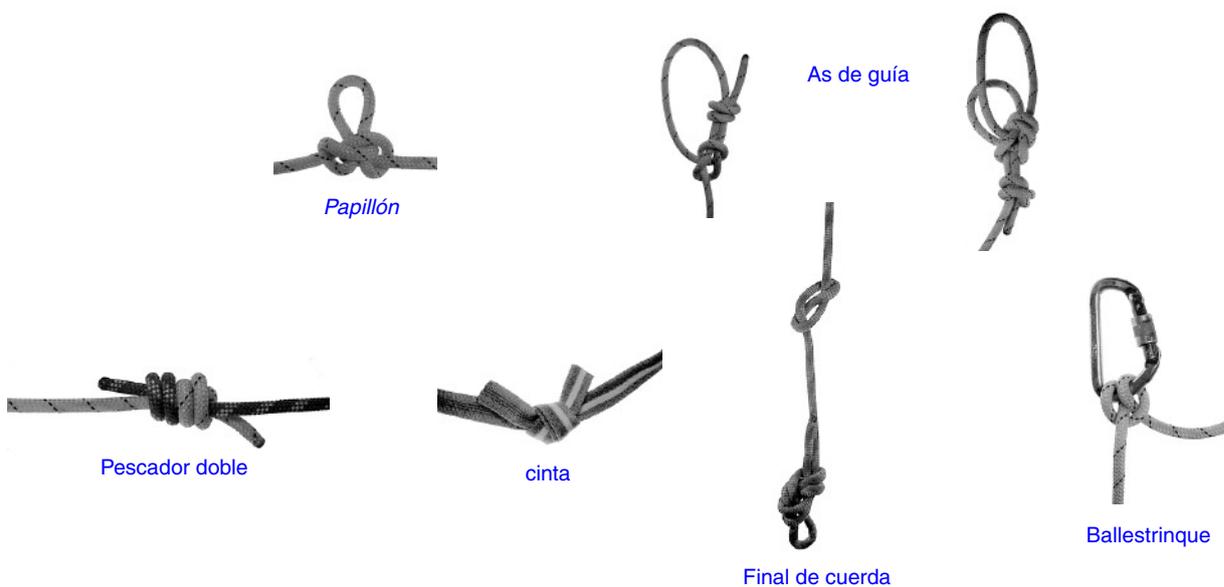
Papillón: lo empleamos como nudo amortiguador entre dos puntos de anclaje; su función es la de absorber parte de la energía que se produce en la caída, disminuyendo así la fuerza de frenado. Su resistencia residual se encuentra entorno al 54 % y normalmente se usa en pasamanos.

As de guía o bulin (denominación derivada del inglés *bowline*): nudo clásico, existen al menos ocho formas diferentes de confeccionarlo; pero ¡cuidado!, hay que conocer la forma en que debe trabajar. Su resistencia residual es del 52%. Con gaza doble alcanza una resistencia del 53% y, al igual que el ocho doble, se puede utilizar para equipar anclajes en “Y”.



Atención

El **As de guía** ha de ser siempre reasegurado haciendo un medio pescador sobre la gaza que forma. Su utilización sin este reaseguro puede llegar a ser peligrosa, debido a que el nudo se puede deshacer cuando no hay tensión sobre él. Además, si alguien se ancla sobre la gaza que forma, puede deshacer el nudo, ya que no es su forma de trabajo. No se recomienda anclarse a la gaza aunque ésta esté reasegurada.



Nudo de pescador doble: lo utilizaremos para empalmar cuerdas. Su principal inconveniente es que una vez apretado es difícil de deshacer. Su resistencia residual es del 56%.

Ballestrinque: es, sin duda, el más débil de todos los aquí expuestos, con una resistencia residual de entorno al 50%.

Nudo de cinta: es el único nudo que admiten las cintas planas.

Nudo de final de cuerda: se han dado casos en que el nudo de final de cuerda se ha deshecho por el simple movimiento de la cuerda.



Durante la instalación tendremos un nudo simple de ocho bien apretado a unos dos metros del final de la cuerda, que sirva de aviso y después, casi al final, un nudo de ocho también fuertemente apretado.

Si la cuerda llega justa al fondo del pozo haremos un nudo simple de ocho o de nueve, fuertemente apretado. Si sobra cuerda lógicamente haremos una madeja con ella.

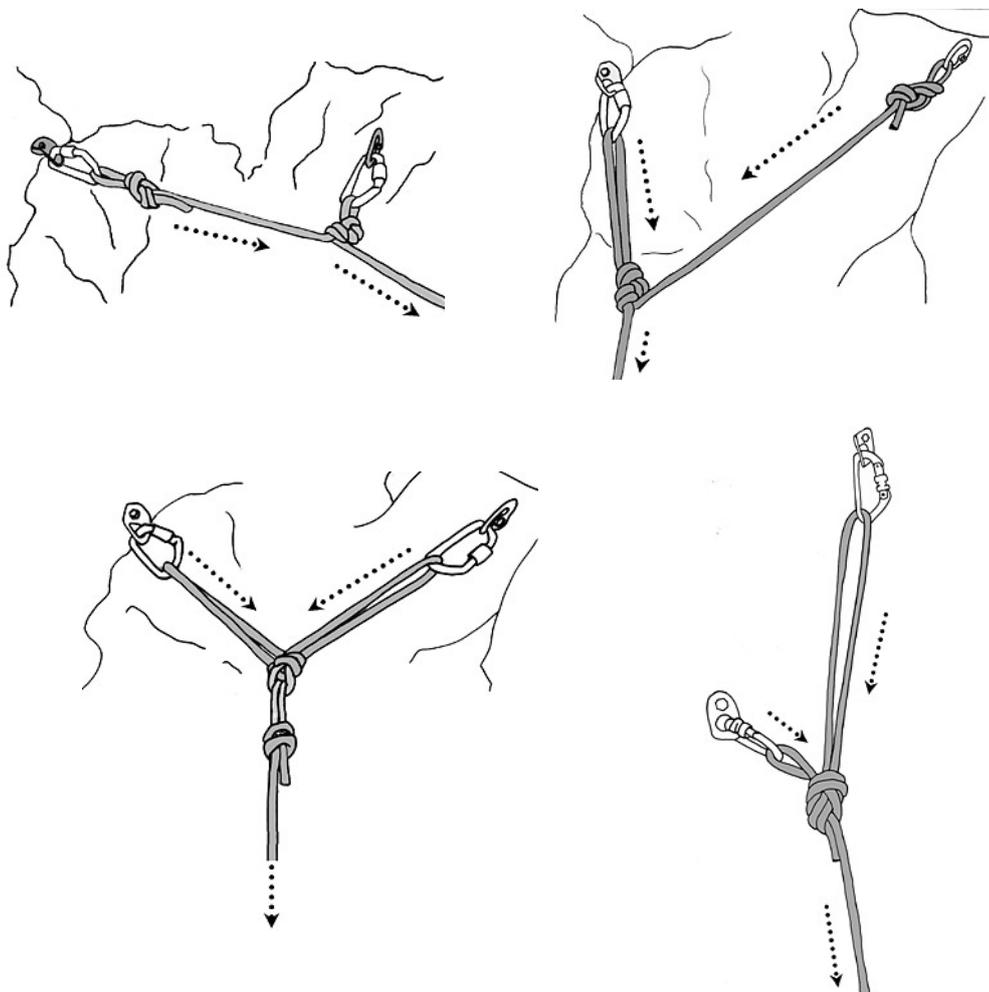


Los porcentajes de las resistencias residuales de las cuerdas reflejados anteriormente son aproximados y varían con cada tipo de cuerda y marca.

3.6. TRIANGULACIONES

El uso de dos o más anclajes para sostener una carga utilizando una misma cuerda, se conoce como triangulación. Su utilización es claramente más ventajosa y segura que los anclajes simples y está especialmente indicada para aquellos casos en los que la fiabilidad de la roca ofrezca alguna duda.

Para equipar una triangulación podemos utilizar un anillo de cuerda o bien la misma cuerda de progresión (nudo de ocho doble o as de guía doble).



3.7. CABECERAS DE POZOS

Deben ser instalaciones sólidas, con un mínimo de dos puntos de seguro: uno principal y uno segundo de reaseguro. Para cualquier diámetro de cuerda se recomienda que la comba sea la mínima posible. El segundo anclaje, por norma general, siempre estará por encima del primario: de esta forma asegura-



remos un factor de caída mínimo en caso de que falle el anclaje principal. Si la calidad de la roca es mala utilizaremos anclajes múltiples triangulados entre sí.

Siempre que queramos equipar un pozo hemos de observarlo previamente, a continuación limpiarlo de piedras, buscar el acceso más cómodo, equipar por donde existan menos roces y por donde, a su vez, la verticalidad sea la mayor posible.

Además de lo anterior procuraremos realizar instalaciones alejadas del agua o de posibles crecidas.

3.8. FRACCIONAMIENTOS

Cuando montemos un fraccionamiento elegiremos el tipo de placa adecuado, para evitar que tanto la propia placa como el mosquetón puedan formar palanca sobre la pared. Es importante tener en cuenta que una vez elegida la placa, ésta se debe orientar en el sentido de la tracción principal. La posición del mosquetón será siempre con el dedo móvil hacia fuera, cuidando de que el seguro esté cerrado. Con cuerdas de entre 8 y 9 mm utilizaremos nudos de nueve siempre bien contruidos; con cuerdas de 9 ó más milímetros utilizaremos nudo de ocho, a no ser que nuestras cuerdas sean muy antiguas. En los fraccionamientos la gaza será la mínima posible. La comba que dejemos entre un fraccionamiento y otro será la justa para bloquear el descensor (entre 1 y 1.5 m. aproximadamente).

Por regla general instalaremos una sola fijación, aunque, como es lógico, dependiendo del tipo de roca y de su estado, en ocasiones usaremos anclajes dobles.

3.9. DESVIADORES

Los desviadores se utilizan para desviar la trayectoria de la cuerda, a fin de evitar un roce, caída de agua o de piedras, etc. No se debe abusar de ellos en un mismo tramo de cuerda.



Atención

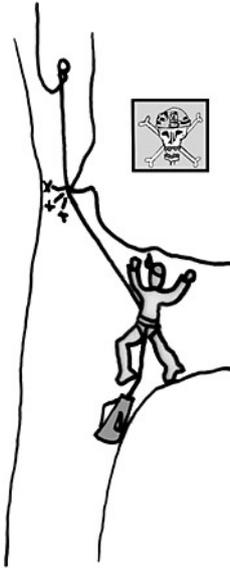
La instalación de desviadores deberá prever lo que pueda ocurrir en caso de rotura del anclaje. Si esta rotura no puede producir roces sobre la cuerda o son de muy escasa importancia, el desviador podrá equiparse sobre una sola fijación. Si las consecuencias son de roce importante o angulación importante donde el espeleólogo puede golpearse contra la pared, deberemos equipar un doble anclaje triangulado.

3.10. PÉNDULOS

De todas las maniobras de instalación, posiblemente sea la que requiera una mayor destreza. Esta técnica se utiliza para acceder a galerías y repisas que quedan fuera de nuestra trayectoria vertical o para evitar caídas de piedras o agua.

Comenzaremos la maniobra teniendo en cuenta los siguientes factores:

1. Valoraremos la distancia entre el lugar en el que estamos y el punto a donde queremos llegar, para poder así calcular la intensidad del impulso.
2. A la hora de desplazarnos lateralmente, hemos de procurar situarnos por debajo del punto a



donde queremos llegar, ya que en el movimiento de balanceo que realizaremos ganaremos altura.

3. Intentaremos localizar un punto donde podamos asirnos, bien con nuestras manos, bien con una uña de tracción o con cualquier objeto que sirva al efecto.

4. Se ha de tener cuidado con los intentos fallidos, pues podemos golpearlos contra las paredes de forma descontrolada.

5. Iniciaremos el movimiento pendular impulsándonos contra una pared, ayudándonos de un compañero que mueva la cuerda de progresión desde abajo o con nuestra saca.

6. A la hora de realizar un péndulo es importante analizar si durante la maniobra podemos hacer que la cuerda roce contra la pared o algún saliente, lo que deberemos evitar desviando la cuerda o montando un fraccionamiento accesorio.

7. Dependiendo de la magnitud del péndulo, equiparemos uno o dos anclajes en el punto a donde nos hemos desplazado.

3.11. PASAMANOS

Por lo general, serán instalaciones de progresión más o menos horizontal. Debemos tener siempre dos anclajes en cada extremo o bien uno en la zona en donde no estamos suspendidos de la cuerda y otro donde ya empecemos a estarlo. Algunos ejemplos de utilización pueden ser: acceder a galerías colgadas, a una vertical o evitar un lago al final de un pozo.

Para equipar un pasamanos, comenzaremos montando un doble anclaje. Si la instalación no es muy aérea, utilizaremos el bloqueador de mano para asegurarnos a la cuerda cuando estemos instalando, procurando que esté tenso en todo momento. Si la zona a equipar es en aéreo, podremos utilizar el descensor. Mediante pequeños péndulos y ayudados de uñas, si el caso lo requiere, o desde el anclaje anterior, instalaremos la siguiente fijación. Una vez montado, nos anclaremos a él con nuestra bota de anclaje corta. Montaremos tenso nuestro bloqueador de mano sobre la cuerda, quitaremos el descensor y anclaremos el nudo sobre el anclaje. Estos son los pasos a repetir para cada anclaje. Al final del pasamanos instalaremos también un doble anclaje.

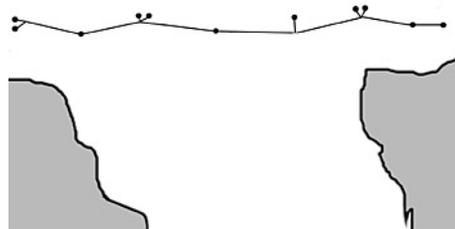
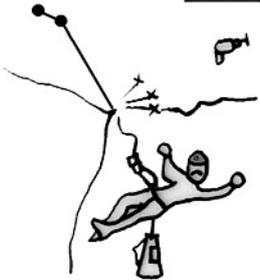
La instalación de pasamanos requiere algunas precauciones:





- La instalación de las fijaciones se hará a una altura similar a la de las anteriores y, si es posible, más baja. Si la siguiente fijación está sensiblemente más alta deberemos instalar dos fijaciones, anclando en Y.

- La cuerda deberá estar tensa, de forma que en caso de rotura de un anclaje se realice un movimiento pendular sin ninguna caída.



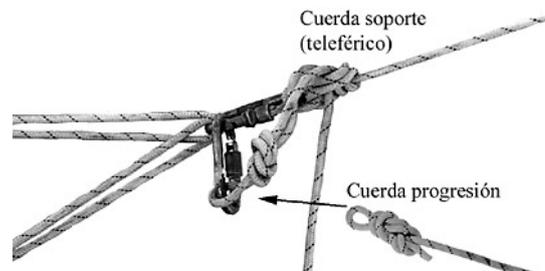
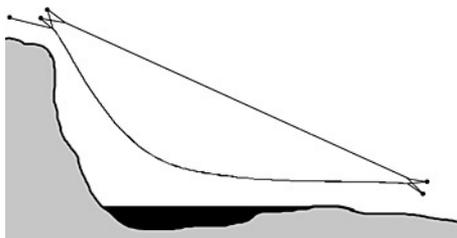
- Se debe prever que, en caso de rotura, la cuerda no roce contra ninguna arista cortante en el movimiento pendular. Si esto puede suceder, colocaremos un doble anclaje.

3.12. TELEFÉRICOS (PROGRESIÓN GUIADA)

Si nuestro objetivo es conseguir un desplazamiento importante con respecto a la trayectoria vertical, podemos recurrir a lo que conocemos como teleférico o progresión guiada. Consiste en equipar dos cuerdas estáticas: una de ellas será de progresión y se equipará sin fraccionamientos y la segunda tendrá el mismo punto de partida, pero no de llegada, ya que su otro extremo se anclará bajo tensión en el lugar a donde pretendemos llegar. De esta forma descenderemos por la primera cuerda y la segunda servirá de guía para llevarnos al lugar elegido.

La cuerda de progresión y la de separación se equiparán con dos anclajes en cabecera, que serán los mismos para ambas. La de separación tendrá también dos anclajes en la base del pozo, donde haremos el tensado. Aquí anclaremos también la cuerda de progresión para evitar que se vaya a la vertical.

La cuerda de desviación se tensará con un nudo dinámico bloqueado en los anclajes inferiores.



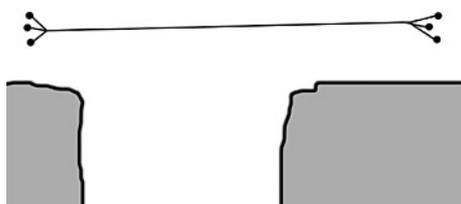
3.13. TIROLINAS



Los últimos ensayos realizados con tirolinas revelan que la cuerda de seguro resulta superflua. La cuerda que usemos deberá ser de al menos, 9 mm y no estar expuesta a ningún roce o caída de piedras. Los anclajes a cada lado de la tirolina serán triples y triangulados entre sí por cuerda de al menos el mismo diámetro y características que la utilizada en la tirolina.

El tensado de la tirolina se realiza con un descensor autobloqueante que se bloquea tras haber tensado, o bien con un nudo dinámico bloqueado tras la tensión. La unión de las triangulaciones se hará con nudo de pescador o de ocho trenzado. Nunca se hará la triangulación con cintas debido a su limitada resistencia y a que al ser planas pueden quedar entrelazadas y alguno de los anclajes puede trabajar más que otro. Los mosquetones a utilizar tendrán homologación CE.

Si la utilización de la tirolina es para espeleosocorro, el diámetro de la cuerda será, como mínimo, de 10 mm.



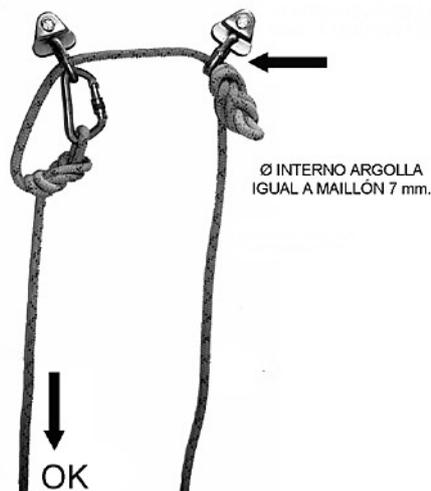
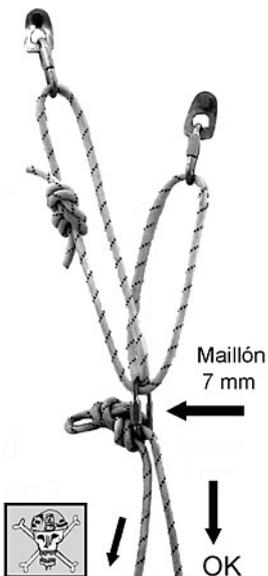
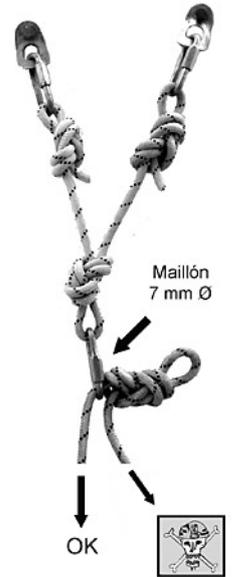
3.14. TRAVESÍAS

En la actualidad existe un importante número de cavidades que, por sus características morfológicas, permiten ser atravesadas total o parcialmente sin necesidad de retornar al punto de origen. Este tipo de cavidades exige un planteamiento diferente de la instalación o equipamiento.

En primer lugar deben ser conocidas y, a ser posible, se debe disponer de la topografía y la ficha técnica; deben estar instaladas para este tipo de actividad, esto es, anclajes dobles unidos entre sí por cadenas, cordinos o cintas, con una argolla o maillón final por donde pasa la cuerda en doble sin que encuentre obstáculos a la hora de deslizarse. Lógicamente tendremos que llevar una cuerda con algo más del doble de la longitud del pozo mayor. Si éste es muy grande, se montarán reuniones a lo largo de él; es primordial, además, llevar una cuerda de reserva por si la que usamos se queda enganchada y otra de menor longitud para pozos menores con objeto de no andar manejando cuerdas muy largas.

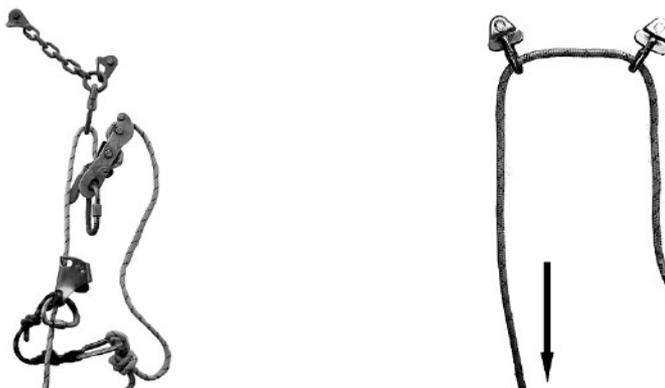
El método a seguir es bien simple: pasamos un extremo de la cuerda por la argolla final del anclaje hasta llegar al centro de la cuerda (debe estar marcado "nudo de ocho") y bloqueamos con el nudo y un mosquetón a la argolla o maillón.

Una vez bloqueada la cuerda podemos descender normalmente. El último espeleólogo desmontará el nudo, desviadores y los posibles fraccionamientos, descendiendo con un descensor para cuerda doble o bien con uno normal (si es bloqueado desde abajo), prestando en este caso atención a colgarse de la cuerda adecuada. **Como precaución para evitar errores**, el que bloquea desde abajo con un descensor o un bloqueador, asegura el otro extremo de la cuerda con un nudo de ocho anclado a su *maillón* de cintura con un mosquetón. Una vez abajo se quitan los posibles giros que tenga la cuerda y se tira de uno de los extremos hasta su recuperación total.



En el descenso no nos olvidaremos de los correspondientes nudos de final de cuerda y tampoco olvidaremos deshacerlos al recuperar la cuerda.

Es aconsejable que el penúltimo espeleólogo que descienda compruebe si puede recuperar bien la cuerda, para que el último corrija la instalación en caso de que la cuerda no corra bien. A la hora de recuperar la cuerda y cuando preveamos que el final de la cuerda está a punto de pasar por la instalación, debemos tirar suavemente para evitar que con un latigazo fuerte se pueda hacer un nudo que nos bloquee la cuerda.



3.15. ESCALADA ARTIFICIAL

Esta técnica constituye en sí toda una disciplina deportiva, plagada de detalles técnicos y es necesaria una profunda formación práctica para llevarla a cabo con seguridad. La intención de este manual es darla a conocer como técnica útil y necesaria dentro de la exploración.

Haremos uso de esta técnica para acceder a lugares donde no puedan utilizarse otros métodos de progresión y descartaremos la práctica de la escalada libre, ya que nos encontramos con demasiados factores desfavorables, como son la falta de luz, el barro, la humedad o el desconocimiento de la roca.



Esta técnica consiste en progresar por una pared montando fijaciones (en su mayor parte artificiales) separadas entre sí por una distancia más o menos constante, dependiendo ésta de la altura del escalador, del estado de la roca, de la verticalidad y de los medios para instalar (con burilador o con taladro autónomo). Una vez instalada la fijación la equipamos con una placa, un mosquetón y/o cinta exprés (dependiendo de los ángulos formados entre los anclajes de seguro, colocados a lo largo de la escalada), colocando a continuación un estribo en el mosquetón del anclaje o en uno adicional colocado para estas maniobras; a continuación, solicitamos cuerda y, con cuidado, nos aupamos sobre los estribos. Cuando estemos a la altura del anclaje, pedimos cuerda de seguro y la pasamos por el mosquetón. Hecho esto, tensamos un poco la cuerda de seguro, que nos ayudará a mantener el equilibrio y a estar pegados a la pared. Para instalar el siguiente punto nos aupamos sobre el primer peldaño del estribo, calculamos la distancia y el lugar donde vamos a montar la segunda fijación y repetimos estas maniobras para todos los anclajes. La cuerda no debe pasar entre las piernas, ya que en caso de caída provocará que caigamos de cabeza. En todo momento estaremos bajo la vigilancia de nuestro compañero, que permanecerá atento a cualquiera de nuestras indicaciones.

Normalmente, los tramos a escalar en cuevas no son muy largos, por lo que con un sólo tramo de cuerda suele ser suficiente. Cuando la escalada es más larga (dos tramos o más) es necesario montar reuniones: éstas sirven como punto final de un tramo y comienzo del siguiente. En este punto se instalan varios anclajes con objeto de reunir a los dos escaladores, recuperar el material del primer tramo, descansar y turnarse. El trabajo que realiza el escalador que va de segundo con-

siste en ir ascendiendo por los anclajes instalados por el primero, recuperar el material ayudándose de sus estribos, al tiempo que es asegurado desde arriba por el primero. Otra técnica de ascenso para el segundo y para el caso de escaladas largas, es la de montar una cuerda fija por la que el segundo subirá con los bloqueadores, al tiempo que irá recuperando material.

Por supuesto, la cuerda deberá de ser dinámica.

4. BIBLIOGRAFÍA

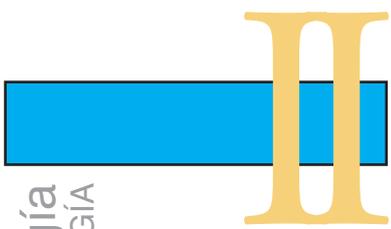
Campagne éssais Spéléo Secour Français 1994 et 1997.

Catálogos publicitarios de diversas marcas comerciales.

GISBERT ROGER, L.: *Diccionario de Técnica Espeleológica*. Federació d'Espeleologia de la Comunitat Valenciana / Federación Española de Espeleología. Valencia 1998.

MARBACH, G.; ROCOURT, J. L.: *Téchniques de la Spéléologie Alpine*. TSA. Chorance (Francia) 1980.

Técnica y formación en Espeleología
FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA



Miguel López Molina,
Sergio Palacios Pérez
y Alejandro Téllez Gottardi

PREVENCIÓN Y AUTOSOCORRO



1. INTRODUCCIÓN

La Espeleología tiene una serie de riesgos potenciales. Estos riesgos son elementos intrínsecos a las cavidades, están en ellas y forman parte de las cavernas. Su superación exige una preparación, unas destrezas, un material y un entendimiento específico, su conocimiento y aplicación servirá al espeleólogo para franquear con éxito estos riesgos potenciales, o por el contrario, convertirlos en un peligro para su integridad.

El desconocimiento de las características del medio físico en que se desarrolla la cavidad aumenta el riesgo potencial de accidentes, por lo que el espeleólogo además de conocer la técnica de la exploración subterránea y poseer un equipamiento adecuado a la exploración que va a realizar, deberá también conocer las características del medio en que va a desarrollar su actividad.

Los elementos de riesgo potencial podemos dividirlos en:

a) Materiales:

Rotura:

- Por estar viejo o mal estado
- Ser inadecuado
- Mal uso
- Accidental

Mal empleo:

- Anclajes mal instalados
- Nudos mal hechos
- Aparatos mal colocados

b) Elemento humano:

Técnica:

- Desconocimiento o conocimiento deficiente de la técnica

Personales:

- Irritabilidad
- Inexperiencia
- Falta de Previsión (Inundaciones)
- Imprudencia
- Desmoralización

Entrenamiento:

- Grandes esfuerzos
- Excesiva demora
- Escasa o inadecuada alimentación
- Falta de entrenamiento

Grupo:

- Objetivos desproporcionados
- Choque de caracteres
- Desorganización

c) Medio físico:

- Bloques inestables
- Caída de piedras
- Roca disgregada
- Zonas resbaladizas
- Aguas muy frías
- Cascadas: continuas o intermitentes
- Rápidos de agua
- Zonas profundas
- Crecidas
- Cavidades laberínticas
- Pasos estrechos
- Meandros desfondados
- Verticales: grandes, pequeñas, resaltes

2. PREVENCIÓN DE LOS ACCIDENTES

2.1. REGLAS GENERALES

Para reducir los riesgos en una exploración deberemos de tener presente en todo momento las siguientes precauciones:

Principios básicos

- Conocer las propias posibilidades físicas y técnicas y no infravalorar las dificultades que encontraremos en el mundo subterráneo.
- Tener una buena preparación física y una alimentación correcta es uno de los elementos más importantes a la hora de prevenir los accidentes en Espeleología. Hay que tener siempre presente que un espeleólogo que realice una actividad mediana, consume diariamente de 5.000 a 6.000 calorías.
- Usar material homologado (C.E. ó U.I.A.A.) y tenerlo en buen estado.
- Conocer perfectamente la técnica necesaria que requiera la exploración que vamos a realizar (ver Capítulo I).
- Conocer perfectamente las técnicas de autosocorro y fortuna (Apartados 5. Técnicas de autosocorro y 7. Técnicas de fortuna del presente capítulo).
- Saber ¿qué hacer? y ¿qué no hacer? en caso de accidente. Así como el procurar tener conocimientos de primeros auxilios.

Para antes de la exploración

- Poner en conocimiento de los compañeros del club o familiares lo que pensamos hacer, situación, horarios, etc., para que en caso de necesidad puedan movilizar la ayuda necesaria.
- El realizar comidas equilibradas y adecuadas el día anterior a la exploración.

- Realizar las recomendaciones específicas que se indican en el capítulo I en su apartado 3.1. Preparación de una exploración.

Durante la exploración

- Hay que llevar el material personal adecuado y en buen estado: iluminación mixta, vestimenta adecuada a la exploración a realizar, carburo de recambio, etc.
- Llevar siempre una manta reflexiva y ciertos elementos para primeros auxilios.
- Los equipos de exploración que se creen (se procurará que sean de un mínimo de tres personas) deberán de tener un nivel homogéneo. La progresión ha de realizarse siempre al ritmo del menos fuerte.
- Comer poca cantidad pero con frecuencia y beber a menudo, si es posible bebidas isotónicas.
- Tomar una cantidad suficiente de glucosa.
- Es muy importante respetar el ciclo biológico, siempre que sea posible, del ritmo de comer y dormir.
- Ante las dificultades técnicas que encontremos a lo largo de la exploración, aplicar las recomendaciones realizadas en el capítulo I.

2.2. EN LA EXPLORACIÓN DE CAVIDADES VERTICALES

Para la exploración en cavidades con desarrollos verticales, hay que tener presente en todo momento las recomendaciones específicas realizadas en el capítulo I, especialmente lo referido en el apartado 3. Técnicas de instalación y equipamiento, teniendo una especial precaución en los siguientes aspectos:

- Las fijaciones artificiales se colocarán perpendiculares a la pared y en roca adecuada.



Atención: Colocación de las fijaciones artificiales:

¡NUNCA!, sobre:

- Calcita
- Coladas estalagmíticas
- Placas de roca

¡NI TAMPOCO!,

- Cerca de aristas
- Fisuras
- Ni a menos de 20 cm de otro anclaje artificial

- No apretar exageradamente los tornillos de las fijaciones artificiales, la sobretensión puede romperlos.
- Vigilar que las placas y anillos trabajen correctamente, ya que pueden aflojarse en los fraccionamientos y tirolinas.
- Confirmar la existencia del NUDO DE FIN DE CUERDA.

- Utilizar un nudo adecuado en los anclajes: OCHO ó NUEVE.
- Evitar los rozamientos de la cuerda con las paredes realizando FRACCIONAMIENTOS.
- Utilizar la boga de anclaje para asegurar todas las maniobras que se realicen.
- Evitar el estar parados o circular inútilmente por debajo de la base de los pozos.

2.3. EN CAVIDADES ACTIVAS O POTENCIALMENTE ACTIVAS

La exploración de cavidades bien activas (con caudal hídrico) o en las que por sus características circunstancialmente puedan actuar como tales, hay que realizarla teniendo presentes las recomendaciones realizadas en el capítulo I, apartado 1.3. Galerías inundadas, teniendo una especial precaución en los siguientes aspectos:

- Tener en cuenta la evolución del tiempo durante la salida proyectada. Si es preciso, pedir la previsión del tiempo a la estación meteorológica más cercana o cerciorarse por los medios de comunicación.
- Durante la progresión, localizar y tener en la memoria los lugares que no puedan ser afectados por una crecida.
- Si la exploración de la cavidad ha de hacerse en varias veces, hay que dejar en estas zonas pequeños depósitos de supervivencia (comida, carburo).
- Saber nadar es de importancia primordial.
- En caso de ser sorprendidos por una crecida, es mucho más seguro y práctico esperar que ésta acabe, que no intentar salir cueste lo que cueste.
- Al primer indicio de crecida, hay que buscar los lugares más altos. Si nos sorprende subiendo un pozo, hay que abandonar y descender lo más rápidamente posible. Si contrariamente faltando pocos metros decidimos continuar, debemos hacerlo con precaución pues es posible que los anclajes estén bajo el agua.



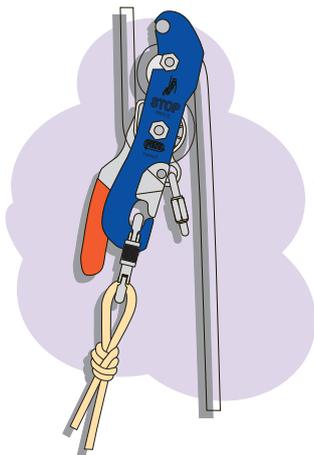
Atención

Es absolutamente necesario mantenerse fuera del agua. Evitaremos mojarnos innecesariamente por el potencial peligro de hipotermia.

2.4. SUPERACIÓN DE PASOS ESTRECHOS

Para superar estrecheces (ver capítulo I, apartado 1.2. Pasos estrechos) tendremos presente:

- Sacarnos el máximo de objetos y el barbuquejo del casco antes de pasar una estrechez.
- Nunca entraremos de cabeza en un paso estrecho de sentido descendente, si no tenemos la seguridad de que en el otro extremo podemos dar la vuelta.



- El miembro del equipo que tenga más dificultad para superar un paso estrecho, nunca será el último ni el primero, ya que en caso de quedar bloqueado podríamos ayudarlo desde los dos extremos.

Para superar estrecheces verticales o cabeceras de pozos muy estrechos, hemos de colocar el descensor en el mosquetón del cabo de anclaje, tal como indica la figura.

Si es necesario equiparemos el paso estrecho vertical con escalas.

2.5. SUPERACIÓN DE BLOQUES INESTABLES

Para superar bloques inestables (ver capítulo I, apartado 1.1. Progresión por caos de bloques) tendremos presente:

- Limpiaremos al máximo antes de pasar.
- Pasaremos individualmente los sectores peligrosos.
- Procuraremos estabilizar y fijar los bloques.

2.6. PÉRDIDAS - EQUIVOCACIÓN DE ITINERARIO (INCIDENTES)

Las pérdidas o inmovilizaciones motivadas por extravío o por falta de luz, aunque generalmente no son de consecuencias graves, pueden producir retrasos que ocasionan intranquilidad y un consumo de energías que puede llegar a agotar a los extraviados. Todo ello provocará la alarma en el exterior y con toda probabilidad la intervención del equipo de búsqueda.

Como evitarlos:

- Utilizar una luz adecuada que permita hacer una perfecta composición del lugar. Las lámparas eléctricas aportan una luz puntual que permite ver el lugar al que la dirigimos, pero es difícil con ellas captar los volúmenes y contornos en espacios amplios.
- Es preciso fijar los puntos de referencia en el recorrido de modo que puedan ser reconocidos durante la salida.
- En sistemas laberínticos, caos de bloques, etc. es conveniente volverse para poder observar el itinerario seguido y poder reconocerlo a la salida; la fisonomía de estos lugares cambia mucho al variar el punto de vista.
- En caso de duda, retroceder, hasta el último punto recorrido y reiniciar desde él la búsqueda del camino.
- No dejar flechas salvo que sea estrictamente necesario, colocándolas de manera que puedan verse en el sentido de salida. Las señales dejadas con criterios particulares pueden crear

confusión y llevar a equivocaciones en el itinerario correcto.

- Si se trata de una travesía, hemos de estar bien seguros de que estamos en el camino correcto antes de recuperar la cuerda de rappel (ver capítulo I, apartado 3.14. Travesías).

3. ACCIDENTES MÁS FRECUENTES

3.1. TRAUMATISMOS

a) Por precipitación desde cierta altura

Para evitar estos accidentes seguiremos las siguientes normas:

- Uso de iluminación adecuada y suficiente.
- Llevar la cabeza protegida con casco.
- Atención a los anclajes y cuerdas usadas en las verticales. Extremar las precauciones con el uso del material técnico.
- Comprobar la consistencia del suelo. Atención a los suelos concrecionados y a las superficies resbaladizas.
- Cuidado extremo durante el desplazamiento en caos de bloques inestables.
- Hacer siempre un nudo al final de la cuerda. Los lazos para anclajes deben ser de diferente aspecto a la cuerda de progresión o guardarse en sacas distintas o ir anudados juntos, a fin de no confundirlos con los extremos de una cuerda de progresión.

b) Por caídas de piedras

Es siempre un riesgo en zonas verticales. Una piedra aunque sea de pequeño tamaño si cae de cierta altura puede chocar con gran energía llegando a producir traumatismos muy graves.

- Es necesario limpiar las repisas y rellanos antes de descender los pozos. Atención a los materiales dejados en la cabecera.
- Prever una instalación que evite en lo posible los riesgos en caso de caída de piedras.
- Atención a las sacas que cuelgan, evitar que se enganchen.

3.2. QUEMADURAS

Pueden ser por fricción (al rapelar sin guantes) o por llama del carburo. El carburo también puede causar quemaduras químicas. Hay casos bien documentados de quemaduras cuando se ha utilizado el polvo de carburo para "secarse" las manos.

3.3. AHOGAMIENTOS Y CASI AHOGAMIENTOS

Entre el 10 y el 12% de las víctimas de ahogamiento no aspiran realmente agua. En su lugar, mueren realmente por asfixia aguda mientras están sumergidas, debido tal vez a laringoespasma o apnea.

El agua fría en extremo, como es el agua de muchas cavidades de los Pirineos, Picos de Europa, etc. produce rápidamente una hipotermia corporal total, que disminuye el consumo de oxígeno y por ello prolonga el tiempo que se puede tolerar la falta de oxígeno. Aunque algunas personas no pueden ser reanimadas hasta un estado normal incluso después de una sumersión breve, otras han recuperado la función cerebral normal después de inmersiones de hasta 40 minutos en agua extremadamente fría. Por ello se debe evaluar cada víctima de forma individual.

Conducta a seguir: Se debe retirar a la víctima del agua de inmediato y aplicar reanimación cardiopulmonar básica (ver el manual titulado “*Descenso Deportivo de Cañones*” de la Federación Española de Espeleología). Se ha comprobado que la ventilación boca a boca y boca a nariz son las más efectivas en estas situaciones. Si no es factible retirar a la víctima del agua de inmediato, debe comenzarse la ventilación boca a boca tan pronto como el reanimador rescata a la víctima. Algunas víctimas que no respiran, todavía tienen actividad cardíaca efectiva y, por ende, el restablecimiento de la ventilación mejorará la oxigenación del corazón.

Si la víctima no ha aspirado agua y se establecen ventilación y circulación efectivas antes que ocurran cambios circulatorios y neurológicos permanentes, el pronóstico es excelente. Estas víctimas, con frecuencia, recuperan la conciencia en el lugar del accidente. Aunque pueden estar somnolientos, aturdidos o letárgicos, estos síntomas suelen desaparecer rápidamente y no suelen requerir otro tratamiento.

Incluso, si ha aspirado agua, es más importante iniciar de inmediato la ventilación artificial efectiva que intentar drenar líquido de los pulmones, en particular porque la cantidad de agua aspirada no suele ser muy grande y el agua dulce se absorbe en los pulmones en 5 minutos.

3.4. SÍNDROME DE AGOTAMIENTO – HIPOTERMIA

EL AGOTAMIENTO es un accidente muy frecuente y exclusivo de situaciones que se desarrollan en un medio muy adverso como la alta montaña, grandes travesías o el medio subterráneo. Suele afectar a deportistas poco expertos que no perciben a tiempo el límite de sus posibilidades, llegando en un momento determinado a serles imposible realizar cualquier tipo de esfuerzo. Una vez obligados a detenerse sobreviene rápidamente una HIPOTERMIA (incluso en cavidades no muy frías) favorecida por la alta humedad del ambiente y las pocas reservas energéticas del accidentado. La hipotermia no se presenta sin un traumatismo o un agotamiento previos, por lo que no debería ser considerada de forma aislada.

Factores provocadores:

- Agresión del medio.
- Técnicas agotadoras actuales.
- Falta de entrenamiento y dieta inadaptada.
- Factores psicológicos: no administrar el esfuerzo, no reposar a tiempo, claustrofobia, choque psicoafectivo.

Consecuencias:

- Siempre se acompaña de hipotermia.
- Hipoglucemia.
- Deshidratación con pérdida de sodio.

Diagnóstico:

- Hipotensión: Se nota porque el afectado tiene taquicardia que no cede con el reposo.
- Hipotermia (Temperatura bucal): 34 - 35° leve, 28 - 33° moderada, <28° grave.

Tratamiento:

- Recalentar (tienda con manta térmica y casco dentro, etc.).
- Reposo (intentar que siga avanzando es peligroso) y aislamiento del suelo (evitar pérdidas de calor).
- Rehidratar (sal y azúcar y alimentos).
- Acompañarlo y estimularlo psicológicamente.

3.5. PATOLOGÍA DEL ARNÉS

Cualquier motivo que provoque que un espeleólogo quede suspendido, inerte, del arnés durante varios minutos puede provocar la aparición del llamado **“Síndrome del arnés”** cuya evolución en pocos minutos puede conducir a la muerte.

No hay indicios premonitorios claros de aparición de síntomas graves; una vez que aparecen la víctima puede empeorar rápidamente. Como conclusión diremos que todo espeleólogo suspendido sin movimiento debe ser inmediatamente descolgado.

Factores provocadores, donde debemos extremar las precauciones (no remontar o descender una cuerda o pasamanos sin estar a la vista de un compañero):

- Pozos estrechos y sucesivos.
- Al regreso (factor fatiga).

Se produce una pérdida de volumen sanguíneo por estancamiento en los cuatro miembros (la sangre llega pero no vuelve) lo que provoca una taquicardia reactiva con hipertensión extrema que puede llevar a la muerte o al fracaso renal agudo. Pero al descolgarlo no pasa el peligro, ya que al soltar el arnés, la vuelta brutal de sangre sobrecarga el corazón pudiendo dar lugar a un fallo cardíaco.

Factores que agravan el cuadro: La pérdida de conocimiento en la cuerda desencadena el cuadro en pocos minutos. El frío agrava la evolución tras soltarlo de la cuerda.

Actuación: Descolgarlo rápidamente. Al llegar al suelo colocarlo suavemente en posición fetal, lo que impide una llegada masiva de sangre al corazón derecho. Se deben administrar sueros y medicamentos lo antes posible (avisar a los equipos de rescate).

4. CONDUCTAS A SEGUIR

4.1. BLOQUEADOS EN LA CAVIDAD - INCIDENTE

Diversas circunstancias nos pueden obligar a quedarnos en una cavidad durante un tiempo indeterminado: crecidas, pérdidas, agotamiento, etc. Estas circunstancias en las que no hay ningún espeleólogo lesionado constituyen un INCIDENTE, ciertamente molesto, pero si sabemos mantener la calma y realizar un análisis frío de la situación evitaremos que este incidente se convierta en un ACCIDENTE.

Es primordial encontrar una POSICIÓN DE ESPERA CONFORTABLE, esto es:



- Aislarnos todo lo que sea posible, de las corrientes de aire, de la humedad y del ruido. Procuraremos instalarnos, si las hay, en las galerías fósiles.
- Aislarnos del suelo y de las paredes: utilizaremos las cuerdas, sacas de material, etc.
- Protegernos la cabeza.
- Ponernos la ropa de abrigo que tengamos sin pasar los brazos por las mangas, poniendo éstos doblados contra el cuerpo.
- Utilizar la manta térmica para envolvernos, colocando en el interior el carburero y el casco encendido, y airearnos de vez en cuando para evitar la condensación. En caso de utilizar la manta térmica es importante sacarse toda la ropa que no transpira: buzo de plástico, *pontonier*, etc.
- Juntarse todos entre sí para darse calor.
- Si estamos en una cornisa, boca de pozo, etc. hay que asegurarse para no caerse en caso de quedarse dormido.

- Periódicamente hay que moverse para que las extremidades no se duerman y se nos produzca hormigueo.
- Ahorrar al máximo la comida y la iluminación.
- Beber, si es posible caliente y azucarado, o salado y orinar.



Atención

Hay que llevar siempre una manta térmica, un pequeño hornillo y un recipiente para calentar líquidos.

4.2. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE ACCIDENTE

En caso de accidente se tomarán las siguientes determinaciones:

Alejar al herido del peligro, especialmente:

- Si está en la cuerda desbloquearlo, bien hacia arriba o hacia abajo, según lo aconsejen las circunstancias.
- Si está en el agua, sacarlo con rapidez.
- Si está dañado por piedras o bloques, sacarlos con cuidado.

Una vez fuera de peligro (momentáneo) seguir las siguientes pautas:

¿Qué hacer?

Acostarle lo más aislado posible del suelo.

Ponerle ropa seca, si se tiene.

Envolverlo en una manta térmica.

Darle líquidos calientes, a ser posible dulces y azucarados.

Darle frutos secos, queso, jamón, etc.

Practicar los primeros auxilios, si se conocen.

¿Qué no hacer?

Obligarle a continuar.

Darle alcohol o cualquier tipo de barbitúrico.

Ignorar las señales de alerta.

Continuar sin prestarle ayuda.

Dejarle colgado.

Moverle innecesariamente.

Dejarle solo (salvo ser dos exploradores).

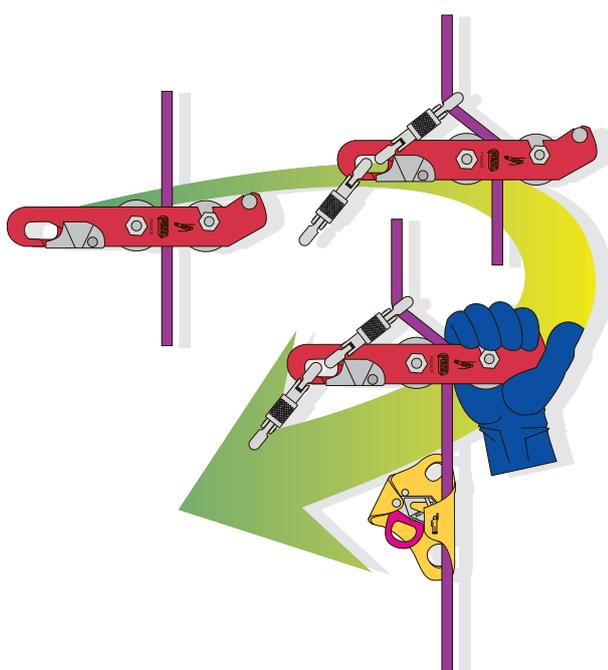
5. TÉCNICAS DE AUTOSOCORRO

5.1. APROXIMACIÓN A UN HERIDO SUSPENDIDO EN LA CUERDA

Para poder atender a un accidentado que se encuentra suspendido en la cuerda de progresión, lo primero que se deberá de hacer es llegar hasta su altura. Para ello, dependiendo de nuestra posición en la cavidad, deberemos ascender si nos encontramos en la base del pozo o descender en caso contrario por la misma cuerda.

5.1.1. Aproximación desde arriba

Para descender hasta el herido y dado que la cuerda se encuentra en tensión por el peso del accidentado, no podremos montar la misma en nuestro descensor de la forma habitual, por lo que se deberá seguir los siguientes pasos:



1º. Asegurarse al fraccionamiento del que pende el accidentado, procediendo a instalar nuestro descensor haciendo pasar la cuerda de progresión entre las dos poleas del mismo.

2º. Pasar un mosquetón de freno desde el descensor auto-bloqueante a la cuerda por debajo (arriba, si éste es simple). Después colocamos la bolsa de anclaje corta entre el mosquetón y el descensor (en él mismo, si es simple) Para una mayor seguridad en esta maniobra, la realizaremos sin desanclarnos del fraccionamiento hasta comprobar que no nos deslizamos por la cuerda involuntariamente.

3º. Una vez comprobado el correcto funcionamiento, podremos descender presionando la parte superior del descensor, hasta llegar al herido. Es aconsejable realizar este tipo de descenso asegurado a un *Shunt* o un nudo Bloqueador, ya que en caso de que la cuerda deje de tener tensión, evitaremos nuestra caída.

Existen otras formas de descender por una cuerda en tensión, usando los bloqueadores de ascenso (aflojando y descendiendo alternativamente el bloqueador de mano y el ventral) método muy útil para descensos de muy corto recorrido) o usando el nudo *Valdotine*.

5.1.2. Aproximación desde abajo

Para ascender por la misma cuerda en la que se encuentra el accidentado, se utilizará la técnica habitual. Se evitará en lo posible movimientos de péndulo que puedan hacer chocar al herido con las paredes. Si es posible, se aconseja desmontar las reinstalaciones.

5.2. TIPOS DE DESBLOQUEOS

5.2.1. Desbloqueo desde encima del herido

Una vez llegado al herido y si está colgado de sus bloqueadores:

1º. Colocar nuestros bloqueadores desmontando nuestro descensor.

2º. Instalamos la cuerda en el descensor del herido y lo bloqueamos.

3º. Desbloquear el bloqueador ventral del herido. Para realizar esta maniobra es necesario descargar el peso del herido del bloqueador ventral. Para ello se colocará en el bloqueador de mano del herido una polea o mosquetón por los que se pasará un cordino, el cual ha sido anclado en uno de sus extremos al delta del herido y el otro extremo nos lo colocamos en nuestro bloqueador ventral. Con esta maniobra se consigue que suspendidos del bloqueador de mano del accidentado, al estar en contrapeso, nos sea más fácil elevar al accidentado hasta poder sacar su bloqueador ventral.

4º. Se realizará la tracción contraria para dejar al herido colgado de su descensor. Nosotros nos colgaremos del herido con nuestra бага corta lo más cerca posible, desmontaremos todo el material utilizado para la maniobra de desbloqueo, y descenderemos quitando la llave de bloqueo de su descensor.

5.2.2. Desbloqueo desde abajo del herido

Es la misma maniobra que la anterior, pero se puede realizar desde abajo del herido.

5.2.3. Método directo

Se trata de coger al herido como si este fuera un petate y subir hasta que quede colgado de nosotros y podamos desbloquear sus aparatos. Seguidamente colocamos nuestro descensor y lo bloqueamos, abrimos el bloqueador ventral, cambiamos nuestro peso al descensor y continuamos descendiendo. Es un método más arcaico, pero más rápido y simple.

Si con este método no se logra desbloquear al accidentado en un par de intentos, es conveniente utilizar el método de contrapeso.

En el caso que herido este bloqueado por su descendedor, bien sea del tipo *Stop* o por un *Shunt*, una vez hayamos llegado al herido, nos colgamos de su descendedor con nuestra бага de anclaje corta y continuamos el descenso una vez desbloqueados los aparatos del herido.

5.3. REMONTAR A UN COMPAÑERO

Únicamente es recomendable usar esta técnica, cuando el herido se encuentre próximo a la cabecera del pozo.

Una vez llegado al herido:

1º. Nos colocamos por encima del accidentado.

2º. Se instala una polea o un mosquetón en el bloqueador de mano del herido por donde pasaremos un cordino o la punta de la cuerda y la anclaremos al bloqueador ventral del herido por el orificio superior.

3º. Subiremos por la cuerda de progresión lo que permita la cuerda o el cordino que ha sido anclado a su bloqueado ventral. Pasaremos al otro lado del contrapeso y tiraremos del accidentado hacia nosotros. Cuando se agote el contrapeso, se pasará otra vez a la cuerda de progresión y se repetirá la operación.

Hay que tener presente:

- Al realizar los contrapesos y con el fin de evitar rozamientos que nos supondrá siempre un mayor esfuerzo, es conveniente utilizar una polea o en su defecto un mosquetón con seguro.
- Todas las maniobras descritas, se han de realizar sin movimientos bruscos, tanto por estar dos personas suspendidas del mismo anclaje, como para evitarle sufrimientos al accidentado.

6. AVISO DE RESCATE. ESPELEOSOCORRO

Es necesario que si se ha de pedir ayuda al exterior en caso de accidente o incidente, el compañero que de la alerta sepa los datos que le van pedir desde cualquier central de alarma, dichos datos son:

- a) **Datos personales:** Nombre de quien llama, lugar de la llamada y teléfono de contacto, datos del accidentado (nombre, edad, si está federado, club al que pertenece), fecha y hora de la entrada a la cueva, tipo de exploración.
- b) **Datos de la cavidad:** Lugar del accidente (provincia, población), nombre de la cueva, profundidad, recorrido de la cavidad, pasos estrechos, sifones, tiempo hasta el accidentado, tipo de instalación, crecidas, ríos, tiempo de aproximación desde los vehículos a la boca de la cavidad.
- c) **Datos del accidente:** Fecha y hora del accidente, estado del accidentado.

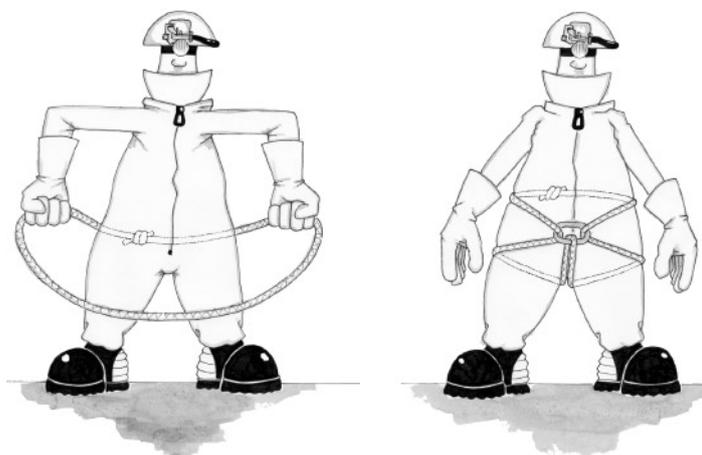
Esta información facilitará la actuación de los grupos de rescate.

7. TÉCNICAS DE FORTUNA

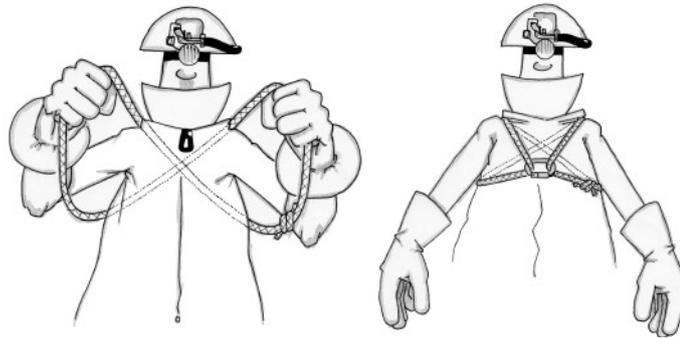
Vamos a tratar de indicar las diversas técnicas que nos permitirán salir de una cavidad equipada con técnica alpina, cuando por causas imprevistas nos falta alguno de los elementos del equipo individual.

Ante todo, estas "Técnicas de Fortuna" se utilizarán exclusivamente ante una eventualidad real o en simulacros, no debiendo ser utilizadas para continuar o iniciar una exploración.

Arnés de cintura: Es posible su sustitución por un simple cordino o trozo de cuerda de la instalación, formando un bucle cerrado mediante un nudo y colocándolo en la cintura.

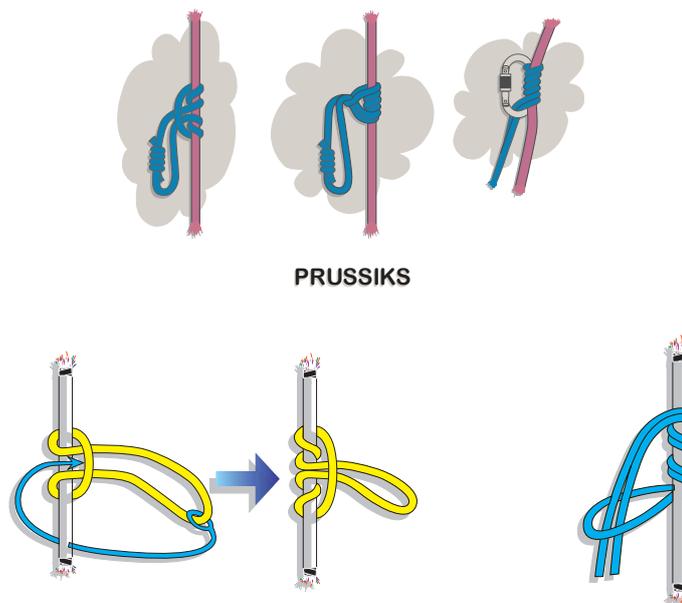


Arnés de pecho: Se le puede dar una solución similar a la anteriormente expuesta.



Delta: Se puede sustituir el *maillón* "delta" por un mosquetón con seguro.

Bloqueador de mano: Su sustitución es posible mediante la utilización de los llamados "nudos autobloqueantes".



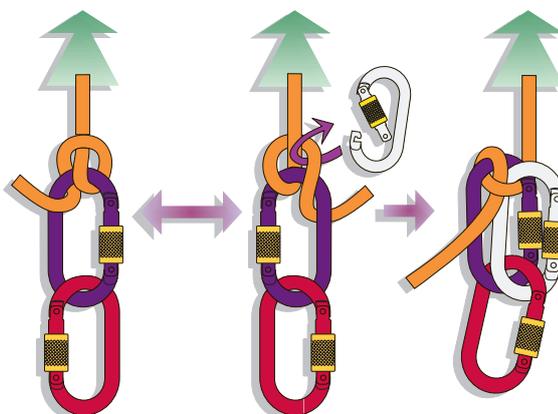
Estos nudos solamente pueden ser desplazados por la cuerda una vez aflojados y descargados de peso.

Por ser el más fácil de aflojar, el *machard* con mosquetón es el que os recomendamos (siempre y cuando tengamos un mosquetón de más para ello).

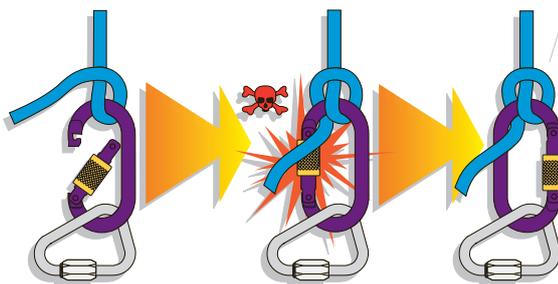
Bloqueador ventral: Caso de que la pieza a sustituir fuese el bloqueador ventral, por seguridad y comodidad procederíamos a instalar en su lugar el bloqueador de mano y sustituir éste por cualquiera de los nudos anteriormente comentados.

En el caso de faltar ambas piezas, en sustitución del bloqueador ventral utilizaremos el nudo autobloqueante

con mosquetón que dibujamos a continuación, que aunque engorroso en su manejo nos ofrece una mayor seguridad, dado que trabajamos directamente sobre la cuerda de progresión, no siendo preciso utilizar un cordino de menor diámetro.



Descensor: Es sustituible por un mosquetón, preferiblemente de acero y con seguro, sobre el que haremos un nudo Italiano o Dinámico, teniendo muy en cuenta que el cabo de cuerda que sale del mosquetón y que nos servirá para regular la velocidad de descenso, no roce con la rosca del seguro por el riesgo que puede entrañar; se pueden utilizar también para el descenso, placas de frenado.



Bagas de anclaje: En su defecto se pueden utilizar para una mayor seguridad en las maniobras de fraccionamiento, dos, tres o cuatro mosquetones que partiendo de nuestro delta nos aseguren al fraccionamiento, pasamanos, tirolina.

8. BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ CASTILLEJO, J. J.; LATASA UNDAGOITIA, I.: *Guía de emergencias en Espeleología*. Ed. Servicio central de publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria 1995.

DULANTO ZABALA, D.: *Protocolos de la Comisión Médica de la F.E.E.*, 1994.

DULANTO ZABALA, D.: *Correcciones a la Guía de Emergencias en Espeleología editada por el Servicio Central de publicaciones del Gobierno Vasco en Vitoria, 1995* (inéditas).

DULANTO ZABALA, D.; LASO, I.: *Síndrome del arnés; Fisiopatología*. Actas del VI Congreso Español de Espeleología, La Coruña 1992.

GISBERT ROGER, L.: *Diccionario de Técnica Espeleológica*. Federació d'Espeleologia de la Comunitat Valenciana / Federación Española de Espeleología. Valencia 1998.

HERNANDO HERNANDO, M. M.: *Primeros auxilios en Espeleología*. Tesina del III Curso Estatal de Monitores e Instructores de la E.E.E., 1995.

LUSARRETA FERNÁNDEZ, J. J. y cols.: *Descenso deportivo de cañones (Apuntes del I Curso Estatal para monitores e instructores)*. Federación Española de Espeleología, Barcelona 1993.

MENJÍBAR, J.L.; PALACIOS PÉREZ, S.: *Apuntes sobre técnicas de Espeleosocorro*. Federación Española de Espeleología. Barcelona 1995.

ROBLES MORELL, J.: *Apuntes de Espeleosocorro - Curso Estatal de Espeleosocorro*. Federación Española de Espeleología. Barcelona 1989.

RUÍZ RODRÍGUEZ, M. A.: *Técnicas de autosocorro en Espeleología*. Federación Madrileña de Espeleología. Madrid 1995.

TALLADA N.; FERNÁNDEZ M.: *Introducción a las técnicas de espeleosocorro*. Sección Castellana Centro de Espeleología, Madrid 1981.

Miguel López Molina

Técnica y formación en Espeleología
FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

ELEMENTOS BÁSICOS DE FISIOLOGÍA APLICADOS A LA ESPELEOLOGÍA



1. FISIOLÓGÍA DEL EJERCICIO, CONCEPTO

La fisiología comprende el estudio de las funciones de los seres vivos, de sus órganos y procesos vitales. El aparentemente simple ejercicio de la actividad física responde a un complejo conjunto de procesos bioquímicos y eléctricos cuya interpretación resulta fundamental para conseguir un máximo rendimiento y unos resultados beneficiosos derivados de la práctica deportiva sin caer en los peligros que pudieran derivarse de una práctica incorrecta del deporte.

2. ANATOMÍA DE LOS SISTEMAS QUE INTERVIENEN EN EL EJERCICIO

Todos los sistemas orgánicos intervienen en el ejercicio, la interrelación entre ellos es importante y está dirigida por el Sistema Nervioso a través de órdenes conducidas por fibras nerviosas o por sustancias químicas (hormonas). Estos mediadores ejercen acciones diferentes según donde actúen y así, por ejemplo, el ejercicio acarrea una redistribución del flujo sanguíneo a los diferentes órganos, disminuyendo el aporte al sistema digestivo, renal y piel (salvo en caso de sudación) y aumentando el del pulmón y músculo.

Para comprender los efectos que el ejercicio físico tiene sobre el organismo humano es imprescindible conocer los principales sistemas implicados:

2.1. SISTEMA PULMONAR

Encargado de realizar el intercambio de los elementos gaseosos necesarios para nuestra actividad. La energía de los procesos orgánicos se obtiene mediante reacciones químicas de oxidación en las que el elemento oxidante es el oxígeno.

2.2. SISTEMA CARDIOVASCULAR

Su misión consiste en llevar, a través del torrente sanguíneo, los productos necesarios para la función de la célula a todos los rincones del organismo y retirar los desechos.

Se compone de una bomba impulsora y una red de tubos elásticos. El corazón es un órgano muscular hueco formado por cuatro cavidades que se diferencian en un circuito de baja presión (el derecho, que envía la sangre procedente de todo el organismo a los pulmones para oxigenarla) y otro de alta presión (el izquierdo, recoge la sangre oxigenada del pulmón y la envía a todo el organismo por la arteria aorta).

2.3. SISTEMA MUSCULAR

Es un conjunto celular (tejido) cuya característica fundamental es la posibilidad de contraerse y relajarse, así como la de ser excitado por un estímulo que produce ese efecto de contracción. El ejercicio muscular impone la transformación de energía química en energía mecánica. Esto no puede hacerse más que con un alto consumo energético.

2.3.1. Composición de la célula muscular o miofibrilla

Al microscopio se observa en la fibra muscular la existencia de unas BANDAS transversales claras y oscuras, o estrías, de ahí el nombre de tejido muscular estriado que también recibe. Estas bandas están

formadas por la superposición de unas largas cadenas de dos tipos de proteína: La MIOSINA (filamentos gruesos) y la ACTINTROPOMIOSINA (filamentos finos).

Estos filamentos de proteína se deslizan unos sobre otros originando así la contracción muscular. Para que ello ocurra se precisa energía, la cual es aportada por el torrente sanguíneo mediante la oxidación de los elementos nutrientes que son, fundamentalmente, la glucosa y los ácidos grasos. Por ello el ejercicio muscular incrementa las necesidades de glucosa y ácidos grasos (el combustible) y de oxígeno (el comburente). La glucosa puede también generar energía rápidamente en ausencia de oxígeno (VÍA ANAEROBIA, es decir, sin aire) pero el rendimiento es trece veces menor.

Hay que distinguir dos tipos de fibras musculares:

FIBRAS TIPO I, LENTAS o rojas.– Ricas en hierro y enzimas que utilizan el oxígeno para quemar la glucosa y los ácidos grasos; producen una contracción lenta pero capaz de repetirse durante mucho tiempo.

FIBRAS TIPO II, RÁPIDAS o blancas.– Contienen poco oxígeno porque emplean, sobre todo, la vía anaerobia para degradar la glucosa (los ácidos grasos no se pueden utilizar por esta vía) por ello producen una contracción muy rápida pero que se agota pronto.

En un ejercicio aerobio (carrera de fondo) predomina la acción de las fibras tipo I (lentas y aerobias), es más, los fondistas tienen más fibras de este tipo en sus músculos. En un ejercicio anaerobio (carrera de 100 metros) predomina la acción de las fibras tipo II (rápidas y anaerobias) los velocistas tienen más fibras tipo II en sus músculos.

El ejercicio repetido de series breves a máxima potencia (ejercicio anaerobio, puesto que no da tiempo de poner en marcha los mecanismos que aumentan la llegada de oxígeno al músculo) favorece el aumento de miofibrillas tipo II (por lo tanto aumenta la potencia del músculo y su rapidez de contracción). En cambio el ejercicio aerobio (como las carreras de fondo y natación) aumenta la capacidad de usar oxígeno por el músculo y aumenta las fibras de tipo I, lo que mejora la tolerancia, es decir, el tiempo que se puede estar haciendo un esfuerzo moderado.

La producción de energía por la vía anaerobia tiene que hacerse obligatoriamente a partir de la glucosa, cuyas reservas son muy limitadas (300 gramos) y conduce a la formación de ácido láctico, el cual es responsable de la fatiga muscular. La combustión de la glucosa por esta vía produce un rendimiento energético 13 veces menor que en aerobiosis.

El acúmulo de ácido láctico en el músculo es la causa de aparición de la fatiga, es el dolor que aparece en el brazo tras un minuto de apretar con fuerza la palanca del Stop y nos obliga a parar. Al volver el oxígeno al músculo el ácido láctico se transforma en glucosa y se utiliza de nuevo y el dolor desaparece. En las remontadas de pozos, escaladas, estrecheces difíciles, cuando se sobrepasa el dintel anaerobio (marcado por una frecuencia cardíaca que supera la cifra de 200 menos la edad) comenzamos a producir ácido láctico en todos los músculos que actúan. El entrenamiento del sistema anaerobio puede mejorar mucho esta tolerancia al ácido láctico y su rápida transformación en glucosa y permite conseguir que estos esfuerzos puedan hacerse de forma mucho más frecuente y prolongada.

El entrenamiento de Capacidad o resistencia aeróbica (o de fondo, como se le conoce vulgarmente) se refiere a un trabajo de larga duración (igual o superior a 45 minutos) e intensidad medianamente baja, sobre 140 pulsaciones. Este entrenamiento es el más importante para el espeleólogo, ya que no se trata de un deporte de competición y nuestras actividades suelen durar muchas horas.

Este entrenamiento produce un aumento del volumen cardíaco y del volumen de sangre total, como consecuencia disminuye la frecuencia cardíaca en reposo. En el ámbito pulmonar se produce un aumento de la capacidad de ventilación, de la frecuencia respiratoria máxima y de la capacidad de difusión del

oxígeno. A escala metabólica, desciende el consumo de oxígeno durante un ejercicio que no sea máximo, y mejora la capacidad de consumir grasas, por lo que disminuye la presencia de éstas en la sangre y la obesidad.

3. ¿QUÉ TIPO DE EJERCICIO ES LA ESPELEOLOGÍA?

Diversas experiencias realizadas durante exploraciones espeleológicas han puesto de manifiesto que un espeleólogo completamente equipado y con un saco de peso medio realiza un esfuerzo aeróbico en un 80 %. El 20 % restante es anaeróbico; cuando nos superamos en un fraccionamiento o remontamos cuerdas a pulso, o al trepar con bloqueadores cuando el sujeto no está entrenado o porta un peso superior al 10 % de su peso corporal en el petate (7 u 8 kilos).

El que un sujeto traspase con frecuencia el umbral anaeróbico con esfuerzos repetidos (subir cuerda, gateras estrechas, trepar bloques) va a determinar que agote con rapidez sus reservas de glucosa y además que acumule ácido láctico. Ello diferencia al espeleólogo lento y rezagado del resto. Por ello debemos conocer nuestras posibilidades; veamos el siguiente capítulo.

4. ELEMENTOS DEL PERFIL FISIOLÓGICO

Cada deportista debe conocer los siguientes datos sobre sí mismo:

- Frecuencia Cardíaca (F.C.) basal (tomada en la cama antes de levantarse).
- F.C. Máxima (220 menos la edad en años).
- $F.C.1 = (F.C. \text{ Máxima} \text{ menos la F.C. basal}) \times 0,8 + F.C. \text{ basal}$.
- $F.C.2 = (F.C. \text{ Máxima} \text{ menos la F.C. basal}) \times 0,6 + F.C. \text{ basal}$.
- F.C. del umbral anaerobio = F.C. Máxima menos 20 (ó 200 menos la edad, es lo mismo).

EJEMPLO: Varón o mujer de 28 años con una F.C. basal de 62.
F.C. Máxima = $(220 - 28) = 192$
F.C.1 = $(192 - 62) \times 0,8 + 62 = 166$
F.C.2 = $(192 - 62) \times 0,6 + 62 = 140$
Media entre F. C. 1 y F. C. 2 = 153
F.C. del umbral anaerobio = $(200 - 28) = 172$

Estas frecuencias cardíacas F.C.1 y F.C.2 nos indican las bandas de frecuencias que debemos utilizar en el entrenamiento aeróbico o “de fondo”. Así, entre 140 y 153 pulsaciones haremos un entrenamiento bajo, de capacidad o resistencia aeróbica que mejorará la condición de fondista (mejorará la recuperación tras los esfuerzos). De 153 a 166 pulsaciones haremos un entrenamiento medio que nos permitirá mejorar nuestra “puesta a punto”. El trabajo que se realiza en este tramo es el que se denomina “Potencia aeróbica” (tipo carrera de 1.500 a 5.000 mts.) y en Espeleología es fundamental pues el sujeto entrenado conseguirá subir un pozo con petate sin entrar en el umbral anaeróbico mientras que el que sobrepase este umbral llegará pronto a la frecuencia cardíaca máxima y tendrá que parar.

Por debajo de 140 pulsaciones el entrenamiento no es efectivo, en este caso.

Un buen indicador del beneficio que nos produce el entrenamiento es el descenso paulatino de la F.C. basal, que nos obligará a ir ajustando los demás parámetros (F.C.1 y F.C.2) y con ello a aumentar nuestra intensidad de entrenamiento.

5. BIBLIOGRAFÍA

BARIOD, J. y cols.: *Spelunca* nº 5, Comisión médica de la Federación Francesa de Espeleología, 1982.

GUILLET R.; GENÉTY J.: *Manual de medicina del deporte*. Ed. Masson, Barcelona 1984.

MALLARD, M.: *Secours et prévention en spéléologie et en plongée souterraine. Réédition corrigée de la thèse de médecine du docteur Michel Mallard*. Comisión médica de la Federación Francesa de Espeleología, dossier, 1990.

MARTÍNEZ FLORES, J.: *Introducción a la fisiología del ejercicio*. Escuela Española de Espeleología, dossier, 1988.

NETTER, F. H.: Colección *Ciba* de ilustraciones médicas, tomo 8.1B. Ed. Salvat, Barcelona 1990.

TESTUT, L.; LATARJET A.: *Tratado de anatomía humana*. Ed. Salvat, Barcelona 1974.



ELEMENTOS BÁSICOS DE NUTRICIÓN



1. DIETA PRE, PER Y POSTEXPLORACIÓN

Una dieta equilibrada debe tener un 15 % del valor calórico en proteínas, 30 % en lípidos y 55 % en glúcidos, pero durante la práctica deportiva los glúcidos deben aumentarse hasta el 60 - 70 %. Si se quiere hacer una carga de glúcidos previa al esfuerzo, se hará en la comida antepenúltima al esfuerzo, restringiéndose hasta equilibrar la dieta en las otras comidas del día.

Las necesidades energéticas durante una exploración varían con el peso del sujeto, entre 150 y 600 kilocalorías por hora (de mujer de 50 Kg. de peso a varón de 90 Kg.), estimándose para un sujeto medio (varón de 70 Kg.) en 400 Kcal. por hora de exploración. Ello nos obliga a tomar de 750 a 1250 Kcal. cada tres horas.

Veamos como deberíamos planificar una actividad espeleológica de 10 horas de duración y alto nivel de actividad, desde el punto de vista dietético:

Comeremos 2 ó 3 horas antes de entrar, de forma ligera y con poca agua (para evitar exceso de peso corporal). Durante las primeras 6 horas iremos tomando alimentos muy energéticos, como cereales, pan, pastas, frutas escarchadas, pero nunca más de 400 g cada vez, para no aminorar la absorción intestinal de alimentos.

Haremos una comida de 750 a 1250 Kcal., tomando poca agua para no aumentar el volumen de la digestión, a las 2 ó 3 horas de iniciar la actividad.

Beberemos con frecuencia pero menos de 200 cc cada toma, por la misma razón ya expuesta, procurando que la bebida tenga un azúcar polimerizado (fructosa, maltosa, bebida de fruta con cereales) y no tomaremos productos que contengan glucosa o sacarosa (azúcar, caramelos, pastillas “*glucodulco*”), porque se absorbe muy rápidamente y al llegar masivamente a la sangre induce una producción rápida de insulina con lo cual desciende el nivel de glucosa en sangre a los pocos minutos. Ello traerá como consecuencia que, tras una muy breve euforia, nos sucederá un fatal decaimiento difícilmente recuperable.

En las últimas 4 horas tomaremos casi exclusivamente agua con azúcar polimerizado, pues ya no va a dar lugar a que asimilemos los alimentos energéticos antes de que salgamos al exterior y sólo nos proporcionarían peso muerto.

Una vez en el exterior beberemos con abundancia, pues será difícil que hayamos podido beber todo lo necesario. Se procurará no tomar muchas proteínas, sobre todo de origen animal, ya que el metabolismo estará sobrecargado de restos proteicos procedentes del desgaste muscular. Al día siguiente sí podemos incrementar la ingestión proteínica. Las bebidas alcalinas (bicarbonatadas) ayudan a neutralizar los ácidos producidos durante el esfuerzo (causantes de las “agujetas”).

2. METABOLISMO DEL AGUA

Todos los espeleólogos saben que después de una exploración subterránea se orina poco y muy oscuro y se tiene mucha sed. Esto viene condicionado por la pérdida de agua.

Para estimar las pérdidas de agua durante la exploración hay que tener en cuenta que la humedad cercana al 100% impide la evaporación del sudor y que los vestidos aislantes evitan que se pierda calor corporal por conducción-radiación, y por ello se suda más. Las experiencias realizadas pesando a los espeleólogos antes y después de una exploración muestran pérdidas de peso de 400 hasta 560 gramos

por hora de exploración; ello supone (descontando otros factores) que las necesidades horarias de agua de un espeleólogo pueden estimarse entre 450 y 700 gramos por hora.

Teniendo en cuenta que los alimentos aportan un 75% de su peso en agua, podemos cifrar las necesidades medias de ingestión de agua durante la exploración en 400 a 500 cc. por hora. Todos sabemos que nadie bebe tanto. ¿Por qué?

- La sensación de sed es menor en un ambiente frío y húmedo.
- Cuando más la notamos es durante el esfuerzo, pero en ese momento (montados en la cuerda o “pateados” en una gatera) no podemos beber. Una vez parados el frío produce vasoconstricción de la piel y ello compensa la disminución del volumen sanguíneo con lo que la sensación de sed desaparece.
- Además evitamos llevar peso, por lo que en las cavidades en que no se dispone de agua adecuada sencillamente no bebemos.

Cuando se produce la sensación de sed ya se ha perdido el agua equivalente al 1% del peso corporal (700 cc para un sujeto de 70 Kg.) por lo que no debemos esperar a tener sed para reponer líquidos.

Cuando se alcanza una pérdida del 2% (1.400 cc) la capacidad de trabajo se reduce al 80% si la temperatura ambiente es de 18° y al 60% si es de 41°.

Durante una exploración de 10 horas con una dificultad media sería necesario beber de 4 a 5 litros de agua (aparte del agua proporcionada por los alimentos). De no hacerse así podemos perder agua equivalente hasta un 6% de nuestro peso, con lo que nuestra capacidad física se reduciría a menos de la mitad, llevándonos a un agotamiento que justifica la mayoría de los accidentes que tienen lugar “a la salida”.

Para que el intestino absorba mejor el agua conviene no tomarla muy caliente ni muy fría y hacerlo en mediana cantidad, por lo que debemos tomar 125 cc cada cuarto de hora. Si el agua lleva disueltas pequeñas cantidades de azúcar o de sal también se absorbe mejor y éste es el gran beneficio de las bebidas llamadas “deportivas”. Los electrolitos se pierden en muy escasa cantidad (el sudor es muy hipotónico) por lo que reponerlos es inútil salvo casos de sudación extrema. Únicamente el potasio y el sodio deben reponerse, para ello utilizaremos el té y los frutos secos, además de la sal común.

Podemos preparar nuestra propia bebida deportiva con 1 gr. de sal y 25 gr. de azúcar por litro (a mayor concentración empeora la absorción). Si queremos aportar más azúcar con la misma bebida tendremos que recurrir a un azúcar polimerizado (pastillas de fructosa o dextrina, sin sobrepasar los 100 gr./litro) pero puede bastar con llevar frutas liofilizadas, añadir zumos de frutas, té, café, etc. Sólo de esta forma conseguiremos beber todo lo necesario, utilizar las bebidas comerciales no nos la permitiría (por su precio).

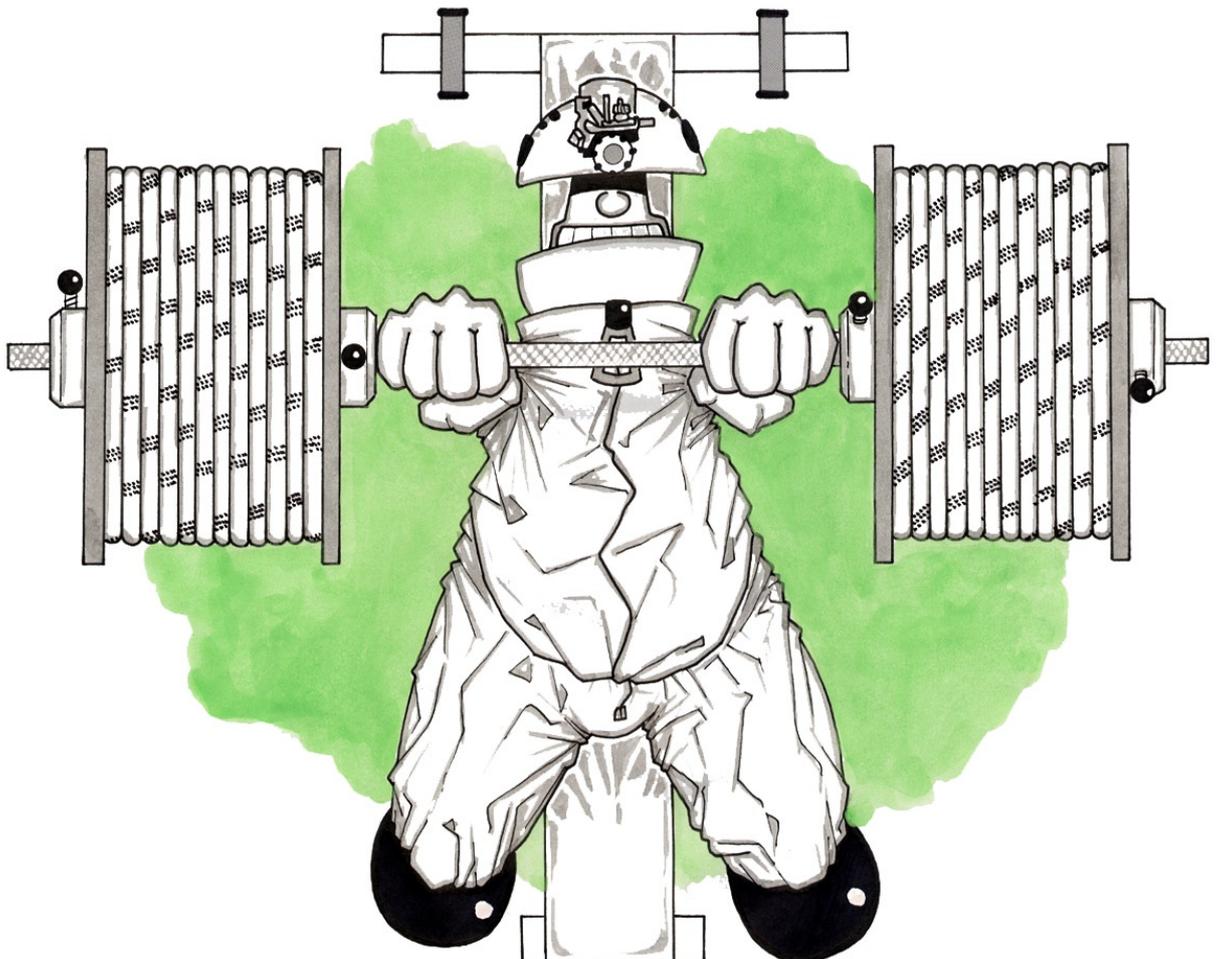
3. BIBLIOGRAFÍA

ODRIOZOLA, J. M.: *Nutrición y deporte*. Ed. Eudema, Madrid 1988.

NAVARRO MUÑOZ, F.: *La nutrición en Espeleología*. Federación Española de Espeleología. Barcelona 1998.



EL ENTRENAMIENTO DEL ESPELEÓLOGO



1. ENTRENAMIENTO ADAPTADO A LA ESPELEOLOGÍA

La participación de brazos y piernas en los esfuerzos del espeleólogo es considerable, sin menospreciar la participación del tronco, por lo que el entrenamiento deberá implicar a todos ellos.

En todo plan de entrenamiento debemos distinguir entre el TRABAJO GENERAL, referido a la resistencia global del organismo, y un TRABAJO ESPECÍFICO, referido a los diferentes segmentos corporales.

1.1. TRABAJO GENERAL

Por **Resistencia** entendemos todo trabajo de larga duración e intensidad variable. Hablamos de **Resistencia o capacidad aeróbica** cuando la intensidad del trabajo sea medianamente baja, sin que la frecuencia cardíaca traspase el umbral anaeróbico. Cuando esta intensidad sea alta traspasaremos este umbral y el trabajo se denominará de **Resistencia anaeróbica**.

Globalmente la Resistencia aeróbica comprende el 80 % de la actividad del espeleólogo, como ya vimos, por lo que su entrenamiento es fundamental. Para ello tenemos tres formas básicas: carrera, bicicleta y natación. La carrera incide mucho sobre piernas y poco sobre brazos y tronco; la natación lo hace sobre brazos, menos sobre piernas y poco sobre tronco; la bicicleta incide mucho sobre piernas y algo menos sobre brazos y tronco pero en cantidad aceptable, por lo que **puede ser el método más idóneo**. No obstante podemos escoger el método que nos sea más fácil de realizar (el esquí de fondo es el método más completo).

1.2. TRABAJO ESPECÍFICO

- a) **Brazos.**– Los brazos participan en nuestros esfuerzos de dos formas: como **fuerza máxima**, por ejemplo al elevar el peso de nuestro cuerpo; este esfuerzo sólo podemos mantenerlo durante pocos segundos. Como **Fuerza-Resistencia**, por ejemplo en el pedaleo con bloqueador, se exige una fuerza variable pero de forma sostenida.
- b) **Piernas.**– Es casi siempre de **Fuerza-Resistencia**, sólo podría ser de fuerza máxima en algunas estrecheces y al levantar piedras. Al plantear el entrenamiento de BRAZOS Y PIERNAS buscaremos potenciar la fuerza pero sin incrementar el volumen muscular, ya que no interesa que el espeleólogo sea grueso, ello lo conseguiremos haciendo ejercicio con **poco peso y un número elevado de veces**. En los brazos sí podemos ejercitar la fuerza máxima, para lo que precisaremos utilizar grandes pesos, como por ejemplo elevar a pulso nuestro peso con un petate lleno colgado de nosotros.
- c) **Tronco.**– Su papel es importante en la oposición y las galerías bajas sobre todo, y algo menos en las trepadas y destrepadas. Su entrenamiento potenciará principalmente los abdominales y los músculos paravertebrales (ceranos a la columna) mediante ejercicios con poco peso pero repetidos muchas veces, para evitar crear unos músculos demasiado voluminosos.

Junto al trabajo de preparación física hay que tener presente el entrenamiento técnico, ya que una ejecución depurada nos llevará a economizar fuerza, hecho que en un esfuerzo de larga duración como la Espeleología es muy importante.

1.3. PLANIFICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO

Debemos considerar el trabajo a hacer antes de empezar la temporada para tener en cuenta los momentos del año en que haremos las salidas más fuertes o largas y los que serán menos activos. De esta

forma dividiremos el año en períodos o ciclos de entrenamiento. Esto es muy importante ya que no es posible mantenerse en una forma física óptima todo el año. Si las salidas más fuertes serán en Navidad, Semana Santa y Verano, siendo esta última la más fuerte, marcaremos tres períodos de entrenamiento: SEPTIEMBRE–DICIEMBRE, ENERO–ABRIL y MAYO–AGOSTO.

Cada período empezará suavemente para ir aumentando progresivamente hasta alcanzar el punto óptimo en las salidas fijadas. Después haremos un espacio de descanso de unas dos semanas (con actividad física general y reposo) antes de empezar el período siguiente. El segundo período alcanzará un máximo algo mayor que el primero, y el tercero mayor que el segundo.

Siempre procuraremos cumplir los siguientes principios:

- **Continuidad.**- Ser constantes; no sirve de nada el sobreesfuerzo de un día si después estamos tres semanas sin entrenar.
- **Progresión.**- Poco a poco se irá aumentando el tiempo y la intensidad del trabajo. Tan perjudicial es una sobrecarga como el no aumentar el tiempo y la intensidad iniciales, que no nos llevará a ningún resultado.
- **Individualidad.**- La planificación debe corresponder a nuestras posibilidades, por lo que será individualizada.
- **Alternancia.**- Para obtener una buena asimilación del entrenamiento debemos alternarlo con períodos de descanso antes de volver a someter al organismo a un nuevo estímulo.
- **Control.**- Si anotamos detalladamente la evolución del entrenamiento (evolución de la frecuencia cardíaca basal, como vimos, el tiempo de trabajo, el número de repeticiones que somos capaces de hacer, etc.) sabremos en cada momento si la planificación es correcta o si debemos modificarla. Para ello llevaremos nuestra ficha o libreta de entrenamiento.

2. PROPUESTA CONCRETA DE ENTRENAMIENTO

Podemos combinar ciclismo con un circuito de ejercicios.

Haremos dos días de descanso (lunes y viernes, el día después y el día antes de la “competición”), tres sesiones de bicicleta y tres sesiones de circuito. Un día coincidirán ambas sesiones. Con la bicicleta se puede trabajar a intensidad baja (manteniendo las pulsaciones entre F.C.2 y la media de F.C.1 y F.C.2) y tiempo prolongado, para aumentar la capacidad aeróbica, o a intensidad alta, (entre la media de antes y F.C.1) para mejorar la potencia aeróbica; en este caso no se sobrepasarán los 20 minutos.

El circuito consiste, por ejemplo, en: 10 flexiones de brazos (colgados de una barra o del puño) 10 abdominales, 10 lumbares, 30 segundos de *tapping* y 4 minutos de carrera. Todo el ciclo se hace 3 veces, con 2 minutos de descanso entre cada una.

Para adaptar el circuito a nuestra capacidad haremos unos test; por ejemplo: para las flexiones, haremos todas las que podamos, por ejemplo 10, entonces empezaremos el circuito con la mitad: 5. Este mismo test nos permitirá ir poniendo al día el circuito, repitiéndolo al principio de cada 2 ó 3 semanas. Progresivamente se aumentará el tiempo de bicicleta (se empezará por 30 minutos) y la pendiente de los recorridos y el número de repeticiones de los circuitos, llegando en la 12 – 13 semana a 80 minutos de bicicleta, a baja intensidad, el martes, 6 circuitos y 20 minutos de bicicleta, a intensidad alta, el miércoles, 80 minutos de bicicleta (intensidad baja) el jueves, 6 circuitos el sábado (si no hay salida al campo) y 120 minutos de bicicleta (intensidad baja) el domingo (si no hay cuevas).

Cuando se acerque la fecha de alguna exploración trabajaremos también la intensidad máxima en brazos, haciendo las flexiones con la mochila cargada progresivamente.

Si no salimos el fin de semana haremos circuito el sábado y bicicleta el domingo.

Siempre se comenzará con un **calentamiento**, obtenido a través de movimientos suaves y progresivos, lo cual nos evitará lesiones y nos facilitará un óptimo rendimiento. En las salidas al campo, la marcha de aproximación a la cueva sirve de calentamiento.

FICHA SEMANAL INDIVIDUAL PARA CONTROL DE ENTRENAMIENTO	
Fecha del primer Lunes.....	
Frecuencia cardiaca máxima (220 – edad)	
Pulso en reposo	
(F.C.Max. – F.C. basal x 0.80 + F.C. basal).(F.C.1)	
(F.C.Max. – F.C. basal x 0.60 + F.C. basal).(F.C.2)	
BAJA INTENSIDAD: Entre F.C.2 y la media entre F.C.1 y F.C.2	
INTENSIDAD MEDIA: Entre media F.C.1 – F.C.2 y F.C.1	
TEST DE FLEXIONES DE BRAZOS	
LUMBARES ABDOMINALES	

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Reposo	Bici Intensidad:	Circuito	Bici Intensidad:	Reposo	Circuito	Bici Intensidad: (salida)
Reposo	Bici Intensidad:	Circuito	Bici Intensidad:	Reposo	Circuito	Bici Intensidad: (salida)
Reposo	Bici Intensidad:	Circuito	Bici Intensidad:	Reposo	Circuito	Bici Intensidad: (salida)
Reposo	Bici Intensidad:	Circuito	Bici Intensidad:	Reposo	Circuito	Bici Intensidad: (salida)

EJEMPLO: 28 años con F.C. en reposo de 62 p.p.m.

$$\text{F.C. Máxima} = 220 - 28 = 192$$

$$\text{F.C.1} = (192 - 62) \times 0.80 + 62 = 166$$

$$\text{F.C.2} = (192 - 62) \times 0.60 + 62 = 140$$

$$\text{Media F.C.1 y F.C.2} = 153$$

Entrenamiento aeróbico:

Baja intensidad entre 140 y 153 p.p.m.

Mediana intensidad entre 154 y 166 p.p.m.

Alta intensidad entre 167 y 170 p.p.m.

Entrenamiento anaeróbico: más de 170 p.p.m.

3. LOS ESTIRAMIENTOS

Los estiramientos (o *stretching*) son ejercicios suaves que tienen como fin estirar los músculos. Con ello conseguimos: 1º) aumentar la extensión de los movimientos, 2º) aumentar la movilidad de las articulaciones, 3º) prevenir la aparición de lesiones, 4º) Calentar la musculatura y disponerla para la ejecución del trabajo a realizar, 5º) Dotar de elasticidad a los músculos, facilitando la ejecución de movimientos y por ello su eficacia, 6º) Reducir la tensión muscular, sobre todo tras haber realizado un trabajo intenso.

Es importante realizar estos ejercicios tanto antes como después de las sesiones de entrenamiento y de las exploraciones. No deben hacerse de forma rápida, debemos mantener 30 segundos cada posición aumentando la tensión lentamente. No se utilizará el método de rebote. Iremos estirando sistemáticamente todos los músculos que podamos, columna cervical, dorsal, lumbar, pectorales, brazo, muñecas, tobillo, pierna y muslo, caderas, etc.

Para un mejor conocimiento, consultar el libro editado por la Federación Española de Espeleología titulado "*Preparación física en Espeleología*".

4. BIBLIOGRAFÍA

FERRERAS SOTO, R.: *Preparación física en Espeleología*. Federación Española de Espeleología. Barcelona 1999.

GUILLET R.; GENÉTY J.: *Manual de medicina del deporte*. Ed. Masson, Barcelona 1984.

MALLARD M.: *Secours et prévention en spéléologie et en plongée souterraine. Réédition corrigée de la thèse de médecine du docteur Michel Mallard*. Comisión médica de la Federación Francesa de Espeleología, dossier. 1990.

YZAGUIRRE i MAURA I.; VIDAL CORTADA X.: *Apuntes sobre entrenamiento en Espeleología*. Federación Española de Espeleología. Barcelona 1989.



Técnica y formación en Espeleología
FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

Federico Ramírez Trillo

TOPOGRAFÍA



1. DEFINICIÓN, Y SU APLICACIÓN A LA ESPELEOLOGÍA

La palabra *Topografía*, proviene etimológicamente del griego y significa “*topo* = lugar, y *grafía* = representación gráfica”, y se interpreta como la representación gráfica de la corteza terrestre.

La Topografía no sólo es útil para conocer el relieve y la características de nuestra geografía, sino también para emplazar todo tipo de información, bien de trabajos de ingeniería, como carreteras, vías férreas, núcleos urbanos, etc, o superponer cualquier otro tipo de información, como la geología, economía, forestales, etc. Resumiendo, la Topografía es útil para orientarnos, conocer las características físicas, ver las infraestructuras o conocer las propiedades de una zona de la superficie de la tierra, si está debidamente representada.

La Topografía subterránea persigue estos conceptos, aplicados a las cuevas y simas. El término *Espeleotopografía*, se utiliza frecuentemente y etimológicamente proviene del griego y su significado es “*espeleo* = caverna, *topo* = lugar, y *grafía* = representación gráfica”, o sea, es la representación gráfica de un lugar subterráneo.

Se diferencia sustancialmente con la Topografía de superficie en la necesidad de representar un volumen tridimensional hueco; es decir, tenemos la dificultad de representar un suelo y un techo superpuesto, por lo que la Espeleotopografía pretende solucionar técnicamente de una forma más o menos exacta, clara y concisa, la representación gráfica de las cavidades, en la que figuren parámetros de acotaciones que nos permita saber la profundidad, el recorrido, el volumen etc. de aplicación estrictamente métrica, para poder determinar por ejemplo las simas más profundas de un país o de un macizo kárstico, las cavidades relacionadas en catálogos por su recorrido, o responder ¿a qué profundidad respecto a la boca de entrada se sitúa una gran sala y qué volumen de espacio subterráneo ocupa?

Otros parámetros de la Espeleotopografía consisten en reflejar gráficamente sus accidentes geográficos, su morfología, su litología, etc. que nos permitan deducir por ejemplo su dificultad en cuanto a la progresión; que facilite a otros espeleólogos o investigadores su recorrido sin riesgos de pérdidas o accidentes, o cuantificar la dificultad o el material necesario para su exploración. O que sirva como base a nuevas investigaciones hidrogeológicas, biológicas, arqueológicas, etc., o aplicaciones a la ingeniería para usar sus recursos, como las cuevas turísticas o la explotación de los acuíferos, o mitigar los riesgos, en edificaciones o obras civiles en zonas muy karstificadas.

Como se puede comprobar, la Espeleotopografía es una disciplina útil, no solo para el espeleólogo deportista, bien tratada con la metodología adecuada y la información seleccionada, es útil en el campo de las ciencias y de la tecnología.

Para ello el espeleólogo debe especializarse en esta disciplina y aprender las técnicas y los métodos adecuados para el levantamiento de planos de cuevas y simas o al menos tener los conocimientos básicos para poder interpretarlos.

2. CONCEPTO DE MAGNITUDES Y UNIDADES

Magnitud es cualquier característica de los cuerpos capaz de ser medida. Así, son magnitudes: la longitud, el peso, la temperatura, la velocidad, el trabajo, etc.

Como más adelante veremos, para realizar un levantamiento topográfico necesitamos medir una serie de dimensiones; estas pueden ser lineales, de superficie, de volumen o angulares, y para medir estas magnitudes necesitamos unas unidades.

Magnitudes	Unidades
Longitud	el metro
Peso	el kilogramo
Velocidad	el kilómetro por hora

Emplearemos el sistema métrico decimal, que toma como unidad básica de longitud “el metro”, por ello se llama métrico, y forma las demás unidades multiplicando o dividiendo por 10, por eso se llama decimal. Visto esto, pasemos a ver las unidades más usuales.

2.1 MEDIDAS DE LONGITUD

El metro (m) es la unidad fijada para la medición de longitudes, tradicionalmente se definía como la “medida de una barra de platino e iridio, a cero grados de temperatura, que se guarda en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París y corresponde aproximadamente a la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano de la Tierra”. Actualmente se define como: Unidad S.I. de longitud igual a la longitud del trayecto recorrido en el vacío por la luz durante un periodo de $1/299.792.458$ de segundo (Resolución de la XVIIª Conferencia General de Pesos y Medidas, París, Octubre de 1983). El metro no deja de ser una unidad convencional inventada por el hombre, y su ventaja está en su aceptación internacional.

Sus múltiplos son el Decámetro (dam), el Hectómetro (hm), de poco uso, el Kilómetro (km), que equivale a 1.000 metros, y el Miriámetro (Mm), que apenas se usa.

Los submúltiplos del metro más usuales son el decímetro (dc), el centímetro (cm), que equivale a la centésima parte de un metro y el milímetro (mm), que equivale a la milésima parte del metro.

En Espeleología, nos sirve básicamente para determinar la longitud o la profundidad de una cavidad, la altura de una estalagmita, la distancia del techo, el ancho de una galería o la profundidad de un lago, etc.; en Espeleología las magnitudes se expresan en metros y sus fracciones en centímetros.

En Gran Bretaña, y en otros países de su influencia, se sigue usando un sistema de medidas, que no es métrico ni decimal. Las unidades de longitud que emplean son: La Milla, la Yarda, el Pie y la Pulgada. Los planos espeleotopográficos de estos países están normalmente referidos a unidades de magnitud, el Pie (en inglés *feet*) y su equivalencia al sistema métrico decimal es de “un pie es igual a 30,48 cm”.

Es interesante saber que una distancia en pies se convierte en metros dividiéndola entre 2,986, por ejemplo, una sima que tiene 700 pies de profundidad, dividiéndola por 2,986 se obtendrá una profundidad de 234 metros aproximadamente. La operación se puede hacer a la inversa multiplicando por el mismo número para pasar de metros a pies.

2.2. MEDIDAS DE SUPERFICIE

La unidad de medidas de superficie es el metro cuadrado (m^2), que es un cuadrado de un metro por un metro de lado.

Sus múltiplos y submúltiplos son similares a los derivados del metro lineal: Mm^2 , km^2 , hm^2 , dam^2 , y dm^2 , cm^2 , mm^2 . Hay que recordar que estas unidades no aumentan o disminuyen de 10 en 10 sino de 100 en 100, así: 1 dam^2 (un decámetro cuadrado) no mide 10 metros cuadrados, sino 100 metros cuadrados, como consecuencia de multiplicar 10 m por 10 m de lado.

Es corriente usar, especialmente en la medición de terrenos, unidades tales como: el área (a) que equivale a 100 m^2 , o la hectárea (ha) que equivale a un hm^2 o sea a 10.000 m^2 .

En Espeleología, al ser dimensiones más reducidas, emplearemos el m² y es utilizada para expresar la superficie de: Grandes salas, lagos, etc.; en extensiones mayores se emplea el km², por ejemplo para medir la superficie de un Karst.

Las unidades inglesas de superficie son similares a sus correspondientes lineales y su valor lineal se multiplicará por sí mismo para hallar el cuadrado: si una yarda tiene tres pies, una yarda cuadrada tiene tres pies por tres pies, es decir, nueve pies.

2.3. MEDIDAS DE VOLUMEN

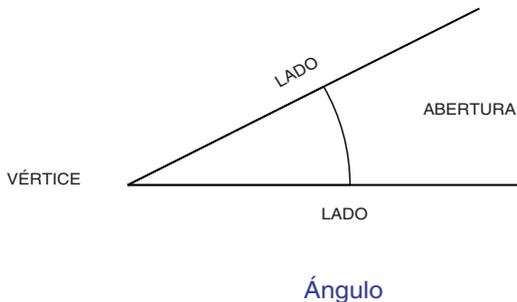
La unidad de volumen es el metro cúbico (m³) que es un cubo o hexaedro en forma de dado de un metro de largo, ancho y alto.

Los múltiplos y los submúltiplos del metro cúbico reciben los mismos nombres que los del metro y los del metro cuadrado, pero aumentan o disminuyen de mil en mil.

Por lo tanto, en las unidades de longitud la relación es 10, en las de superficie es de 100 y en las de volumen es 1000.

En espeleología se emplean para medir el volumen de grandes salas, el contenido de agua de un lago o el índice de karstificación de un macizo, entre otras aplicaciones, y se expresa en m³.

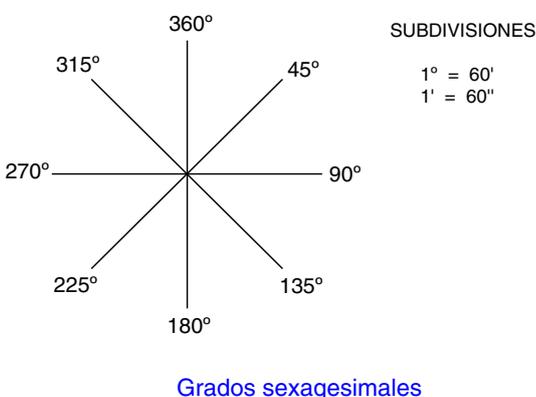
3. CONCEPTOS DE MEDIDAS ANGULARES



Otro tipo de medidas empleadas en topografía son las angulares. Se llama ángulo a la porción del plano limitado por dos rectas que se cortan y que llamamos lados. Su longitud no influye en el valor de la abertura del ángulo. Al punto en que se cortan se le denomina vértice del ángulo

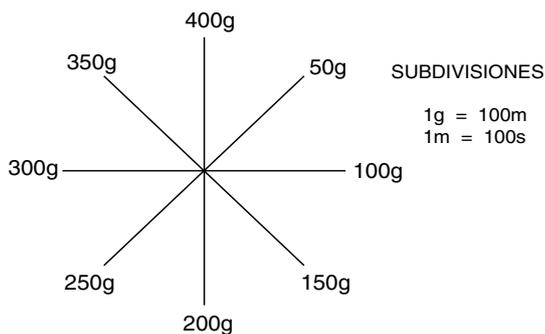
Un ángulo se mide pues por su abertura y no por la longitud de sus lados.

3.1. UNIDADES DE MEDIDA ANGULARES



Si en un plano alrededor de un punto trazamos 360 líneas equidistantes hasta completar un círculo, se forman 360 ángulos iguales, a cada uno de los cuales llamamos grado sexagesimal (°), que es la unidad que empleamos para conocer el valor de cualquier ángulo. Un grado puede subdividirse en 60 nuevos ángulos iguales, siendo cada una de las fracciones angulares resultantes un minuto sexagesimal ('), que puede a su vez dividirse en 60 nuevos ángulos iguales cada uno de los cuales se conoce como segundo sexagesimal (").

Existen otros sistemas de medidas angulares, pero sólo haremos referencia al centesimal por encontrarlo con frecuencia relacionado con los aparatos de medición topográfica.



El sistema centesimal es similar al anteriormente descrito, con la diferencia de que la división angular es de 400 grados (400_g), cada grado se divide en 100 minutos (100_m) y cada uno de éstos en 100 segundos (100_s).

Es interesante conocer la conversión de un tipo de grados a otro, que se consigue con la sencilla operación de dividir 400_g por 360° o viceversa. Aplicando una regla de tres se consigue hallar el valor de cualquier ángulo a su equivalente en el otro sistema de medición angular:

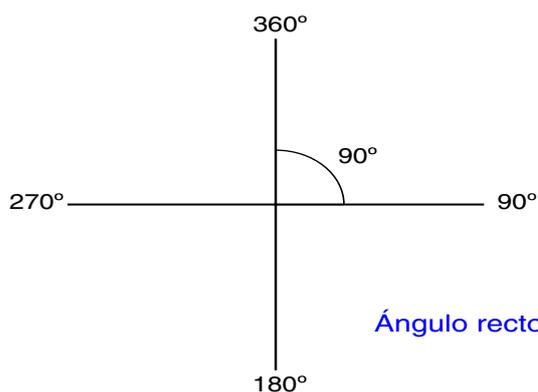
Grados centesimales

$$100_g \cdot x_g / 90^\circ \cdot x^\circ, \text{ o bien, } 90^\circ \cdot x^\circ / 100_g \cdot x_g$$

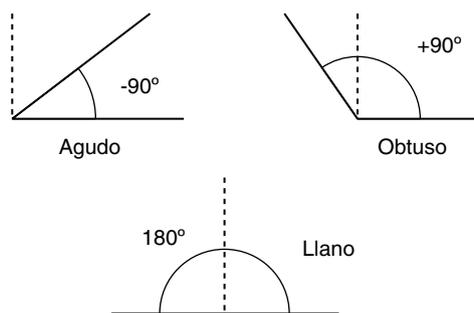
En lo sucesivo, cuando hablemos de grados nos referiremos a grados sexagesimales.

Los ángulos se clasifican dependiendo de su abertura: El ángulo que forman dos rectas perpendiculares es un ángulo recto.

El ángulo es agudo si es menor de 90° , obtuso si es mayor de 90° y llano si es igual a 180° .

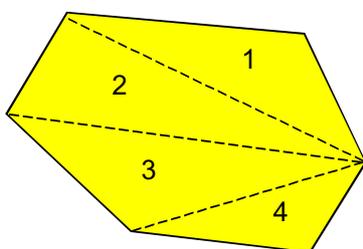


Ángulo recto



Ángulos según su abertura

3.2. POLÍGONOS Y SUS ELEMENTOS



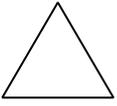
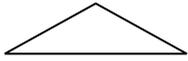
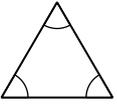
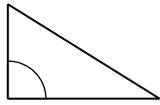
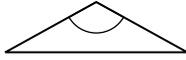
Exágono irregular
descompuesto en triángulos

Los polígonos están formados por segmentos rectos que se llaman lados, los puntos donde se cortan los lados son los vértices del polígono, la abertura de dos lados en cada vértice forma un ángulo, de hecho la palabra polígono proviene del griego que significa poli=muchos y gono=ángulo.

El contorno de un polígono es el conjunto de sus lados y el perímetro la medida del contorno. Los polígonos pueden ser regulares o irregulares, dependiendo de si sus ángulos y lados son iguales o no. Por último, los polígonos se pueden clasificar por su número de lados.

El triángulo es un polígono de tres lados, tres vértices y tres ángulos, y se clasifican según la longitud de sus lados: Equilátero, isósceles y escaleno; o por el valor de sus ángulos: acutángulo, rectángulo u obtusángulo.

Clasificación de los triángulos

3 lados iguales  Equilátero	2 lados iguales  Isósceles	0 lados iguales  Escaleno
3 ángulos agudos  Acutángulo	1 ángulo recto  Rectángulo	1 ángulo mayor a 90°  Obtusángulo

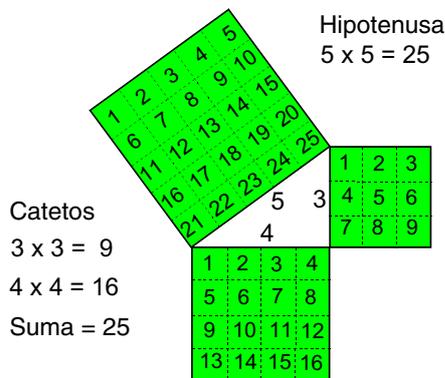
Los elementos especiales que nos interesa conocer de un triángulo son: la medida de la altura, la medida de los lados y la medida de los ángulos.

Se llama altura del triángulo a la distancia menor y perpendicular desde la base al vértice opuesto.

En el triángulo rectángulo, los lados que forman el ángulo recto se llaman catetos y al lado opuesto al ángulo recto se le da el nombre de hipotenusa.

Entre las propiedades geométricas de los polígonos es que cualquier polígono se puede descomponer en triángulos, de ahí que, conociendo las propiedades del triángulo, puede conocerse muchas propiedades en cualquier otro polígono. En esto se basa la llamada triangulación del agrimensor que consiste en descomponer un polígono irregular en triángulos.

Entre las propiedades del triángulo, destaca el teorema de Pitágoras, y dice así: **“En un triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos”**. Debemos fijarnos en que el teorema dice en un triángulo rectángulo, luego en los triángulos que no cumplan esta condición no es aplicable.



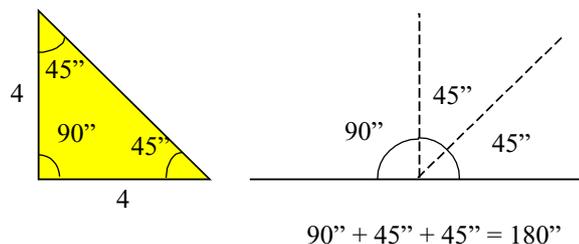
Teorema de Pitágoras.

Otra propiedad es que tres segmentos de recta pueden formar un triángulo si: **“Cualquiera de ellos es menor que la suma de los otros dos y mayor que su diferencia”**.

Otra propiedad muy importante se cumple en todos los triángulos, sean de la clase que sean, y es que: **“La suma de los tres ángulos de un triángulo es siempre 180°”**, o sea, el valor de un ángulo llano.

Y por último la propiedad de: **“a lados iguales corresponden ángulos iguales y a ángulos iguales corresponden lados iguales”**.

Existen otras propiedades para el triángulo y el resto de polígonos, pero para nuestras aplicaciones de momento son suficientes.



4. CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE TRIGONOMETRÍA

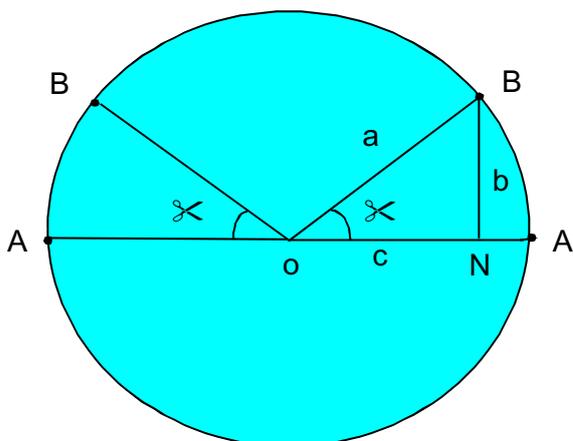
La palabra *Trigonometría* procede del griego y etimológicamente significa *Trigonos* = triángulo, *metria* = medición. Se trata concretamente de la medición de los ángulos y de los lados de un triángulo. Por lo que las relaciones trigonométricas tienen una aplicación directa en la construcción de nuestros levantamientos topográficos.

4.1. RAZONES TRIGONOMÉTRICAS

En la razón trigonométrica se basa toda la Trigonometría, comprendidas estas y conocidas las seis razones trigonométricas, aplicarlas a nuestro trabajo de mediciones y cálculo será sencillo.

Debemos recordar que una de las formas de indicar el valor de un ángulo es por la razón (o cociente) entre su arco y su radio. Ese es el sistema de medición cuya unidad es el radián. Así, un ángulo de 2π radianes es un ángulo de 360° . Recuerde que una circunferencia tiene una longitud de 2π radios. Por lo tanto, un ángulo de 180° es un ángulo de π radianes, un ángulo de 90° es un ángulo de $\pi/2$ radianes. Y un ángulo de 30° es un ángulo de $\pi/6$ radianes. Como podemos comprobar, el valor de un ángulo en radianes es proporcional a su abertura: a doble abertura del ángulo, corresponde un valor exactamente doble en radianes.

Si, en vez de tomar como referencia la relación entre arco y radio, tomamos como referencia la relación entre cualquier pareja de lados del triángulo formado por un radio, la proyección de él sobre el otro radio y la altura de esa proyección, obtendremos otra forma de dar valor a un ángulo.



Combinando los tres lados del triángulo de todos los modos posibles, podemos hallar seis razones diferentes: b/a , c/a , b/c , c/b , a/c y a/b . Pues bien, los resultados o cocientes de esas divisiones son las razones trigonométricas; y se llaman, respectivamente: Seno, coseno, tangente, cotangente, secante y cosecante.

Nos interesa saber las razones para nuestras aplicaciones, veamos por separado alguna de ellas:

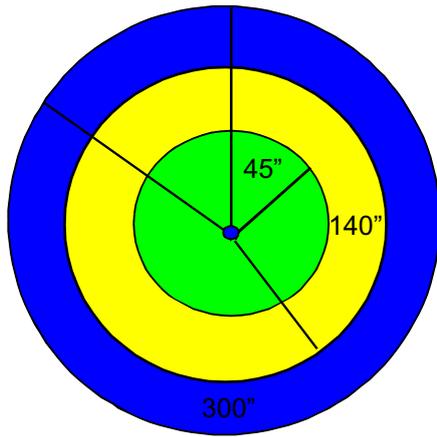
Se llama seno de un ángulo al cociente de dividir la ordenada de un punto cualquiera de su lado por la distancia desde ese punto al vértice.

Se llama coseno de un ángulo al cociente de dividir la abcisa de un punto cualquiera de su lado por la distancia desde ese punto al vértice.

Se llama tangente de un ángulo al cociente de dividir la ordenada de un punto cualquiera de su lado por su abcisa.

La cotangente, la secante y la cosecante son las razones trigonométricas inversas del seno, coseno y tangente respectivamente.

Podemos afirmar que cada ángulo tiene un determinado y único valor, para cada razón trigonométrica. Así, se puede decir que la tangente de un ángulo de 45° vale 1, que su seno vale 0,7071, y que su coseno vale también 0,7071, y así cualquier ángulo. Es evidente que calcular el valor de cualquier ángulo es tedioso cuando se pretende realizar un sinnúmero de cálculos, para ello se disponen de unas tablas confeccionadas previamente de senos y cosenos o de tangentes y cotangentes. Hoy en día, con la incorporación de máquinas electrónicas, permite usar tablas trigonométricas en la que se incorporan los valores de cualquier ángulo y sus razones trigonométricas.



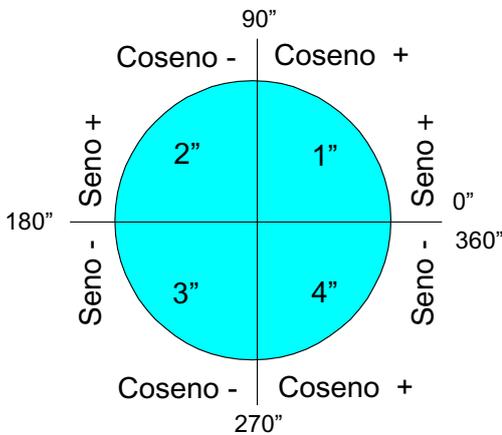
Hasta ahora, nos hemos referido a ángulos agudos o rectos, o sea, entre 0° y 90° . Pero hay ángulos mayores que lógicamente también tienen su razón trigonométrica.

Basta fijarse en que el seno de 0 vale cero y va creciendo hasta llegar a 90° con el valor de uno. A partir de 90° va decreciendo hasta llegar a 180° "un ángulo llano" en el que vuelve a valer cero. A partir de 180° empieza a tener valores crecientes negativos hasta llegar a 270° con un valor de -1 . De 270° a 360° , vuelve a crecer, hasta que en 360° vuelve a valer 0 . Esto nos demuestra que los valores 90° , 180° , 270° y 360° son en los que cambia el signo en la variación del seno. Y lo mismo le ocurre a las demás líneas trigonométricas.

Por ello dividiendo el plano en cuatro partes iguales, por medio de dos perpendiculares, los ángulos comprendidos dentro de cada uno tendrán sus líneas trigonométricas con signos parecidos pero con valores diferentes. Pues bien a cada una de esas partes se le llama cuadrante y se identifican como primero, segundo, tercero y cuarto cuadrante y se distribuyen de derecha a izquierda y de arriba a bajo.

4.2. RESOLUCIÓN DE TRIÁNGULOS RECTÁNGULOS

El triángulo rectángulo tiene la cualidad de que en él ya se conoce el valor de un ángulo: el ángulo recto vale 90° y por lo tanto, los datos necesarios para construir el triángulo es uno menos; basta con dos datos mas, bien dos lados o un lado y un ángulo.



Existen unas ecuaciones fundamentales en el triángulo rectángulo, hay tres no estrictamente trigonométricas, dos que relacionan los ángulos y otra que relaciona los lados, y son:

$$A = 90^\circ, B+C = 90^\circ, \text{ y } a^2 = b^2+c^2$$

Pero, además, en el triángulo rectángulo, podemos plantear otras ecuaciones ya estrictamente trigonométricas.

Despejando en cada caso las ecuaciones podemos conocer los valores de los ángulos o de los lados no conocidos.

En la tabla se reflejan los cinco casos de resolución de triángulos rectángulos con sus diferentes formulas (ver tabla 1).

5. CONCEPTO NUMÉRICO DE PUNTO, LÍNEA, PLANO Y VOLUMEN

Cuando los polígonos se inscriben en un mismo plano se aplica la geometría plana, este es el caso de nuestra representación de una Topografía en un mapa, pero en la realidad los elementos de un polígono están situados en el espacio ocupando diferentes planos, esto es resuelto por la geometría del espacio. Para poder determinar un punto, o una línea en un plano determinado deberemos utilizar un método de expresión numérica para su posterior tratamiento de calculo y poder realizar su representación gráfica.

En principio recordar que un punto no tiene dimensión alguna y que solo determina una posición en el espacio, generalmente se representa por una pequeña mancha circular negra.

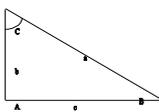
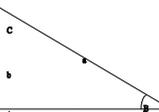
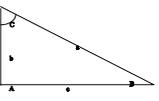
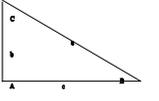
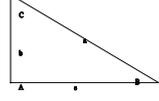
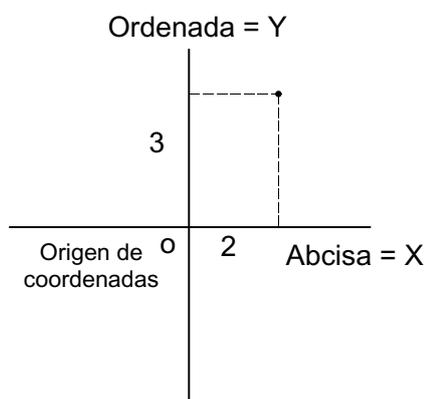
Casos	Datos conocidos	Fórmula	Diagrama
1	La hipotenusa y uno de los ángulos agudos a,C	$B = 90^\circ - C$ $c = a \cdot \text{sen } C$ $b = a \cdot \text{cos } C$	
2	Un cateto y el ángulo agudo opuesto a él b,B	$C = 90^\circ - B$ $a = b / \text{sen } B$ $c = b / \text{tg } B$	
3	Un cateto y el ángulo agudo contiguo a él b,C	$C = 90^\circ - C$ $a = b / \text{cos } C$ $c = b / \text{tg } C$	
4	Los dos catetos b,c	$\text{tg } B = b / c$ $\text{tg } C = c / b$ $a = \sqrt{b^2 + c^2}$	
5	La hipotenusa y un cateto a,b	$\text{sen } B = b / a$ $\text{cos } C = a / b$ $c = \sqrt{a^2 - b^2}$	

Tabla 1

Línea es la extensión considerada en una sola dimensión, se considera que solo tiene longitud pero carece de anchura y de espesor. Está generalmente entendido que una línea es la sucesión de una serie de puntos.

Una sucesión de líneas forma un plano y este tiene solo dos dimensiones, largo y ancho, careciendo de grosor.

Y un volumen posee las tres dimensiones, largo (o longitud), ancho (o latitud) y grosor (o espesor, altura, profundidad) y esta compuesto por una sucesión de planos.



Coordenadas de A, $X = 2, Y = 3$

Tenemos que tener en cuenta que estos conceptos son abstracciones de la geometría, y que un punto, o una línea, o un plano, son representaciones imaginarias en el espacio, que nosotros representamos con signos para su comprensión. Por contra el volumen puede ser representado, de hecho todo cuerpo tiene un volumen y en geometría se estudian las forma y los tamaños de los cuerpos.

Para poder expresar numéricamente la posición de un punto, necesitamos en un principio otro punto de referencia o origen, lo que nos permite trazar una recta y medir el espacio comprendido entre ellos y poder determinar la distancia que existe del origen al punto, esta magnitud es la expresión numérica del punto con relación al punto de origen.

Si en vez de un solo punto, son dos, o más en la misma dirección, puede seguirse el mismo sistema, trazar una recta que pase por todos ellos y medir la distancia desde el origen a cada punto y determinar así la expresión numérica de cada punto con relación al origen.

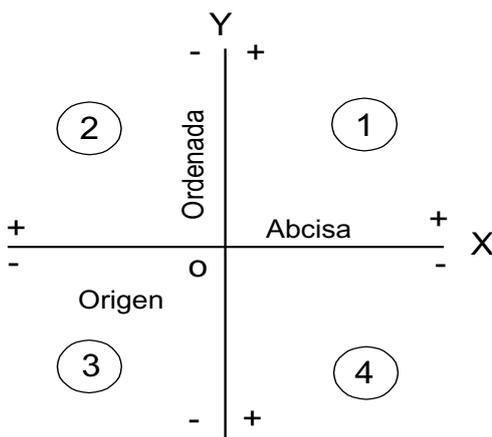
Pero intentemos representar numéricamente tres puntos por los que no podamos pasar una recta. Observaremos que el punto de origen siendo común para los tres no podemos determinar su posición respecto a los otros con solo la medida de la distancia.

Tracemos dos rectas perpendiculares por el punto al que hemos llamado origen y nos encontraremos ya ante el sistema de representación más normal, se le llama coordenadas cartesianas rectangulares.

A las rectas se le llaman ejes, y al horizontal se le denomina eje de abcisas o "X", y al vertical eje de ordenadas o "Y", y a la intersección de los dos ejes origen de coordenadas.

Trazado el eje de coordenadas podremos referir cualquier punto midiendo la distancia de este perpendicularmente a cada eje de referencia por lo que queda determinado la posición del punto por dos valores, primero el de la abcisa y después el de la ordenada, es muy importante que siempre se exprese por este orden, a esta expresión numérica se le llama coordenadas del punto.

Conociendo los valores de coordenada de un punto podremos representar gráficamente este con relación al punto de origen mediante el traslado de los valores de sus coordenadas en sus respectivos ejes, primero trasladaremos el valor de la abcisa o "X" y desde este lugar perpendicularmente mediremos el valor de la coordenada por el eje de la ordenada o "Y", quedando situado el punto en su lugar.



Signos y cuadrantes de un sistema de coordenadas rectangulares

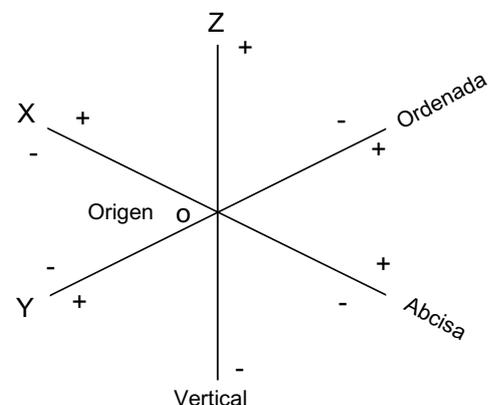
Deberemos fijarnos en los signos de los valores de coordenadas, si la abcisa es negativa está situada por debajo del eje horizontal, y si la ordenada es negativa, está situada a la izquierda del eje vertical, lo cual permite dividir el plano, alrededor del punto de origen en cuatro cuadrantes, determinados por los ejes de coordenadas.

De tal forma que en el primer cuadrante los valores de la abcisa y de la ordenada son positivos, en el segundo cuadrante la abcisa es negativo y la ordenada positiva, el tercer cuadrante tanto la abcisa como la ordenada tendrán valores negativos y en el cuarto y último cuadrante la abcisa será positiva y la ordenada negativa. Podemos observar que la disposición de los cuadrantes es en el sentido contrario a las agujas de un reloj.

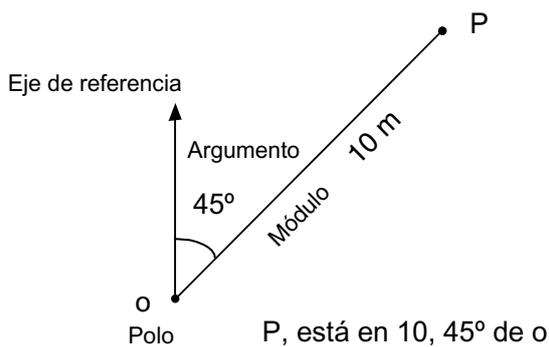
Este sistema solo permite situar la posición de un punto en una superficie plana, y necesitamos establecer la posición de un punto en el espacio, es decir teniendo en cuenta las tres dimensiones.

Para ello necesitamos un tercer elemento de referencia y consistirá en un tercer eje denominado "Z" que es perpendicular a los otros dos y pasa por el punto de origen. de tal forma que un punto en el espacio se puede determinar su posición midiendo las distancias de este a cada eje correspondiente en el siguiente orden primero el valor de la abcisa "X", después el valor de la ordenada "Y" y por último el valor del eje "Z", siempre por este orden. A la expresión numérica se le llama coordenada tridimensionales de un punto.

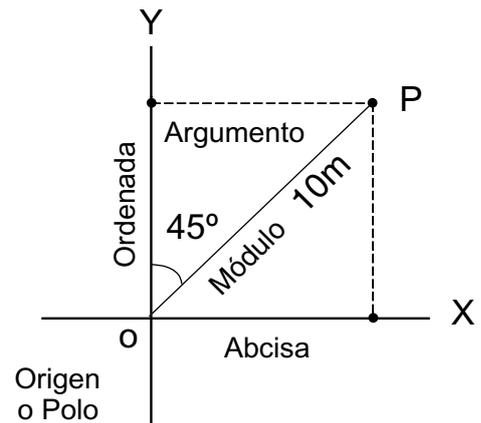
Existen otros sistema de coordenadas que no son cartesianas rectangulares, pero el único sistema que nos interesa conocer de momento para nuestras aplicaciones son las conocidas por coordenadas polares.



Ejes X, Y, Z, de Coordenadas rectangulares



Coordenadas polares



Relación entre coordenadas polares y rectangulares

Coordenadas polares. Es otro sistema de señalar la posición de un punto, pero que toma diferentes referencias, en las polares se toman un punto de origen (llamado polo, y de ahí el nombre de polares), y una recta que pasa por él. También se indican las coordenadas mediante dos valores pero estos son: La distancia del punto al polo que se le llama módulo y el ángulo que forman la recta de referencia con la que une el punto y el polo, a ese ángulo se le llama argumento. Las coordenadas polares de un punto quedan expresada por el valor del módulo seguido por el valor del ángulo del argumento.

Para la tercera dimensión se necesita el valor del ángulo con referencia al plano horizontal que pasa por el polo y es conocido como argumento vertical y se expresa a continuación del argumento.

Si hacemos coincidir el origen de un eje de coordenadas cartesianas, con las coordenadas polares de un punto haciendo como origen polar el de las cartesianas, veremos que existen relaciones entre ambos sistemas. Véase que el módulo no es mas que la hipotenusa de un triángulo rectángulo en el que la abcisa y la ordenada son los dos catetos. Y por lo tanto existe una relación entre los lados, abcisa y ordenadas, y el ángulo, argumento, que se resuelve con las razones trigonométricas, que permiten relacionar ángulos y lados, como vimos anteriormente.

6. LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para medir las magnitudes tanto angulares como lineales nos servimos de una serie de instrumentos, que en Topografía suelen ser sofisticados, precisos y de complejo manejo, son caros para el espeleólogo y frágiles en medios hostiles como puede ser una cavidad. La elección de los instrumentos debe definirse en la relación de precisión de la Topografía que queremos realizar en función de su aplicación, no es lo mismo conocer solo la profundidad de una sima en el aspecto deportivo, que saber exactamente la distancia de una cavidad a la superficie con la intención de perforar un túnel. Está claro que nuestra disciplina solo debe centrarse en el primer caso y el segundo dejarlo a los profesionales topógrafos o especialistas en espeleotopografía.

Esto simplifica en la elección de los instrumentos de medición, en Espeleología está ampliamente extendido la utilización de la brújula y el eclímetro para las mediciones angulares y la cinta métrica para las medidas lineales. Instrumentos de menor precisión pero de bajo coste y resistentes en su utilización en el medio subterráneo. Existe una escala de precisión de la BCRA, que es conveniente conocer para poder determinar el grado de precisión de nuestras Topografías con relación a los instrumentos empleados.

Tabla BCRA

Escala de valoración de la precisión de los planos de cavidades según los instrumentos de medición

Grado 1	Esquema de memoria, sin escala.
Grado 2	Dibujo realizado a simple vista, sin ayuda de instrumentos, con escala aproximada.
Grado 3	Plano rudimentario trazado con una brújula dividida de 10° en 10° y una cuerda dividida en metros.
Grado 4	Plano dibujado con brújula dividida de grado en grado, con alguna sistema de lectura y con cinta métrica o topofil.
Grado 5	Plano realizado con brújula y clinómetro calibrado, provistos de sistema de puntería y de lectura correctos, y una cinta métrica indeformable.
Grado 6	Con el mismo material pero de forma que la brújula repose sobre un trípode o esté suspendida de un cordel.
Grado 7	Levantamiento topográfico con teodolito y cinta métrica de acero o con una estación total.

6.1. MEDIDORES DE ÁNGULOS, LA BRÚJULA Y EL ECLÍMETRO

En primer lugar debemos saber que los ángulos podemos medirlos en cualquier posición en el espacio, pero nosotros tenemos que referenciarlos por metodología a un plano de referencia, consideraremos un plano horizontal donde se situará el vértice de referencia y a estas mediciones angulares se le llamara ángulo horizontal, si trazamos un plano tangente al plano horizontal y las mediciones angulares se desplazan por el mismo, estamos hablando de ángulos verticales con respecto al plano horizontal.

7. METODOLOGÍA TOPOGRÁFICA. CUEVAS HORIZONTALES O VERTICALES

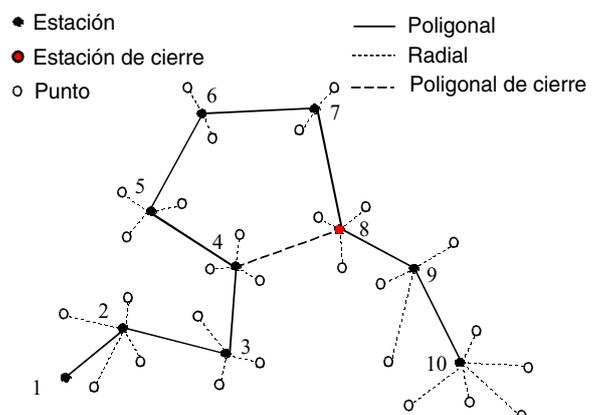
Para realizar el levantamiento topográfico de una cavidad subterránea, deberemos aplicar una metodología constante en la toma de las mediciones y posicionamiento de las mediciones, que facilite los posteriores cálculos, para ello es necesario tener claro una serie de conceptos.

7.1. CONCEPTO ESTACIÓN TOPOGRÁFICA

Llamamos estación topográfica, a un punto cualquiera situado en la cavidad, donde posicionamos los instrumentos de medida y realizamos las lecturas de las visuales angulares y de distancia, asta otro punto cualquiera de la cavidad, bien sea otra estación o punto topográfico.

7.2. CONCEPTO PUNTO TOPOGRÁFICO

El punto topográfico se diferencia de la estación topográfica porque desde el no se realizan medidas angu-



lares hacia otro punto o estación. Básicamente, un ancho, o una altura entre otros es un punto topográfico.

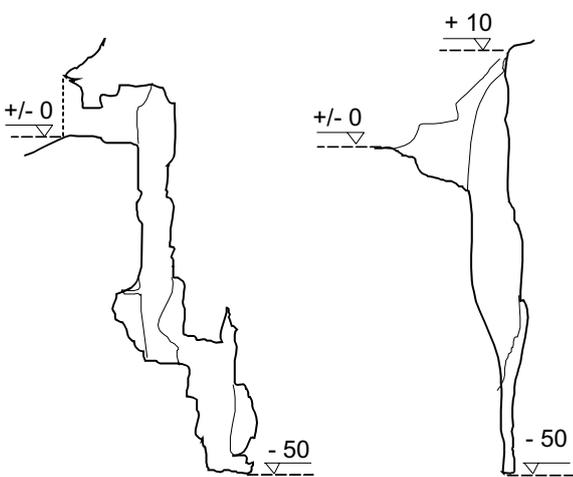
7.3. CONCEPTO DE POLIGONAL TOPOGRÁFICA

Se conoce como poligonal topográfica al conjunto de mediciones angulares y de distancia de las estaciones topográficas, omitiendo los valores de los puntos topográficos.

Se le llama poligonal porque los segmentos entre estaciones y los ángulos, corresponde a los lados y los vértice de un polígono.

La suma del perímetro de la poligonal nos determina la longitud de la cavidad.

7.4. CONCEPTO DE LA ESTACIÓN CERO O PUNTO DE PARTIDA

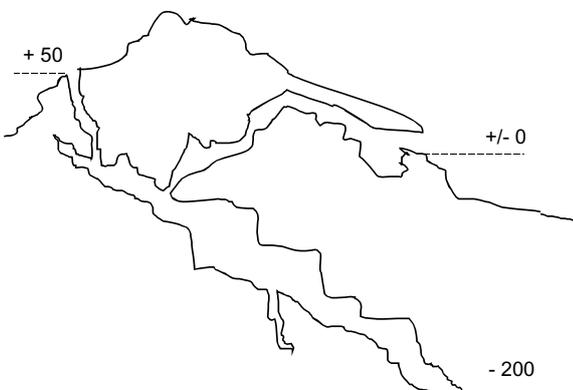


Es evidente que para trazar una poligonal es necesario establecer una estación de partida, a esta estación se le llama "Cero", y quiere decir que el eje de coordenadas es origen en esta estación, lo cual, estamos dando valores a los ejes de X, Y, Z, de 0,00 m, y no uno, esto nos permite en el momento que deseemos darle los valores que nos interese, por ejemplo los valores de coordenadas UTM, lo que nos permitirá relacionar la Topografía de la cavidad con la Topografía o mapa de exteriores.

Conocido el nombre de la estación de partida, deberemos establecer donde situarla con relación a la cueva.

Por método, situaremos la estación cero en la entrada de la cavidad, como primera condición, en cualquier lugar del suelo que coincida con la vertical del labio superior si tiene techo o en el punto más bajo si la entrada es en pozo y no tiene techo, además debe visualizarse la siguiente estación topográfica sin obstáculos intermedios, como segunda condición.

Encontraremos en muchos casos sistemas con diferentes entradas, por método emplazaremos la estación cero en la boca más alta.



Es de huso extendido emplazar la estación cero en la entrada considerada como principal, si bien no se ajusta al método, puede darse como buena.

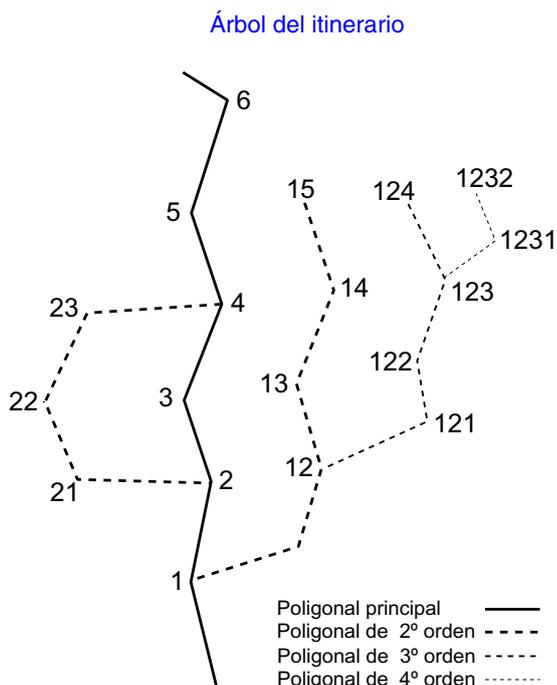
También es posible que aparezcan nuevas bocas y más altas en el transcurso de una exploración ya iniciada la topografía, en este caso mantendremos como estación cero la inicialmente considerada.

Siempre estamos a tiempo de reorganizar todas las estaciones, pero esto conlleva a un cálculo y redistribución adicional y si lo planteamos bien inicialmente, evitaremos quebraderos de cabeza posteriores.

7.5. MÉTODO DEL ITINERARIO

Son muchos los métodos topográficos para la realización de un plano, pero es de uso habitual en Espeleología utilizar el método de itinerario.

Consiste en trazar una serie de estaciones consecutivas a lo largo del eje de la galería de la cavidad, partiendo de la estación cero y terminando en la estación situada al final de la cavidad. A todas estas estaciones se le llama poligonal principal.



Pero las cavidades, suelen tener galerías laterales o bifurcaciones, por lo que trazaremos nuevas poligonales hasta su conclusión, a estas poligonales las denominaremos de segundo orden, pues parten siempre de una estación de la poligonal principal.

De igual forma, las galerías de segundo orden pueden dividirse en otras, y a estas las denominaremos de tercer orden pues parten de una estación de una poligonal de segundo orden y así sucesivamente. En cuevas muy complejas no suele pasar del cuarto orden.

Puede ocurrir que una galería lateral vuelva a confluir en una estación de la poligonal Principal, o a otra estación ya conocida de otra poligonal, a esto se le conoce como cierre de la poligonal.

Este sistema de ordenación se le llama método del árbol pues relaciona a todas las estaciones y las poligonales a la estación de origen cero.

El método del itinerario, se basa en un polígono irregular abierto, lo cual, al final del mismo, no sabremos el error cometido, por ello es bueno, siempre que sea posible realizar cierres a través de las galerías laterales, para comprobar la fiabilidad de nuestra Topografía.

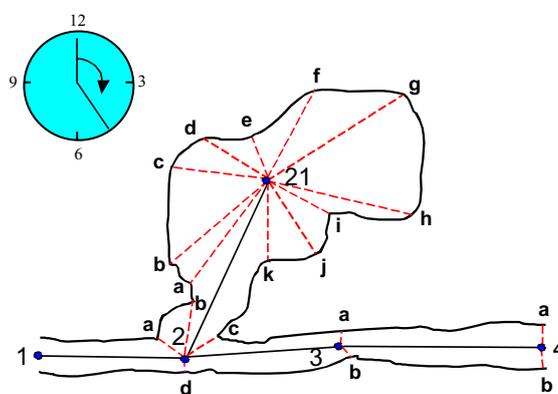
7.6. MEDICIONES AUXILIARES

Con el trazado de las poligonales sabremos el recorrido de la cavidad en cuanto a su longitud, desnivel y dirección, pero no sabremos el ancho de la galería, ni la forma de la sala, ni el emplazamiento de una columna estalactítica, ni la profundidad de un lago, ni el ancho de un pozo y aun menos la altura del techo, entre otros rasgos mensurables.

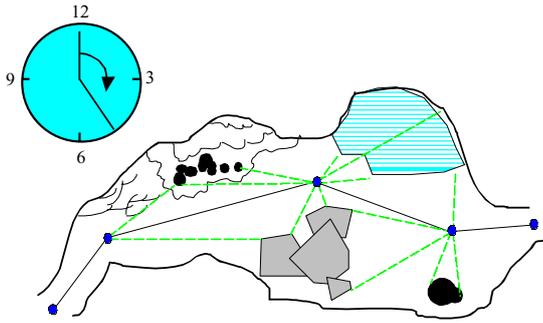
Para ello se emplea las mediciones auxiliares de los puntos topográficos. Básicamente podemos resumirlos en dos tipos: Las radiales y las alturas.

7.6.1. Las radiales

Son puntos topográficos, y sirven principalmente para medir dos rangos: el contorno de la cavidad y situar los objetos que encontramos en la cavidad, a las primeras las llamaremos radiales de contorno y sirven primordialmente para saber el ancho de una galería o la forma



Radiales de contorno



Radiales de objetos

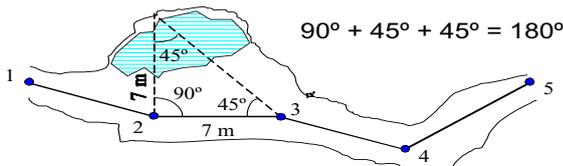
de una sala, se trazaran cada vez que se aprecie un cambio de forma de la pared con relación a la estación desde donde se están tomando las mediciones angulares y de distancia. es evidente que cuanto mas radiemos a las paredes, mas preciso será su forma con el dibujo del plano, pero no se debe abusar de ellas a no ser que la precisión del trabajo lo requiera.

Por método, los anchos derecha e izquierda que se toman habitualmente, deben transformarse en radiales de contorno.

El segundo rango son las radiales de objetos, sirven para situar cualquier rasgo de la cavidad, como columnas, bloques, lagos, escarpes, etc. que no formen parte del contorno, o bien para situar antropismos como caminos, catas arqueológicas, pinturas rupestres, etc. o localizar aspectos científicos como una colonia de murciélagos o la ubicación de algún rasgo geológico de interés.

Luego, en todas las radiales, incluso en los anchos, mediremos tanto los ángulos como la distancia con referencia a la estación desde donde medimos, esto nos permitirá relacionar los puntos con el árbol del itinerario y podremos obtener los valores X, Y, Z, con relación a la estación Cero o de partida de cualquier punto topográfico.

7.6.2. Puntos inaccesibles

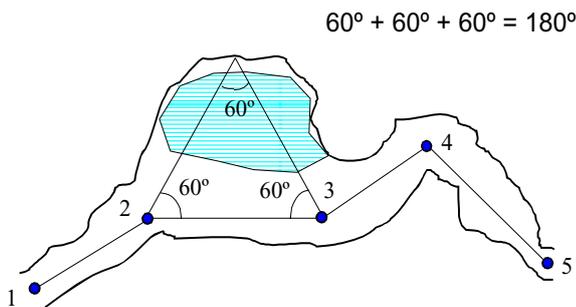


En un triángulo rectángulo a ángulos iguales catetos iguales

En determinadas situaciones no podemos medir directamente algún punto topográfico por ser virtualmente inaccesible, como puede ser la pared opuesta de un pozo, o la orilla contraria de un lago, para solucionar estos problemas podremos aplicar algunas soluciones que nos proporciona la geometría, sabiendo que:

Un triángulo rectángulo, que sus ángulos agudos son de 45°, tiene sus catetos iguales.

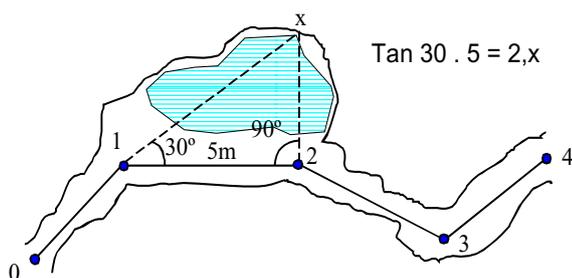
Un triángulo cuyos ángulos son de 60°, tiene sus tres lados iguales.



A ángulos iguales, lados iguales

El método de la tangente consiste en aplicar la trigonometría, construyendo un triángulo rectángulo del que conocemos el ángulo B y el cateto contiguo, por lo que podemos averiguar el cateto opuesto, que en este caso es la distancia en la que se sitúa el punto topográfico inaccesible.

Estas son algunas de las soluciones, pero se pueden aplicar otras muchas.



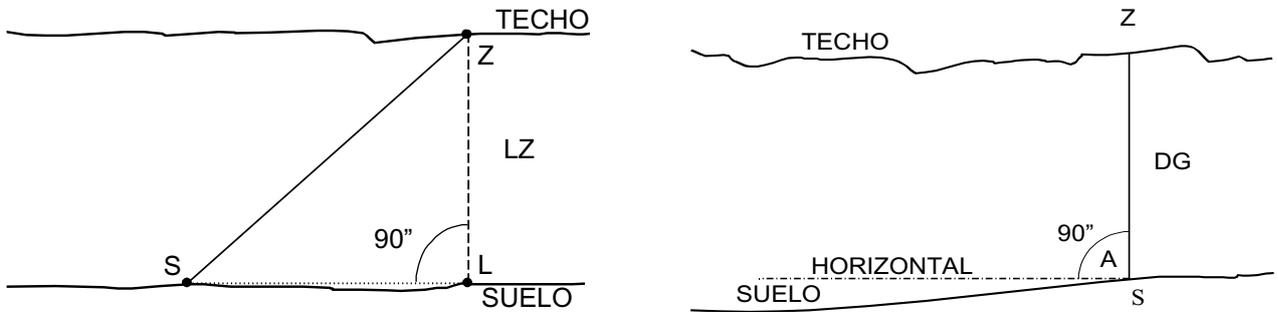
Método de la tangente

Otro método, práctico, pero no recomendable por no estar correlacionado con el árbol del itinerario topográfico, es el de la intersección, y consiste en lanzar dos visuales angulares horizontales desde dos estaciones conocidas sobre el punto topográfico inaccesible. Se soluciona gráficamente trazando líneas de longitud indefinidas con el ángulo medido desde cada estación, en el lugar que se intercepten ambas líneas, es el lugar de emplazamiento del punto inaccesible.

7.6.3. Medición de techos

Las alturas son puntos topográficos, y sirven primordialmente para saber a que distancia se encuentra el techo con relación al suelo.

Lo que se pretende es averiguar la distancia (LZ) que existe entre un punto o estación (L) y su vertical (90° sobre el plano horizontal de (L)) por medios trigonométricos desde el suelo (L) hasta el techo (Z).

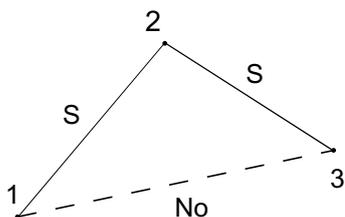


Por supuesto cada cavidad tiene sus propias características y el techo de la misma puede estar al alcance de nuestras manos, en estos casos la medición de los puntos en el techo podremos realizarlos directamente con la cinta métrica, (Método directo).

La toma de los datos podríamos realizarla directamente y sería: Estación de salida (S), punto de llegada (Z), Distancia Geométrica (DG), Inclinación ($+90^\circ$) (A), Rumbo (0). Como se puede observar en la siguiente figura.

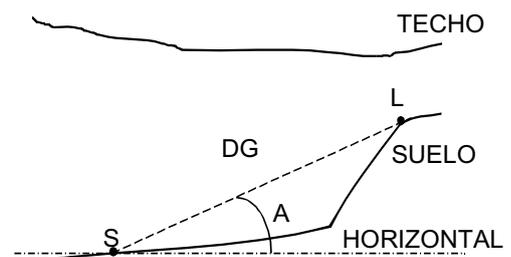
Pero en muchos casos el techo no estará al alcance de una medida directa y tendremos que proceder a métodos indirectos, y para ello procederemos de la siguiente manera:

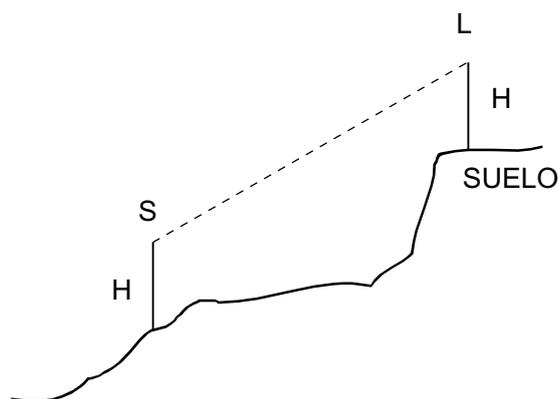
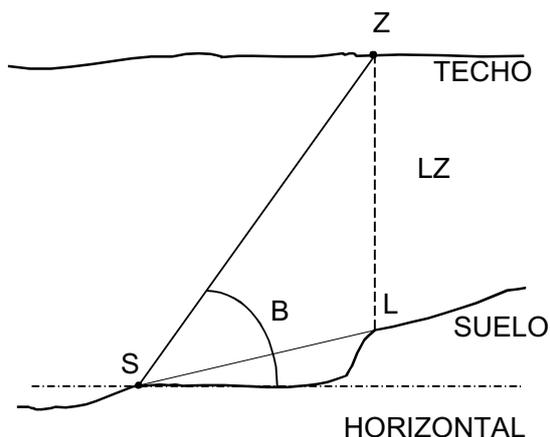
1. Partiremos siempre que sea posible de una estación conocida.
2. Desde la estación conocida visualizaremos una estación, ésta será consecutiva.
3. Desde la estación visualizada, marcaremos visualmente en la vertical, un punto en el techo y este se deberá observar desde la estación de salida.



Ejemplo: De la (1) a la (2), de la (2) a la (3). No vale de la (1) a la (3).
 O su inversa; ejemplo: de la (3) a la (2), de la (2) a la (1)....
 No vale de la (3) a la (1).

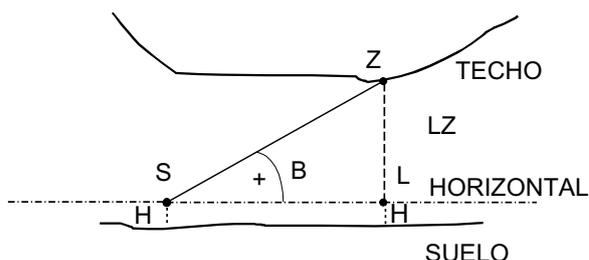
4. Deberemos conocer el ángulo vertical (A) entre el punto de salida (S) y el punto de llegada (L) y la horizontal.
5. Deberemos conocer la distancia (DG) entre el punto de salida (S) y el Punto de llegada (L).
6. Deberemos conocer el ángulo vertical (B) entre el punto de salida (S) y el punto en el techo (Z) y la horizontal.





7. Deberemos tener en cuenta las mediciones de los ángulos verticales si se han desplazado del suelo a una altura-x, en todos los casos este desplazamiento será similar en el punto de salida (S) y en el punto de llegada (L), a este desplazamiento le llamaremos altura del aparato (H).

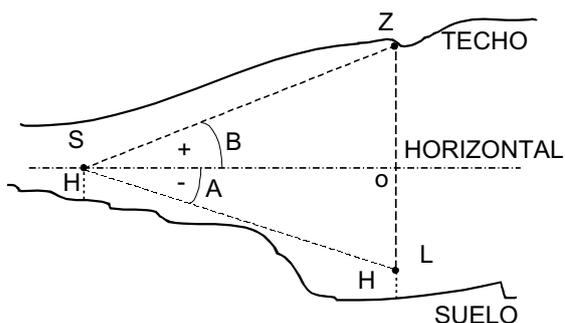
Conocidas estas premisas y aplicándolas, se nos pueden dar cinco casos, que dependerán de la configuración del suelo con relación al techo de las cuevas y la metodología descrita. Estos casos se definen por los ángulos (A) y (B) y son:



Caso primero.

(A)= 0 grados y (B) grados (+)

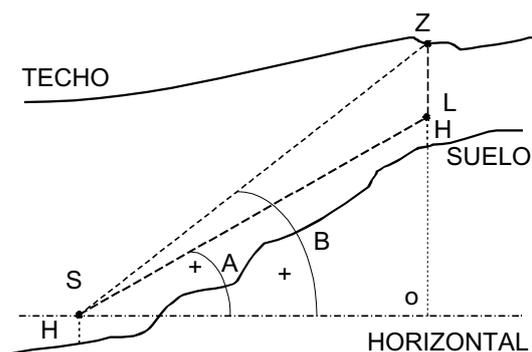
$$\begin{aligned} \tan B \cdot S,L &= L,Z \\ \text{ALTURA} &= L,Z + H \end{aligned}$$



Caso segundo.

(A) = grados (-) y (B) = grados (+).

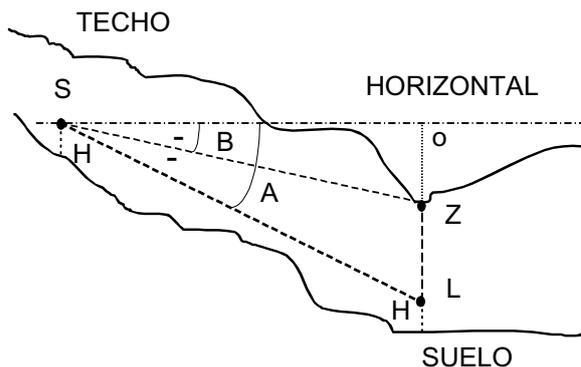
$$\begin{aligned} S,o &= \cos A \cdot S,L \\ L,o &= \sin A \cdot S,L \\ o,Z &= \tan B \cdot S,o \\ \text{altura de Z} &= o,Z + L,o + H \end{aligned}$$



Caso tercero.

(A)= grados (+) y (B)= grados (+)

$$\begin{aligned} S,o &= \cos A \cdot S,L \\ L,o &= \sin A \cdot S,L \\ o,Z &= \tan B \cdot S,o \\ \text{altura de Z} &= o,Z - L,o + H \end{aligned}$$



Caso cuarto.

(A)= grados (-) y (B)= grados (-)

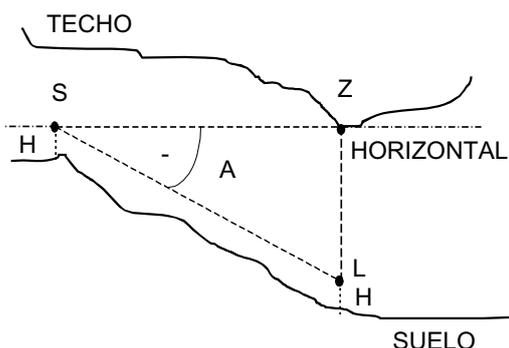
$$S,o = \text{Cos } A \cdot S,L$$

$$L,o = \text{Sen } A \cdot S,L$$

$$S,Z = \text{Tan } B \cdot S,Z$$

$$o,Z = \text{Sen } B \cdot S,Z$$

$$\text{altura de } Z = L,o - o,Z + H$$

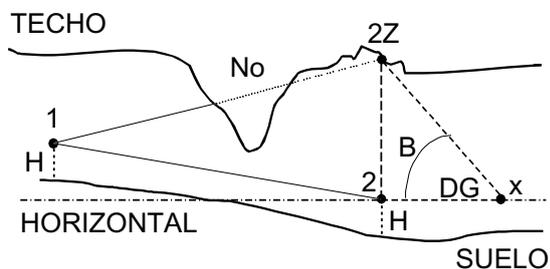


Caso quinto.

(A)= grados (-) y (B)= 0 grados

$$L,Z = \text{Sen } A \cdot S,L$$

$$\text{altura de } Z = L,Z + H$$



Es posible que en algunos casos no sea posible visualizar desde el punto de salida el punto en el techo, por estar oculto bien por un saliente del propio techo o alguna formación estalacmítica. En estos casos aplicaremos el método de la Tangente.

Desde el punto 2, nos desplazamos horizontalmente (ángulo A = 0) a una distancia similar a la altura, que mediremos con la cinta métrica (DG) y desde este punto (x) visualizamos el ángulo (B), la toma de datos es según se refleja.

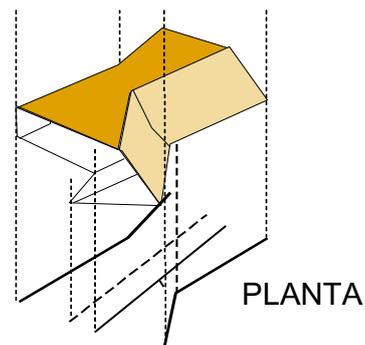
$$2,2 Z = \text{Tan } B \cdot \text{DG altura} = 2,2 Z + H$$

7.7. CONCEPTO DE PLANTA

Una cavidad es un objeto tridimensional con la particularidad de ser hueco, y es precisamente el interior de ese hueco lo que nos interesa reflejar en nuestra Topografía.

Para ello deberemos proceder de la siguiente forma: primero cortar el objeto para poder ver su interior, y segundo, en proyectar lo que se ve sobre una superficie, que es nuestro plano.

Visto desde arriba, cortamos el objeto por la línea resultante de la proyección ortogonal de todos sus puntos sobre un plano horizontal, así tenemos una perspectiva del interior del objeto, esto sería la planta.



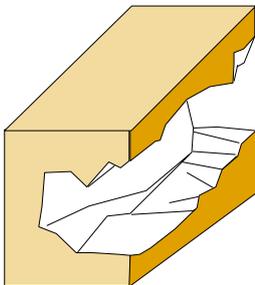
Su utilidad estriba en poder ver en un plano los diferentes cambios de direcciones, dimensiones, superficie y rasgos físico y morfológicos de una cavidad. En cuevas con desarrollos principalmente horizontal se hace imprescindible.

7.8. CONCEPTO DE SECCIÓN

En una galería vista desde el frente, tenemos una perspectiva transversal del interior del objeto, la proyección ortogonal de todos sus puntos a un plano perpendicular al plano horizontal y paralelo a la vista sería una sección del objeto. Se aplica principalmente para poder ver el perfil transversal de una galería.

7.9. CONCEPTO DE ALZADO

Visto desde el lateral, tenemos una perspectiva del interior del objeto, la proyección ortogonal de todos sus puntos a un plano perpendicular al plano horizontal y paralelo a la vista, sería un alzado del objeto.



Alzado
vista lateral de una galería

Se realiza principalmente cuando la cavidad es predominantemente vertical e imprescindible en las Simas. Los alzados pueden representarse de dos formas: proyectados o longitudinales.

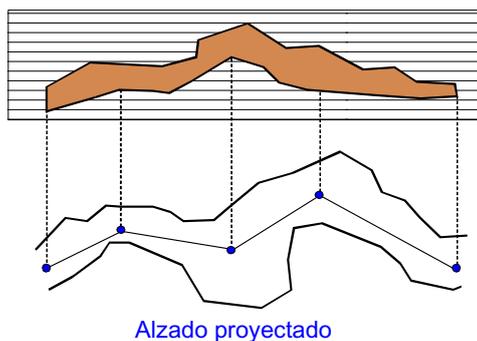
7.9.1. Alzado proyectado

Consiste en la vista lateral de mayor desarrollo de toda la cavidad y se construye como se ha descrito anteriormente. También se utiliza los planos de referencia XZ, YZ, como métodos mas usuales.

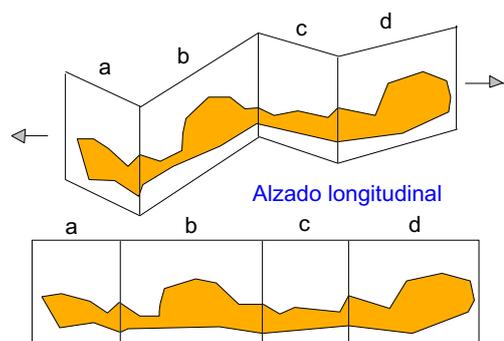
7.9.2. Alzado longitudinal.

En cavidades complejas de desarrollo vertical, una vista proyectada oculta zonas de la cavidad, bien por encontrarse enfrentada a la vista o tapadas por otros pozos o galerías que se encuentran en un plano anterior, esto se resuelve con los alzados longitudinales, estos deforman la cavidad pero nos facilita la lectura del plano.

Consiste primordialmente en realizar el corte a lo largo de la poligonal de la cavidad y representarla gráficamente la proyección de cada uno de sus segmentos ortogonalmente abatiéndolos sobre un plano perpendicular al plano horizontal. Es como si estirásemos toda la cavidad.



Alzado proyectado



Alzado longitudinal

8. LA LIBRETA DE CAMPO, SU USO

Conocidos los conceptos básicos, pasemos al siguiente paso que es anotar todas las mediciones y observaciones que vamos a realizar en nuestro levantamiento topográfico.

Estas anotaciones pueden ser de tres tipos: las estrictamente métricas, el dibujo de contornos y los signos convencionales.

Los datos deben anotarse de forma clara y con cierto orden, de tal forma que otro espeleólogo pudiera entenderlo sin haber estado en la cavidad.

Previamente debemos anotar:

- El nombre de la cueva y su sigla de identificación, (Lugar, Municipio, Provincia, etc.).
- Fecha del levantamiento topográfico.
- Club que la realiza.
- Mapa donde se sitúa.
- Topógrafos que realizan el levantamiento.
- Coordenadas de situación si se conocen, o datos de visuales para su emplazamiento referidos a la estación cero.
- Instrumentos de medición empleados.

Todo esto se anota en lo que se llama la libreta de campo.

8.1. EL ESTADILLO DE CAMPO

En la libreta de campo construiremos una tabla en donde anotar todos los datos de mediciones, estos datos por método deben tener un cierto orden y estos son:

- Estación de salida = Nombre de la estación en la que estamos.
- Estación de llegada = Nombre de la estación o punto que visualizamos.
- Distancia geométrica = Distancia medida entre las dos estaciones.
- Ángulo horizontal = Rumbo medido con la brújula.
- Ángulo vertical = Buzamiento medido con el eclímetro.

Con estos datos sería suficiente, pero con la incorporación de la informática a los cálculos espeleométricos es imprescindible incorporar dos datos más, para poder distribuir la información en diferentes capas para su posterior tratamiento y facilitar los cálculos en cuanto recorrido y desnivel, estos son:

- Rango = código que identifica si es, poligonal (P), radial de contorno (C), radial de objeto (O) o altura (A).
- Cierre = Identificación de todos los segmentos de poligonal implicados en un mismo cierre.

Por último podemos incorporar una columna de observaciones, donde poder anotar las incidencias del punto o estación, como puede ser: Cierre, Altura de medición directa o indirecta, objeto de la radiación como: columna, bloque, estalagmita, etc.

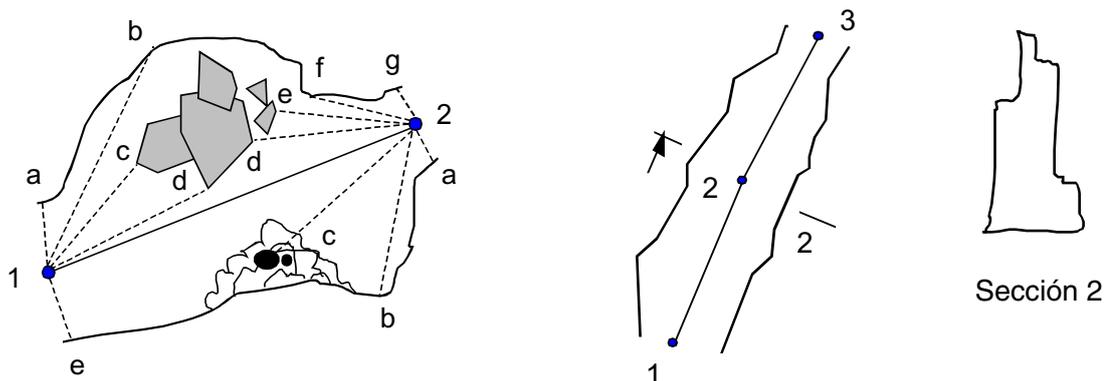
8.2. EL CROQUIS DE CAMPO

Es evidente que con las mediciones de los instrumentos sólo conseguiremos unas alineaciones geométricas orientadas pero las cavidades precisamente no son de forma regular, por lo que tendremos que apoyar las mediciones con una serie de dibujos croquizados, estos se pueden hacer de dos formas: a mano alzada o a escala.

8.2.1. A mano alzada.

En la libreta, dibujaremos en planta (vista desde arriba) a mano alzada, en primer lugar el emplazamiento de las estaciones en la que estamos trabajando y la identificamos con sus nombres, las unimos con una línea de poligonal y trazamos a una escala imaginaria y proporcional a los valores métricos de la línea de poligonal trazada, la forma de las paredes y los objetos que mas destacan entre las dos estaciones, hecho esto, elegimos los puntos de radiales que nos interesa, los marcamos y los numeramos de forma ordenadas en el sentido de las agujas de un reloj, realizado todo esto pasamos a las mediciones.

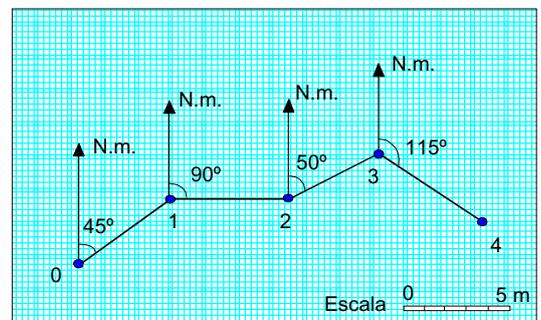
Si es pertinente, croquizaremos una sección o alzado donde conste el nº de las estaciones y las alturas del techo. Y así sucesivamente.



8.2.2. A escala

Los pasos a seguir son similares al método anterior, pero la diferencia estriba en que la libreta dispone de un papel milimetrado, lo cual nos permite hacer coincidir con la cuadrícula el NM y elegir una escala de trabajo.

Elegimos el eje de referencia marcando el NM situamos la estación de partida y dependiendo del ángulo horizontal (Rumbo) trazamos una línea de poligonal con dicho ángulo, elegimos una escala en función de las dimensiones de la cueva, (1:200 , 1 cm = 2 m) y medimos sobre la cuadrícula milimetrada como referencia la distancia medida en la línea de poligonal trazada y marcamos la posición de la estación de llegada, y así sucesivamente.



Croquis a escala y orientado al N.m.

8.3. LOS SIGNOS CONVENCIONALES

Para facilitar la comprensión de lo que dibujamos en nuestros planos, existe una serie de signos convencionales adoptados por la Escuela Española de Espeleología, que debemos conocer de memoria como si fueran las letras del alfabeto y aplicarlas tanto en nuestros croquis como en nuestros planos, se clasifican en

- Símbolos de litología y composición.
- Símbolos exteriores.
- Símbolos topográficos.
- Símbolos hidrográficos.
- Símbolos sedimentológicos.

(Ver tablas al final del capítulo)

9. EL EQUIPO DE TOPÓGRAFOS, METODOLOGÍA DE TRABAJO

Cualquier Topografía, debe ser previamente analizada antes de abordarla y marcar la estrategia de trabajo, la propia característica de la cavidad nos dirá de como montar el equipo, una cueva estrecha no permite a un equipo numeroso de topógrafos, en cuevas de grandes desarrollo deberemos montar mas de un equipo, en puntas muy lejanas normalmente los equipos se reducen a dos y a veces nos encontramos solos en una pequeña y lejana galería o cueva que de no hacerla en el momento es posible que no se vuelva para medir sus escasos metros por el esfuerzo que supone enviar a un equipo a realizarla, por ello es importante saber como actuar dependiendo si estamos solos, si formamos un equipo de dos o de tres, equipo de mayor numero no son operativos ni practico.

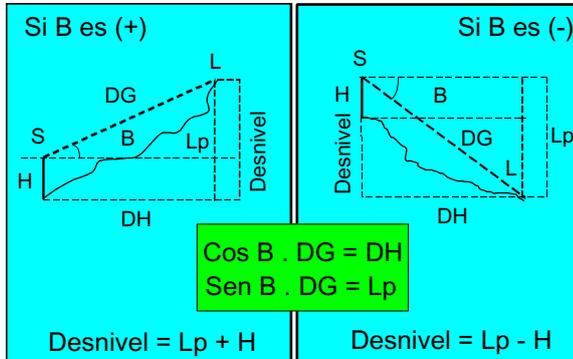
9.1. EN SOLITARIO

Los instrumentos necesarios son, un *topofil*, brújula, clinómetro y libreta de campo.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Croquizar las estaciones implicadas en la medición en la libreta de campo.
- Colocar un hito o referencia en la estación de salida.
- Amarrar en el hito el hilo del *topofil* y desplazarse con el hilo tenso a la estación de llegada.
- Hacer la lectura de la distancia a la altura de nuestra vista.
- Anotar en la columna de observaciones la distancia entre nuestra vista y la estación de llegada que se encuentra bajo nuestros pies, (H).
- Visualizar al hito de la estación de salida y medir con la brújula el ángulo horizontal e invertir 180°.
- Visualizar al hito de la estación de salida y medir el ángulo vertical con el eclímetro e invertir el signo, y así sucesivamente.

Como se puede comprobar, el método difiere en que las mediciones angulares y de distancia se realizan de forma invertida por lo que hay que invertir los valores de los ángulos, además los planos de las estaciones de salida y de la estación de llegada son diferentes a su posición natural, por lo que los cálculos a emplear son diferentes al incluirse el parámetro altura del instrumento (H) en una sola estación. Se resuelve así:



$$\cos B \text{ por } DG = DH$$

$$\sin B \text{ por } DG = Lp$$

Desnivel = $Lp + H$, si el ángulo B es positivo o $Lp - H$, si el ángulo B es negativo.

Donde Lp es el desnivel parcial y H es la altura del topógrafo asta la altura de sus ojos.

9.2. EQUIPO DE DOS

Los instrumentos de medición son: la cinta métrica, brújula, eclímetro y libreta de campo. El equipo está formado por el topógrafo y el ayudante o punta de metro. Los pasos son los siguientes:

- El topógrafo levanta el croquis y elige los puntos, mientras el ayudante se desplaza con la cinta métrica desplegada, buscando el lugar óptimo de la siguiente estación a medir.
- El topógrafo anota la medición de distancia cantada por el ayudante y posteriormente mide y anota las mediciones angulares.
- El ayudante mide la altura del techo si es directa y se la canta al topógrafo que la anota, si es indirecta, mide el ángulo al techo que se lo marca el ayudante y anota los datos correspondientes.
- El ayudante se desplaza a la primera radial indicada por el topógrafo y le da la medida de la distancia que se anota.
- El topógrafo realiza las mediciones angulares y las anota mientras el ayudante se desplaza a la siguiente radiación.

Concluidas todas las mediciones el topógrafo se desplaza a la siguiente estación y se repite toda la secuencia.

9.3. EQUIPO DE TRES

Los instrumentos de medición son: la cinta métrica, brújula, eclímetro y libreta de campo. El equipo está formado por el topógrafo el ayudante y el punta de metro. Los pasos son los siguientes:

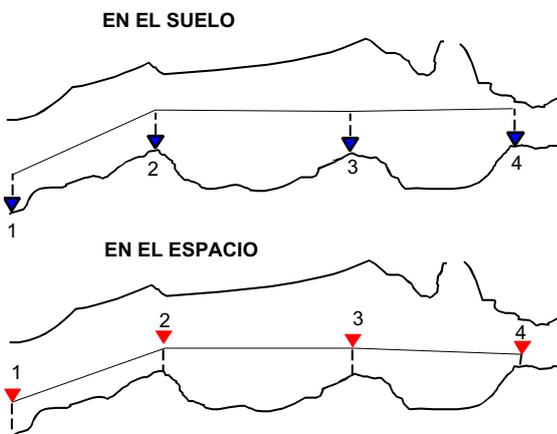
- El topógrafo realiza el croquis de campo, mientras el ayudante se sitúa en la estación de salida y el punta de metro localiza la estación de llegada.
- El punta de metro indica la distancia mientras el ayudante realiza las mediciones angulares y el topógrafo anota las mediciones.
- El punta de metro realiza la medición del techo si es directa, si no fuese así marca el punto en el

techo y el ayudante realiza la medición angular que el topógrafo anota.

- Se procede a la medición de las radiales de forma ordenada en el sentido de las agujas del reloj que previamente ha indicado el topógrafo, con el mismo método que el paso anterior.
- El ayudante se desplaza a la siguiente estación y se procede a repetir la misma operación.

En galerías estrecha, el primero en pasar es el topógrafo en segundo lugar el punta de metro y el último el ayudante.

9.4. MÉTODO DE LECTURA EN LAS ESTACIONES



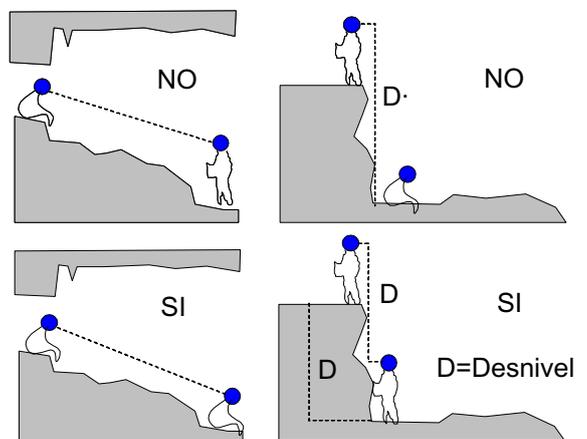
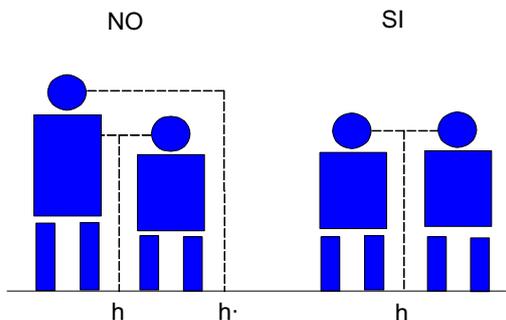
Básicamente las estaciones se pueden colocar bien en el suelo o en el espacio.

Es evidente que hacer las mediciones con los instrumentos angulares, desde el suelo no es posible, por lo que deberemos desplazar la estación a una altura que nos permita leer los aparatos con comodidad, a esta distancia se le conoce como altura del instrumento.

Esta altura puede ser constante; cuando las dos estaciones o puntos implicados se desplazan a la misma distancia, en este caso es como si tomáramos la estación en paralelo al suelo, o indistinto; cuando el desplazamiento en cada estación o puntos implicados es diferente las alturas del instrumento. En este caso las estaciones y poligonales se traza por el espacio.

9.4.1. En el suelo

Es el método más usual en Espeleología por tener la ventaja de no tener que medir la distancia de altura del instrumento en cada estación, por contra deberemos tener en cuenta las siguientes precauciones: La altura del instrumento deberá ser la misma en el punto de salida que en el de llegada. En Espeleología se prescinde normalmente de trípode, miras y jalones, accesorios que nos permitiría salvar esta premisa, pero acarrear con estos accesorios por angostas y profundas cavidades es muy engorroso. Estos se suplen con los propios espeleotopógrafos de la siguiente forma: Los instrumentos angulares son ópticos, por lo tanto la altura del instrumento al suelo será la altura del ojo del espeleólogo que hace la lectura al



suelo, el compañero que forma equipo con el deberá tener su misma estatura o lo que es mejor puestos los dos uno frente a frente debe coincidir la altura de sus ojos con la luz del frontal del casco puesto de su compañero. Se debe evitar a toda costa equipos formados por espeleólogos que no reúnan estas características pues de no ser así se irán acumulando errores a lo largo de nuestras Topografías.

Por las propias características de las cavidades no siempre es posible estar de pie para realizar nuestras mediciones, esto nos obligara ha estar agachado y a veces tumbado, en estos casos ambos espeleólogos adoptarán la misma postura.

En los resaltes y pozos se medirá desde el filo del mismo al suelo o de los ojos del espeleólogo a la luz del frontal del compañero, manteniendo los dos la misma posición.

9.4.2. Por el espacio

El método de trazar la poligonal por el espacio conlleva anotar en nuestra libreta de campo la altura del instrumento en el punto de salida y en el de llegada en cada ocasión que hacemos cambios, la ventaja consiste en que no es necesario que ambos puntos estén a la misma altura. Debemos tener en cuenta el método a la hora de hacer los cálculos.

10. METODOLOGÍA DE TRABAJO EN EL GABINETE

Concluidos nuestros trabajos de campo, podremos proceder en nuestro estudio o club los procesos para realizar nuestro plano, para ello deberemos seguir los siguientes pasos:

- Organizar toda la información.
- Realizar los cálculos espeleométricos.
- Solucionar los errores permisibles.
- Dibujar el plano.

10.1. ORGANIZAR LA INFORMACIÓN

En el transcurso del levantamiento topográfico es posible que hayan intervenido diferentes equipos o modificado el árbol del itinerario topográfico al incorporarse galerías que un principio no estaban previstas, por lo que es necesario reorganizar de forma definitiva antes de proceder al cálculo.

Es muy importante que la numeración de las estaciones y los puntos sigan algún orden lógico y que no se repitan nunca.

10.2. REALIZAR LOS CÁLCULOS ESPELEOMÉTRICOS

Organizado todos los datos, se procede a calcular las proyecciones de la distancia geométrica (DG) a la distancia reducida u horizontal (DH), al cálculo de los desniveles entre estaciones o puntos y el cálculo del desarrollo y profundidad de la cavidad.

10.2.1. Cálculo de la distancia horizontal

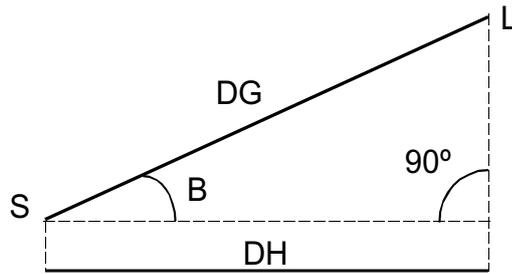
Para hallar la distancia horizontal tendremos que aplicar la formula trigonométrica:

$$\text{Cos de } B \text{ por } DG = DH$$

10.2.2. Cálculo del desnivel

Para hallar el desnivel entre dos estaciones tendremos que aplicar la formula trigonométrica:

$$\text{Sen de } B \text{ por } DG = Z$$

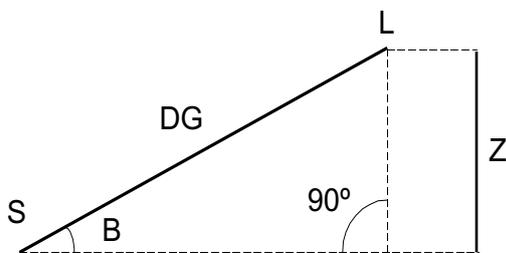


DH = Distancia proyectada al plano horizontal

10.2.3. Cálculo del desarrollo de la cavidad

Para saber el desarrollo o longitud de la cavidad sólo tenemos que realizar el sumatorio de las distancias geométricas de todas las estaciones topográficas.

DG de 0 a 1 + Dg de 1 a 2 etc...



Z = Desnivel entre estaciones

S	L	DG	DG TOTALES
0	1	7,50	7,50
1	2	3,20	10,70
2	3	8,30	19,00
	...	19,00	

10.2.4. Cálculo de la profundidad

Para conseguir la profundidad de la cavidad es preciso realizar de forma ordenada desde 0 en adelante el sumatorio de los desniveles (Z) entre las estaciones topográficas.

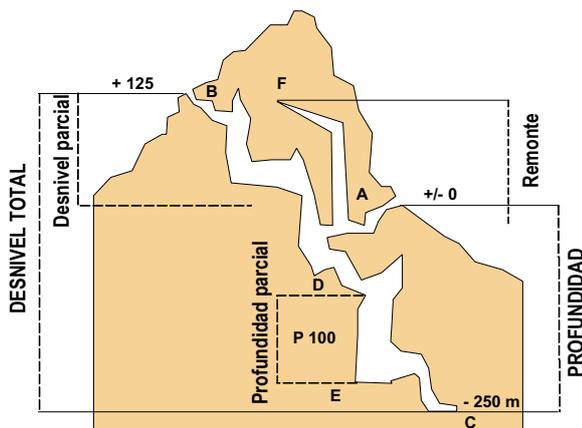
Valor de Z de 0 a 1 + valor de Z de 1 a 2 + valor de Z de 2 a 3, etc.. = profundidad.

S	L	Z	Z TOTALES
0	1	-7,20	-7,2
1	2	-6,30	-13,50
2	3	+3,50	-10,00
3	4	-2,00	-12,00

Es preciso recordar que en el sumatorio pueden existir valores positivos y negativos que se deberán tener en cuenta en el cálculo.

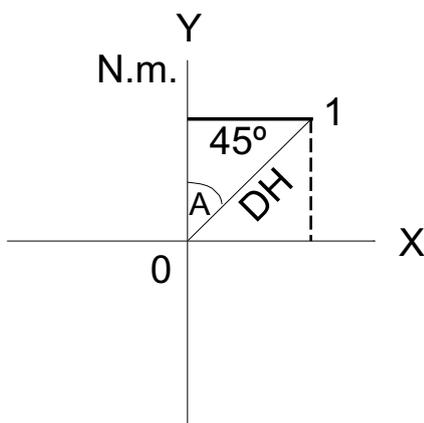
Como observación debemos saber distinguir entre desnivel y profundidad, los desniveles pueden ser parciales o totales, los parciales es la distancia vertical entre dos estaciones y las totales es la sumatoria de todos los desniveles tanto positivos como negativos con referencia al origen del plano vertical, en cuanto a la profundidad, puede ser parcial o total, la parcial puede ser la vertical de un pozo (P-30), y el total es la cota mas baja con relación a cero. Se llama cota al valor métrico con relación al origen del plano vertical.

Se llama remonte a una galería con cota positiva sin salida al exterior.



- A,B = Desnivel parcial.
- B,C = Desnivel total.
- D,E = Profundidad parcial.
- A,C = Profundidad total.
- A,F = Remonte.
- P-100 = Profundidad del pozo.
- +125, -250 = Cotas.

10.2.5. Sobre las coordenadas



DH = Distancia horizontal
 Coordenada de X = DH · Sen A

Con la proyección de las distancias geométricas (DG) a distancia horizontales (DH), hemos conseguido trasladar la poligonal en el espacio a un plano, pero el tipo de coordenadas que podemos construir con los datos que tenemos se llaman coordenadas polares, recordad que el punto de partida es cero y en las polares a este punto se le llama nodo, a la distancia (DH) se le llama módulo y al ángulo horizontal (en nuestro caso el rumbo) el argumento, con estos datos podemos situar la siguiente estación y luego repetir la operación asta la conclusión de la Topografía de la cavidad.

Este método, tiene la desventaja, que en el traslado de las coordenadas polares una tras otra a nuestro dibujo, van acumulándose errores de traslación, por lo que el final de la cavidad suele desplazarse.

Para evitar este problema convertiremos las coordenadas polares a coordenadas rectangulares.

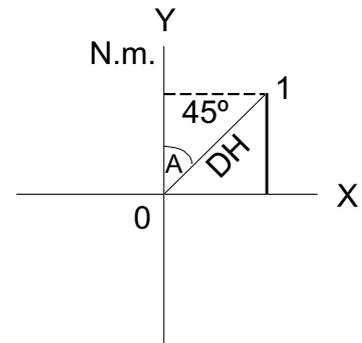
Si hacemos coincidir el origen de un eje de coordenadas rectangulares sobre el nodo de las coordenadas polares y trasladamos los datos de un punto, observamos que existe una relación entre ambas y que además podemos aplicar la trigonometría para calcular los valores de las coordenadas rectangulares X, Y, de ese punto.

$$X = DH \text{ por el Sen } A$$

$$Y = DH \text{ por el Cos } A$$

Analicemos los pasos.

- El origen del eje de coordenadas coincide con el nodo de la coordenada polar (0).
- El eje de referencia Nm lo hacemos coincidir con el eje de Y.
- Trazamos como ejemplo el argumento y el modulo de la coordenada polar del punto 1.
- Aplicamos la formula trigonométrica para el eje de X, y hayamos el valor de coordenada rectangular de dicho eje.
- Aplicamos la formula trigonométrica para el eje de Y, y hayamos el valor de coordenada rectangular de dicho eje.
- El punto 1, queda definido por los valores de coordenada X, Y, siempre en este orden.

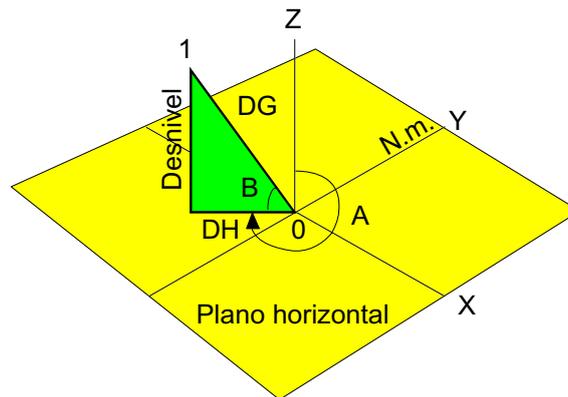


DH = Distancia horizontal
 Coordenada de Y = DH . Cos A

Para situar el punto en el espacio es necesario incluir un tercer eje perpendicular a los anteriores y que pase por el origen.

La coordenada Z, viene dada por los cálculos del desnivel, recordemos.

$$Z = \text{Sen B por DG}$$



Calculados los datos obtendremos los valores de X,Y, Z de la estación (coordenada parcial), pero la cavidad consta de muchas otras estaciones, por lo que tendremos que hacer sumatorios en los tres ejes para referirlas al origen (Coordenadas totales).

S	L	X	Y	X Total	Y Total
0	1	7,20	5,10	7,20	5,10
1	2	8,40	-5,05	15,60	0,05
2	3	-7,00	-3,85	8,60	-3,80

Los datos calculados deberemos pasarlos a una tabla, recordad la hoja de campo en la que introducíamos las mediciones en un estadillo, pues construiremos uno similar y le añadiremos una serie de columnas donde anotar los cálculos, y estas son:

- Columna DG Totales, donde ponemos el sumatorio de DG.
- Columna DH, donde ponemos el valor métrico de la distancia horizontal calculada entre dos estaciones o puntos.
- Columna Z, donde ponemos el valor métrico del desnivel calculado, corresponde al valor de coordenada parcial Z de la estación de llegada..
- Columna X, donde ponemos el valor de la coordenada parcial de la estación o punto de llegada.
- Columna Y, donde ponemos el valor de la coordenada parcial de la estación o punto de llegada.
- Columna de X Totales, donde ponemos el sumatorio de la coordenada X, desde su origen.
- Columna de Y Totales, donde ponemos el sumatorio de la coordenada Y, desde su origen.
- Coordenada de Z Totales, donde ponemos el sumatorio de la columna Z, desde su origen.

Con los datos calculados y reflejados en el estadillo espeleométrico, sabemos por ejemplo:

- La longitud de la cavidad, leyendo la columna DG Totales.
- Los desniveles de cualquier punto con relación al origen, en la columna de Z Totales.
- La profundidad, en la columna de Z Totales, viendo el valor mayor de signo negativo.
- El desnivel máximo, en la columna de Z Totales, sumando los valores extremos de signo positivo y negativo.
- La superficie que ocupa el cavernamiento, en un plano, viendo en las columnas de X Totales e Y Totales, los valores extremos de signo positivos y negativos.
- Determinar en un plano el emplazamiento del punto de origen.
- Detectar los errores en las estaciones de cierre, comprobando que los valores de coordenada totales de X, Y, Z, son similares o no en la estación de cierre. Entre otros.

Hoy en día, existen programas de ordenadores que realizan de forma automáticas todos estos cálculos.

S	L	DG	Ho	V	R	C	DGT	DH	Z	X	Y	XT	YT	ZT	OB

10.3. CÁLCULO DE ERRORES

Si en un cierre no coincide los valores de coordenadas, podemos compensar sumando todos los ángulos interiores de la poligonal cerrada y ver la diferencia angular, esta diferencia es el error y podremos compensarlo proporcionalmente teniendo en cuenta la longitud del segmento y que el error no supere el 2% de la suma de los ángulos. Si el error no es tolerable, deberemos repetir las mediciones en el campo muy a pesar nuestro si queremos obtener planos precisos.

No debemos confundir error con equivocación, los errores vienen dados por la construcción de los propios instrumentos de medición, como la precisión angular de una brújula es el grado, luego los minutos y segundos de un ángulo cualquiera se desprecian y estas acumulaciones que son constante cometen el error, también puede venir por la manipulación de los instrumentos, el topógrafo que realiza las visualizaciones tiene en su vista unas dioptrías propias que produce ligeros desvíos angulares que producen errores y por último los derivados del método, que consiste en el emplazamiento de los instrumentos. En todos los casos son constante y reducidas por lo que se pueden compensar.

Equivocaciones, son aquellas derivadas de la utilización anómala de los instrumentos o de la aplicación incorrecta del método, o por descuidos del topógrafo al hacer sus anotaciones, estas siempre se deben subsanar repitiendo el trabajo en el campo.

10.4. DIBUJAR EL PLANO

Una vez calculada la espeleometría, podemos pasar a realizar el dibujo, por la que habrá que pasar por las siguientes fases:

- Construcción del esquema de poligonales y medidas auxiliares en un papel milimetrado a la escala adecuada. (Suele llamarse cangrejo).
- Dibujo sobre el papel milimetrado y apoyándose en el esquema topográfico el contorno de la cavidad utilizando los croquis de campo.
- Dibujo sobre el papel milimetrado, de la información del croquis de campo, utilizando la simbología convencional.
- Construcción de las secciones y alzados, siguiendo los mismos pasos.
- Dibujo en limpio del plano final, a ser posible en papel indeformables y copiativos.

En los planos debe figurar como mínimo:

- El N.m. y el año del levantamiento topográfico.
- Nombre de la cavidad y su sigla correspondiente si existiese.
- Grado de precisión BCRA.
- Escala gráfica.
- Desnivel máximo y las cotas más representativas, (+/- 0) imprescindible.
- Las cavidades horizontales se representaran en planta, con las secciones más representativas.
- Las cavidades verticales en alzado donde debe constar la cota +/- 0 y las cotas más representativas.

11. BIBLIOGRAFÍA

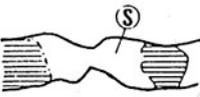
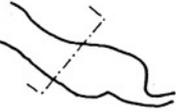
CANTOS LIEBANA, F.: *Curso de introducción a la espeleometría*. pp, 73. Sección Espeleológica Marbellí. Marbella (Málaga) 1987.

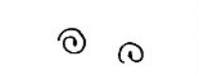
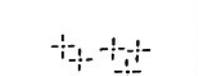
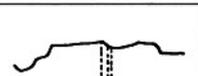
FERNANDEZ TABERA, M.: *Fundamentos de la Práctica Espeleológica. Nociones Generales de Topografía Espeleológica*, pp, 437-544. Federación Madrileña de Espeleología. Madrid 1987.

MARTINEZ I RIUS, A.: *Topografía espeleológica*. pp. 132. Federación Española de Espeleología. Barcelona. 1992.

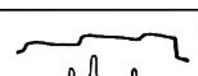
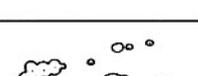
SIGNOS TOPOGRÁFICOS MÁS UTILIZADOS

HIDROGRAFÍA

HIDROGRAFÍA		SÍMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Curso permanente de agua.	Cursos de agua perennes con independencia del caudal.	Línea fina serpenteante continua con flechas indicando el sentido de la corriente.	
Curso temporal de agua.	Cursos de agua intermitente, torrentes, con independencia del caudal.	Línea fina serpenteante discontinua con flechas indicando el sentido de la corriente.	
Aguas rápidas	Masa de agua con movimiento aparente.	Líneas finas asimétricas en el sentido de la corriente.	
Aguas estáticas (lagos, charcos)	Masa de agua sin movimiento aparente.	Líneas finas horizontales y paralelas.	
Sifón	Galería sumergida permanentemente.	Letra "ese" mayúscula dentro de un círculo. En blanco todo su interior.	
Límite de sifón	Límite de la zona sumergida.	Líneas con trazado raya-punto/ raya-punto.	
Burbuja de aire en sifón	Cámara de aire en la bóveda de un sifón	Línea con trazado raya-punto/ raya-punto cerrada, más trama de líneas paralelas finas horizontales.	
Sifón inexplorado	Sifón con posibilidad de continuación sin explorar.	Línea con trazado raya-punto/ raya-punto, más signo de fin de interrogación.	
Zona sifonante	Límite de "zona vadosa" con riesgo de inundación esporádica.	Línea con trazado raya-punto/ raya-punto a través del exterior de la galería.	
Pérdida de agua	Pérdida total o parcial de caudal de agua.	Flecha ondulante apuntando hacia el exterior	

SÍMBOLOS HIDROGRÁFICOS		SÍMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Aporte de agua	Aporte total o parcial del caudal de agua.	Flecha ondulada apuntando hacia el interior	
Cascadas	Salto de un curso de agua por un escarpe.	Líneas finas asimétricas en el sentido de la corriente más signo de escarpe, espacio en el blanco y continuación de la corriente.	
Marmitas de gigante	Morfología en forma de olla tallada en la roca por efecto de la erosión del agua, en el lecho de un cauce, de tamaño métrico.	Espiral con flecha en el interior.	
Zona de goteo intenso	Lluvia discontinua, con aportes totales de agua significativos. (en planta)	Punto con líneas finas en cruz.	
	(en alzado)	Línea fina de puntos y "uve" en la base.	

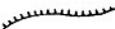
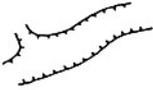
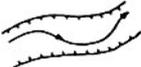
MORFOLOGÍA

SÍMBOLOS MORFOLÓGICOS		SÍMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Estalactitas	Relleno litoquímico que pende de la bóveda ó de las paredes de una cavidad. (En planta, no se representan) En proyección (las vistas por detrás de la línea de sección).	Líneas de contorno finas.	
	(En planta no se representan). En sección (las cortadas por la línea de sección).	Rellenas en negro.	
Estalagmitas	Relleno litoquímico que se deposita en el pavimento de forma vertical. En proyección (las vistas por detrás de la línea de sección).	Líneas de contorno finas.	
	En planta.	Planta: Líneas finas y punto de los vértices principales	
	En sección (las cortadas por la línea de sección).	Sección: rellenas en negro.	

SÍMBOLOS MORFOLÓGICOS		SÍMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Columna	Relleno litoquímico formado por la unión de una o más estalactitas con estalagmitas En proyección (las vistas por detrás de la línea de sección).	Líneas de contorno finas.	
	En planta (son cortadas todas siempre).	Rellenas de negro.	
	En Sección (las cortadas por la líneas de sección).	Rellenas de negro.	
Coladas	Depósitos litoquímicos continuos, adosados a las paredes de la cavidad, con forma de "cascada" En planta.	Líneas finas.	
	En sección	Líneas finas.	
Gours	Morfología en "bañera" o pequeña presa, originada por el depósito de un sedimento litoquímico pavimentario, con pendientes variables entre la horizontal (más pequeños) y casi la verticalidad (los de mayor tamaño) de forma escalonada y suelen estar llenas de agua.	Líneas finas; si tienen agua, incluir trama con líneas finas paralelas y horizontales.	
	En Sección	Líneas finas; si tienen agua, incluir trama con líneas finas paralelas y horizontales.	

SIGNOS EXTERIORES

SÍMBOLOS EXTERIORES		SÍMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Sumidero	Idem que el caso anterior, pero si la pérdida es temporal Pérdida de un curso temporal, por un conducto penetrable.	Círculo grueso relleno con una línea discontinuo y flecha en el sentido de la corriente.	
Surgencia	Manantiales kársticos no penetrables.	Círculo vacío, de pequeño tamaño, con una flecha en ángulo recto en la parte superior, apuntando hacia la derecha.	
	Manantiales kársticos penetrables y con surgencia perenne.	Círculo grueso con línea continua y flecha en el sentido de la corriente.	

SIMBOLOS EXTERIORES		SIMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Surgenia	Idem que el anterior, pero si la Surgenia es temporal.	Círculo grueso línea discontinua y flecha en el sentido de la corriente.	
Abrigo	Concavidad ó pequeña cavidad natural, situada bajo una visera rocosa en la que habitualmente no se alcanza en su interior la oscuridad absoluta durante el día.	Semicírculo, abierto en su base, con aletas exteriores equivalentes en longitud al radio del semicírculo	
Cueva	Cavidad natural, accesible por el hombre en la que a pleno día, a partir de un punto, reina la oscuridad, con recorrido predominante horizontal. Esta denominación se suele aplicar a la BOCA de la cavidad, y en ese punto es donde se situará el pictograma.	Semicírculo cerrado en su base, con aletas exteriores equivalentes en longitud al radio del semicírculo.	
Sima	Cavidad natural accesible por el hombre con desarrollo predominante vertical.	Semicírculo cerrado en su base, con aletas exteriores equivalentes en longitud al radio del semicírculo y una flecha descendente desde el centro del semicírculo, con la misma longitud del radio.	
Cavidad Artificial	Cavidad no natural, realizada por la mano del hombre. Quedan englobadas cavidades como: minas, túneles, redes de saneamiento, cuevas-viviendas, iglesias rupestres, canteras subterráneas, etc...	Cuadrado abierto por su base con aletas equivalente a la mitad de su base.	
Línea de Escarpe	Línea que refleja una cortadura o cambio de pendiente brusco en la topografía Borde superior de una zona abrupta.	Línea fina, con rayas perpendiculares equidistantes apuntando en el sentido de la pendiente.	
Cañón	Desfiladero, garganta, tajo, paso estrecho y abrupto entre montañas que, generalmente, es el cauce de un río.	Dos líneas enfrentadas con rayas paralelas equidistantes apuntando en el sentido de las pendientes.	
	Idem que lo anterior, cuando se tiene constancia de que existe un curso activo perenne.	Línea fina continua y serpenteante con flechas indicando el sentido de la corriente.	
	Idem que la primera, si se conoce que el curso es temporal.	Línea fina discontinua y serpenteante con flechas indicando el sentido de la corriente.	

TOPOGRAFÍA

SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS		SÍMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Galería inexplorada	Galería penetrable no explorada.	Signo de fin de interrogación.	

SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS		SÍMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Continuación impenetrable	Galería con continuación no penetrable, por medios "normales" (sin desobstrucción).	Línea discontinua.	
Lateral impenetrable	Flanco no penetrable o no accesible, con silueta estimativa. Se utiliza también para los techos no accesibles.	Línea discontinua.	
Curvas de nivel con indicación de pendiente	Líneas que indican el relieve del suelo y flecha que señala el sentido de la pendiente.	Líneas finas y flechas.	
Escarpe, resalte	Línea que refleja una cortadura brusca en la cavidad; inciden en una misma línea diferentes curvas de nivel.	Línea fina, con rayas perpendiculares equidistantes apuntando en el sentido de la pendiente.	
Roca madre	Macizo de roca del material en que se desarrolla la cavidad circunscrito entre galerías o en el interior de una de ellas. Roca "in situ".	Tramado con línea fina a 45°.	
Piso superior	Planta superior con respecto a la galería principal.	Líneas de puntos.	
Piso normal	Planta correspondiente a la galería principal.	Líneas continuas.	
Piso inferior	Planta inferior con respecto a la galería principal.	Líneas discontinuas.	
Proyección del labio superior de la entrada	Proyección del labio superior en la entrada, sobre la planta.	Línea de puntos.	
Proyección de boca de entrada	Proyección de la boca de una sima superior sobre la planta.	Línea de puntos cerrada.	
Pozo	Sima interior, conducto vertical (en planta).	Línea fina cerrada, con rayas perpendiculares hacia adentro.	
Puente de roca	Arco o puente de roca representado en planta. Dependiendo según por donde se realice el paso más frecuente: Inferior (se pasa por arriba)	Líneas discontinuas.	

SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS		SÍMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Puente de roca	Superior (se pasa por abajo).	Líneas de puntos.	
Cruce de galerías	Superposición de diferentes galerías con respecto a la principal. Superior (La principal pasa por abajo).	Líneas de puntos.	
	Inferior (La principal pasa por arriba).	Líneas discontinuas.	
Chimenea	Conducto vertical ascendente (en planta).	Línea de puntos cerrada, con rayas perpendiculares por el exterior.	

SEDIMENTACIÓN

SÍMBOLOS SEDIMENTOLÓGICOS		SÍMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Bloques	Fragmentos grandes de roca sin desgastar, de formas angulares, normalmente generados por procesos clásticos.	Cantos angulosos con líneas de volumen, tamaño grande.	
	Fragmentos de roca de formas suaves, erosionados por la acción mecánica del agua u otros agentes.	Cantos redondos, tamaño grande.	
Cantos angulosos	Trozos pequeños de roca sin evidencias de erosión intensa.	Cantos angulosos, tamaño pequeño.	
Cantos redondeados	Material rodado por la acción fluvial, de tamaño mayor de 2 milímetros de diámetro	Cantos redondeados, tamaño pequeño.	
Arena	Sedimento detrítico, formado por un conjunto de granos sueltos, con un tamaño medio comprendido entre 1/16 a 2 milímetros de diámetro	Trama de puntos	
Arcilla	Sedimento detrítico, formado por fragmentos no consolidados de tamaño predominante entre 1/256 mm y 1/16 mm.	Trama de líneas discontinuas.	

SÍMBOLOS SEDIMENTOLÓGICOS		SÍMBOLOS CONVENCIONALES ADOPTADOS POR LA E.E. DE LA F.E.E.	
A REPRESENTAR	CONCEPTO	DESCRIPCIÓN DEL SÍMBOLO	PICTOGRAMA
Limo	Sedimento detrítico fino, habitualmente plástico y untuoso al tacto, con un tamaño de grano inferior a 1/256 mm de diámetro.	Trama raya-punto.	
Cono de derrubios, abanico	Cuerpo sedimentario formado por acumulación de los materiales a la salida de un canal al pie de un escarpe, en forma de abanico cuyo vértice arranca de la salida del canal.	Líneas finas discontinuas en abanico soportando el tipo de material.	
Nieve	Cristales hexagonales de hielo, con estructura en el suelo de tipo esponjoso cuando está recién caída.	Trama de espas.	
Hielo	Material formado por compactación de la nieve o congelación del agua.	Trama de asteriscos.	
Guano	Excremento de murciélagos en particular, en general, para el excremento de todo tipo de aves y mamíferos voladores, en grandes cantidades.	Trama de "uves" abiertas.	
Formaciones de hielo	Cuerpos o figuras geométricas construidas por hielo.	Línea fina de contorno, símbolo del asterisco en el interior. (En cualquiera de las formas en que se presenten).	

ROCAS

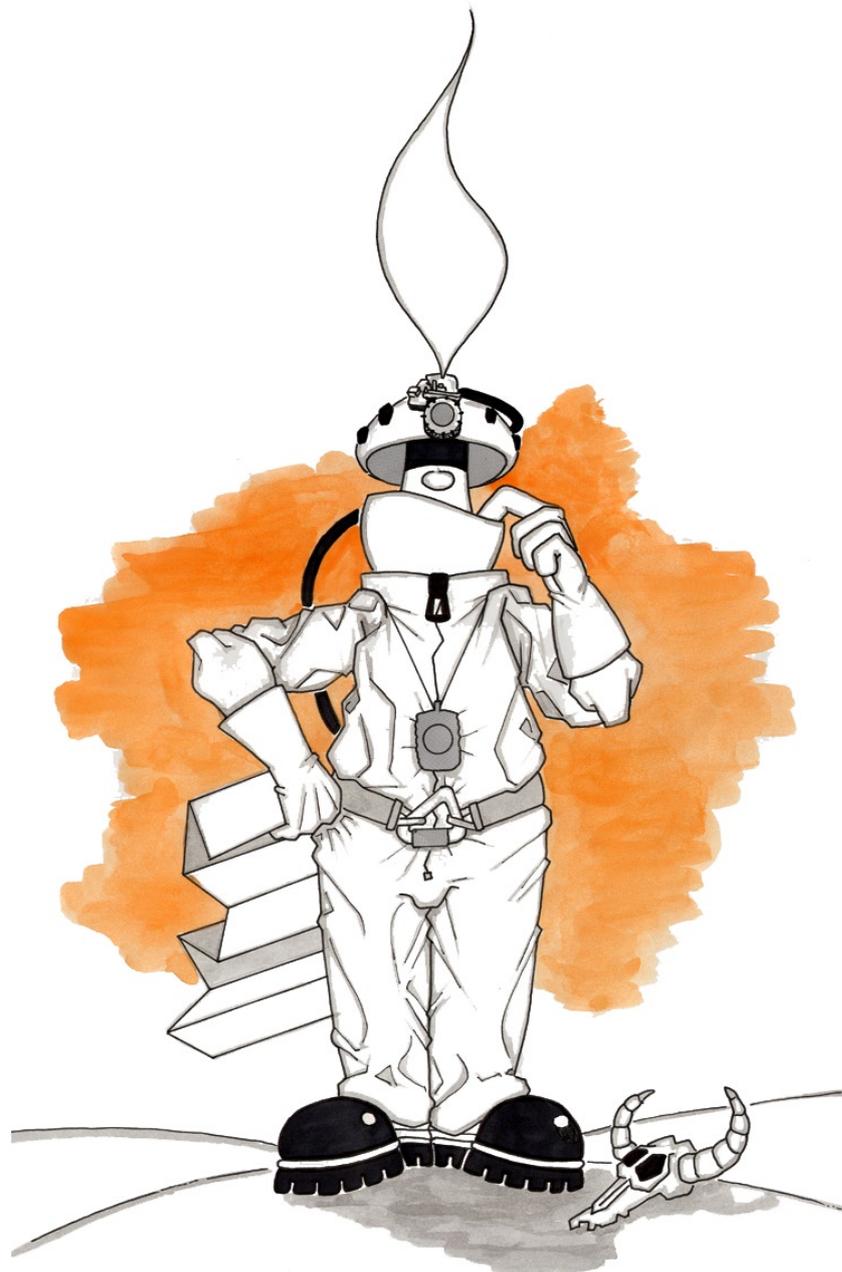
	Caliza		Margas		Arena gruesa		Sales
	Caliza masiva		Margas arenosas		Arena media		Yesos
	Caliza tableada		Dolomia		Arena fina		Carbón
	Caliza espática		Caliza dolomítica		Cuarzita		Rocas metamórficas
	Caliza arenosa		Dolomia margosa		Arcillas pizarras		Rocas volcánicas
	Caliza margosa		Dolomia arenosa		Limos arcillosos		Rocas plutónicas
	Alternancias de calizas y margas		Brecha		Limos		
	Margas calcáreas		Conglomerado		Limos arenosos		



Técnica y formación en Espeleología
FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

Federico Ramírez Trillo

CARTOGRAFÍA Y ORIENTACIÓN



1. ORIENTACIÓN

No podemos asegurar si lo que se denomina como sentido de la orientación, es una cualidad innata en ciertas personas o más bien es adquirida, y mucho menos, si la practica puede desarrollarla. Algunas personas intuitivamente saben que dirección tomar para desplazarse de un lugar a otro, mientras que otras son incapaces de orientarse dentro de una casa con cuatro habitaciones.

Se dice que si una persona es capaz de materializar la dirección Norte-Sur, ésta es una persona orientada. Lo que sí es cierto, es que la naturaleza nos rodea de signos y datos orientadores. Hay que practicar con estos signos hasta conseguir que la mente los asimile inconscientemente y así poder educar el sentido de la orientación, aún cuando éste sea artificial. A su interpretación vamos a dedicar parte de este capítulo.

1.1. LOS PUNTOS CARDINALES

Las personas que salgan a la montaña, bien en solitario o en grupo además de poseer la experiencia normal y tener los conocimientos suficientes sobre la montaña, deben saber ORIENTARSE, es decir, deben ser capaz de establecer en todo momento, la dirección en la que se encuentran los puntos cardinales, el lugar donde se halla y cuál es la dirección que debe seguir para llegar a su destino.

Algunos animales poseen un misterioso e instintivo sentido de la orientación, que la ciencia no llega todavía a explicar y que les permite llegar a lugares distantes y previamente establecidos con absoluta precisión, aunque tengan que seguir unos recorridos llenos de obstáculos y sufran desvíos imprevistos.

El hombre, a pesar de tener un cierto sentido natural de la orientación, ha necesitado recurrir, para orientarse con precisión, a su inteligencia y preparación, su agudo espíritu de observación y, principalmente en la montaña, a una serie de instrumentos adecuados que toda persona relacionada con los deportes de montaña, debe llevar siempre en su mochila. Es indispensable, para poder orientarse, conocer y saber determinar los llamados puntos cardinales:



Rosa de los vientos

- El Norte, Septentrión o Medianoche, es la dirección en la que se encuentra el eje de rotación de la Tierra, y está a la espalda del observador puesto de cara al Sol, al mediodía astronómico.

- El Este, también llamado Levante u Oriente, indica la dirección en la que sale el Sol durante los equinoccios de Primavera, 21 de Marzo y de Otoño, 21 de Septiembre.

- El Oeste, Occidente o Poniente, se encuentra en la dirección en que el Sol se pone los días de equinoccio.

- El Sur o Mediodía es la dirección en que se encuentra el Sol al mediodía astronómico, que puede diferir algo del mediodía legal.

De una manera convencional, el horizonte se subdivide en los cuatro puntos intermedios a los cardinales y que se denominan Nordeste (NE) o Grecale; Sudeste (SE) o Siroco; Sudoeste (SO) o Lebeche; Noroeste (NO) o Mistral. El espacio comprendido entre los puntos cardinales se denomina cuadrante; el primer cuadrante es el comprendido entre el Norte y el Este, el segundo entre el Este y el Sur, el tercero entre el Sur y el Oeste, y el cuarto entre el Oeste y el Norte.

La representación gráfica de los cuatro puntos cardinales y sus subdivisiones recibe el nombre de *Rosa de los Vientos*.

1.2. ORIENTACIÓN POR MEDIO DEL SOL

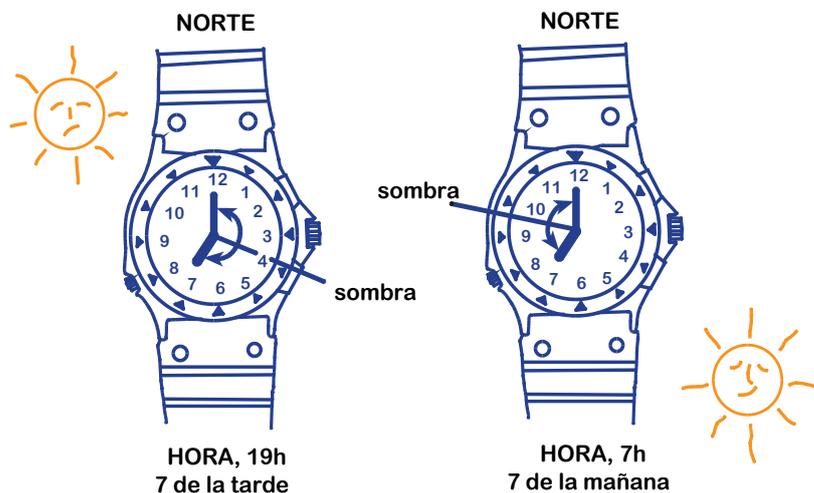
En nuestro hemisferio (Boreal), si a mediodía nos ponemos de espaldas al Sol, tendremos: al frente el Norte, a la derecha el Este, y a la izquierda el Oeste. Por consiguiente, paredes, crestas, torrentes, etc., se citan siempre en función de la dirección en que se encuentre la espalda de quien los recorra ascendiendo.

Es cosa sabida que el Sol se encuentra, aproximadamente, a las 6 de la mañana en el Este, a mediodía al Sur, y a las 6 de la tarde al Oeste. Estos datos del todo no son ciertos, pero para una orientación expedita podemos aceptarlos así.

Para un mejor conocimiento, la hora meridiana habrá que corregirla con un coeficiente "C" según la fecha de observación, pero hay que insistir que estamos hablando de procedimientos expeditos. Hay que tener en cuenta que siempre que hablemos de la hora nos referiremos a la hora universal U.T. ó *Universal Time*. En estos momentos en nuestra Península, se lleva un horario especial en el que la hora oficial está modificada con relación a la época del año en la que nos encontramos y está adoptada por norma en la Comunidad Europea.

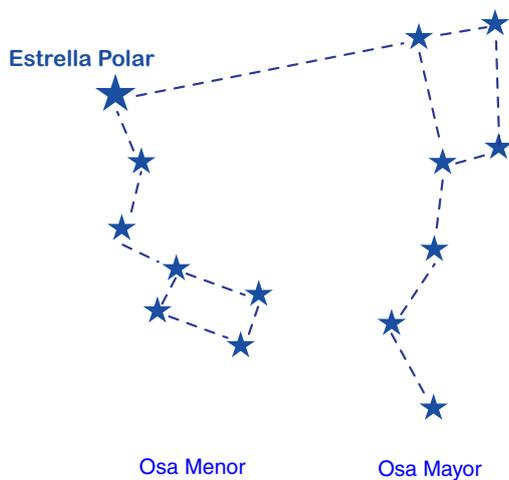
Existe un método muy simple y fácil para determinar los puntos cardinales a cualquier hora, pues basta con llevar un reloj vulgar y corriente "de esos de agujas", no digital.

Durante 12 horas, desde las 6 en que está al Este, hasta las 18 que se encuentra al Oeste, el Sol recorre un semicírculo (o lo que es lo mismo 180°), mientras que las agujas del reloj describen una vuelta completa (o sea un ángulo de 360°). De ello se deduce que, mientras el Sol se desplaza a una velocidad horaria de 15° ($180^\circ / 12$), la de las agujas es de 30° ($360^\circ / 12$), es decir recorren a igualdad de tiempo un ángulo doble al descrito por el Sol. Si ponemos el reloj horizontal y colocamos verticalmente en su centro una pajuela, cerilla, palillo o cualquier otra cosa parecida, y hacemos girar el reloj hasta conseguir que la sombra producida por el palillo coincida con la bisectriz del ángulo formado por la aguja horaria con la dirección de las 12, la recta que une el centro del reloj con las 12 nos indicará la dirección del Norte.



Por la mañana, la sombra debe quedar en la bisectriz comprendida entre las 12 y la hora que indique el reloj, mientras que por la tarde la sombra debe estar en la bisectriz del ángulo comprendido entre la hora que marque el reloj y las 12 (contando siempre los ángulos en el sentido de giro de las agujas de del reloj).

1.3. ORIENTACIÓN POR MEDIO DE LA ESTRELLA POLAR



De noche y con el cielo estrellado, nos podemos orientar por medio de la Estrella Polar. Esta estrella se encuentra en dirección Norte en el Hemisferio Boreal, que es el nuestro, y forma parte de la constelación de la Osa Menor o Carro Pequeño. Para conocerla, es mucho más fácil encontrar en primer lugar la Osa Mayor o Carro Grande, que está formado por siete estrellas muy luminosas y que, por consiguiente, es fácilmente visible. La Estrella Polar es la última del brazo del Carro Pequeño y se encuentra en la prolongación de la línea imaginaria que une las dos últimas estrellas del Carro Grande y una distancia aparente de cuatro o cinco veces la separación entre dichas dos estrellas.

Hay que tener presente que, durante el transcurso de la noche y a lo largo de todo el año, ambas constelaciones giran alrededor de la Estrella Polar, pero no obstante permanece inmutable la posición de las estrellas que las integran.

1.4. ORIENTACIÓN POR OBSERVACIÓN DEL TERRENO

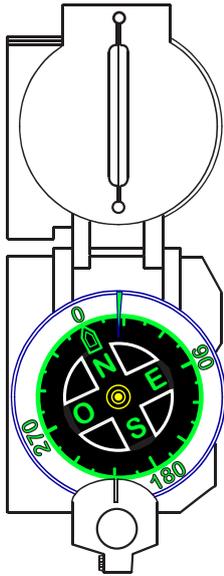
Cuando no sea posible utilizar cualquier método de los antes citados, como le puede ocurrir a quien carezca de brújula y de noche el cielo esté cubierto y de día haya niebla, es necesario el uso de todos aquellos pequeños indicios que la práctica nos puede proporcionar, si observamos con atención. Sin embargo, si uno no está habituado a fijarse y retener en su mente todos los detalles y características del suelo, es muy probable que el intentar orientarse se convierta en un problema muy difícil y de solución casi imposible.

El musgo que se forma en los árboles o en las rocas, el suelo más húmedo y cubierto de vegetación, el mayor espesor de la nieve y que llega hasta una cota más baja, la mayor abundancia de hielo, los círculos concéntricos de los tocones de los árboles cortados, que están más juntos en la dirección Norte, son unas pistas excelentes para indicar dónde está el Norte. Lo mismo puede decirse de las rocas y zonas más peladas de la vertiente Sur, las hormigas hacen la boca de sus hormigueros mirando hacia el Sur, la mayor abundancia de matorrales en las vertientes Este y Oeste, de los límites de vegetación de praderas y pastoreo, generalmente de mayor existencia en el Norte que en el Sur; constituyen unos levísimos indicios muy inseguros, pero si los unimos a otros pueden ser de un valor aceptable. De mayor utilidad práctica son los datos que se posea, bien sea por haber estado allí en anteriores ocasiones o bien por estar perfectamente informados del terreno que se va a pisar: un peñasco característico, un arroyo, un sendero o cualquier otra obra de la mano del hombre, la inclinación de una ladera, etc.

Con esto hemos citado aquí algunos de los indicios que, debidamente valorados, pueden ayudar a determinar el lugar donde nos encontramos.

1.5. ORIENTACIÓN POR MEDIO DE LA BRÚJULA

La brújula, ese instrumento de todos conocido y cuyo descubrimiento probablemente fue realizado por los Chinos en una fecha perdida en la noche de los tiempos, fue utilizado y perfeccionado por los navegantes. Está fundada en las propiedades de una aguja magnética apoyada sobre una púa de tal manera que



puede girar libremente sobre un plano horizontal e indicar; en cualquier lugar de la Tierra, la dirección Norte-Sur.

Tiene la forma de un reloj en cuya esfera aparece dibujada la “Rosa de los Vientos” y está dividida en 360°, coincidiendo el 0° con el Norte. Normalmente, la aguja tiene una extremidad blanca y otra azul; ésta última es la que señala al Norte.

Es muy importante saber que la dirección indicada por la aguja no es precisamente el Norte Geográfico, o sea la dirección del meridiano sobre el que nos encontramos, sino el Norte Magnético que, respecto al primero, se encuentra desplazado un poco hacia el Oeste. La diferencia, es decir, el valor angular entre el Norte Geográfico y el Norte Magnético, se denomina “Declinación Magnética”. La Declinación Magnética no es constante para toda la superficie terrestre, sino que varía de acuerdo con el lugar. Estos valores sufren unas ligeras variaciones de periodicidad diaria y estacional. La Declinación Magnética varía anualmente de una forma considerable. Es frecuente que la propia brújula lleve trazado el valor de la Declinación Magnética.

1.5.1. La brújula

En su forma más sencilla, y como hemos explicado anteriormente, consiste en una aguja de acero imantada y suspendida dentro de una caja donde puede girar libremente y por tanto orientarse y marcar hacia el Norte Magnético. La caja puede ser de metal o de plástico. Suelen llevar un limbo o círculo graduado en grados sexagesimales. Algunas brújulas llevan incorporado un eclímetro o clisímetro para medir pendientes. Y según los modelos, las brújulas pueden incorporar algunos de los siguientes accesorios y variaciones.

Sistema amortiguador. Para evitar que la aguja tarde en estabilizarse, se les suele incorporar algún dispositivo amortiguador, que frecuentemente consiste en ir sumergida en un líquido de características y densidad apropiadas. Un freno de aguja para evitar desplazamientos bruscos de la misma, que podría dañar su sistema de suspensión mientras se transporta la brújula.

Un nivel. Para indicar cuando la brújula se encuentra en posición horizontal, puesto que su funcionamiento óptimo requiere que la brújula se encuentre en posición horizontal. Algunos modelos llevan un dispositivo de mira que sólo permiten la lectura con el instrumento en horizontal.

Aliada o mira. Frecuentemente consiste en una ranura que debe hacerse coincidir con un pelillo metálico que a su vez queda enfilado con el punto a visar.

Espejo. Consiste en un espejo o superficie metálica pulida que permite observar el limbo mientras se hace uso de la aliada.

1.5.2. La utilización de la brújula

Ya hemos explicado el manejo de la brújula para determinar los puntos cardinales y para orientarnos; ahora nos toca hablar de su utilidad durante la marcha, para llevar en todo momento el control de la dirección que seguimos. Para ello, se venden en los comercios especializados una brújulas de muñeca, de aspecto parecido al de los relojes, en las que es muy sencillo realizar su lectura en cualquier momento. Sin embargo, para la comprobación rigurosa y efectiva de la marcha, existe la “aguja azimutal”, gracias a la cual es posible determinar sobre la carta un itinerario y luego seguirlo fielmente en la realidad. Basta con descomponer el itinerario topográfico en varios recorridos rectilíneos y que cada uno de ellos quede perfectamente definido por:

- Los puntos naturales de la zona que delimiten los extremos de cada recorrido.
- La distancia entre dos extremos del recorrido considerado.
- Su desnivel, y por consiguiente por la pendiente del suelo en el recorrido considerado.

Esta brújula, de la que existen diversos modelos, además de señalar el Norte como todas, puede dar el ángulo que forma la dirección de la marcha con el Norte, es decir, puede indicar directamente el rumbo, al igual que las utilizadas por los marinos y aviadores.

Se diferencia de las brújulas comunes, entre otras cosas, porque:

1. El sector que lleva marcada la “ Rosa de los Vientos “ es giratorio.
2. Por lo menos uno de los lados de la caja están graduados en milímetros, y éste puede ser empleado para medir distancias en la carta.
3. Lleva una mira fija que permite dirigir visuales paralelamente al lado graduado.
4. Lleva un espejo abatible de forma que se pueda, llevando la brújula a la altura del ojo, dirigir la visual por la mira y ver en el espejo la dirección que indica la aguja.
5. Hay una flecha bien visible y dispuesta paralelamente a la mira de modo que señala, sin posibilidad de error, la dirección de la marcha.

Para determinar el camino a seguir para llegar a un punto determinado, hay que:

1. Acercarse la brújula al ojo y regular el espejo de tal forma que veamos en él la imagen reflejada del sector graduado.
2. Dirigir una visual por la mira hacia el punto de llegada o hacia la dirección previamente establecida, manteniendo la brújula horizontal de tal manera que la aguja, tras oscilar libremente, se detenga apuntando al Norte.
3. Una vez que se detenga la aguja, haremos girar el sector graduado hasta que el índice de la declinación magnética coincida con la dirección de la aguja, lo que se aprecia con el espejo.

Una vez hecho esto, la brújula no sólo indicará el meridiano N-S y los puntos cardinales, sino que la graduación nos dará el ángulo que forma la dirección de la marcha con respecto al Norte. Sin modificar la posición del sector graduado, podremos cerrar y graduar la brújula; en cualquier momento será factible comprobar si la dirección que seguimos es la que hemos determinado previamente o si por el contrario, nos hemos desviado hacia la derecha o la izquierda, en cuyo caso corregiremos el error que hayamos cometido. Un índice fijo adecuado nos señala en la graduación el valor del ángulo de rumbo; es preferible anotar este número y así evitaremos los inconvenientes que se pueden producir en el caso de modificar involuntariamente la posición del sector.

El mapa topográfico nos permite determinar la dirección a seguir aún cuando el punto de llegada no sea visible. Individualizados sobre la carta los puntos de situación y llegada, para determinar la dirección a seguir será preciso:

1. Hacer coincidir el lado graduado de la brújula con la línea que une ambos puntos en el mapa (la flecha de dirección debe señalar hacia el punto de llegada).
2. Girar la graduación de la brújula hasta que la línea E-W esté orientada con la del mapa (es decir, paralelamente a las inscripciones de la mayor parte de los nombres impresos, o sea, a lo largo de los paralelos).

3. Apartar la brújula del mapa y haciéndola girar con las manos, orientarla, es decir, hacer coincidir la aguja imantada con el índice de la declinación magnética sin modificar la posición del sector graduado; la flecha nos indica la dirección que debemos seguir para llegar al lugar deseado.

Todo esto es propio para hacerlo con calma. Sin embargo, es aconsejable que la persona se habitúe a llevar consigo y consulte con frecuencia, aún cuando se encuentre en un lugar conocido, no solamente el mapa topográfico, sino también la brújula; esto hará que se adquiera práctica y en caso de necesidad, valerse de estos métodos.

1.6. ORIENTACIÓN POR MEDIO DEL G.P.S.

El GPS son las siglas del *GLOBAL POSITIONING SYSTEM* o Sistema de Posicionamiento Global. Está basado en un conjunto de satélites desarrollados por el Departamento de Defensa de los EE.UU y la NASA. El sistema consta de 27 satélites de los cuales 3 están en reserva y los 24 restantes orbitan alrededor de la tierra dos veces al día a una altura de 20.000 Km.

Los receptores GPS utilizan estos satélites como puntos de referencia precisos para triangular su situación. Midiendo el tiempo de viaje de una señal de radio transmitida desde cada satélite al receptor, éste calcula la distancia que les separa. Midiendo la distancia a cuatro satélites como mínimo el receptor puede calcular su situación, su altitud y su velocidad de desplazamiento.

El sistema funciona en cualquier lugar de la Tierra, las veinticuatro horas del día, con cualquier tiempo atmosférico y tan rápido como es el estándar internacional para la navegación aérea.

Aunque el sistema fue ideado por motivos de defensa, hoy es utilizado por todos los medios comerciales de transporte, aviones, barcos y vehículos terrestres. Manejar un GPS, es muy sencillo y necesitamos tan sólo cuatro cosas:

1. El sistema de satélites.
2. Un receptor GPS comercial.
3. Una carta o mapa de la zona.
4. Un lápiz.

Una vez conectado el receptor GPS pulsamos sobre el botón " POS " de posicionamiento y al cabo de un minuto aparecerán en la pantalla las coordenadas de localización, bien sean éstas Geográficas o UTM según hayamos seleccionado éstas en el menú de configuración; también aparecerá en la pantalla la altitud, el número de satélites que intervienen en el cálculo y el grado de precisión de la medida.

Con los datos que nos aparecen en la pantalla, nos vamos a la carta o mapa y en el borde vertical que corresponde a un meridiano, buscamos por ejemplo: " N 37° 35' 28" de latitud. Trazamos una línea horizontal hasta encontrar la línea vertical trazada desde la Longitud " E 00° 59' 12" " y cuyos datos se encontrarán en los bordes horizontales. Allí donde se crucen se encontrará nuestra posición.

2. CARTOGRAFÍA

Desde las épocas más remotas, el hombre ha sentido la necesidad de representar en pequeñas dimensiones los aspectos de la superficie terrestre.

Las primeras representaciones cartográficas o mapas geográficos adolecían de falta de precisión y claridad en la representación del terreno. Hasta hace pocos siglos, las grandes distancias a recorrer, la falta de medios rápidos de transporte y la imperfecta y pueril técnica empleada para representar el relieve, constituían los obstáculos que no sólo impedían realizar una exacta representación de los continentes, sino también la de reducidas regiones, por lo que el antiguo cartógrafo tenía que suplir con su fantasía los verdaderos conocimientos geográficos.

2.1. EL MAPA TOPOGRÁFICO

Con el transcurso del tiempo y el incesante progreso experimentado por las ciencias y los medios de comunicación, han logrado que el trazado de los mapas se realice de forma cada vez más precisa y exacta, ya que desde fines del siglo XVIII, el mapa geográfico se convierte en un importante documento, indispensable para conocer la Tierra, y el digno fruto de una técnica cartográfica cada vez más avanzada.

En épocas más recientes, a consecuencia de los notables progresos realizados por la técnica en el campo de la determinación de los relieves topográficos, sobre todo gracias a la fotografía (principalmente aérea) y al conocimiento cada vez más exacto de la Tierra por los Satélites, la ciencia cartográfica ha alcanzado un elevado nivel de perfección y precisión, y los mapas topográficos se han convertido en un necesario complemento para toda persona relacionada con el medio.

Ya hemos visto anteriormente todo lo que hace referencia a los puntos cardinales; sin embargo, la determinación exacta del punto en que nos encontramos puede obtenerse, aún cuando estemos en una zona del todo desconocida, con la ayuda que nos proporciona un mapa topográfico.

En éste, una vez sepamos “leerlo”, o sea interpretar correctamente todos los símbolos e indicaciones, seremos capaces de reconocer y determinar las particularidades de la zona que vamos a recorrer.

“El mapa topográfico es un diseño que representa, por medio de signos convencionales y a escala reducida, todas las peculiaridades de una extensión dada de tierra.” Esta representación gráfica de una zona es exactamente igual a como la veríamos desde encima, (por ejemplo desde un avión) y verticalmente, es decir, en proyección.

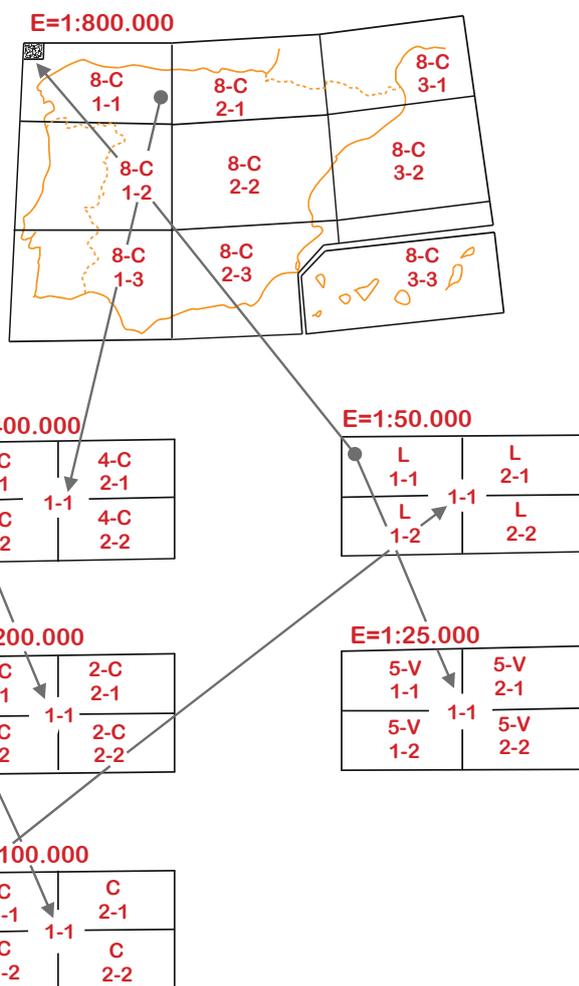
2.2. LA ESCALA

Como hemos dicho, la configuración de la Tierra se representa sobre la carta en proporción reducida. La relación existente entre una magnitud en la representación gráfica y su correspondiente en la realidad, se denomina “escala”. También se puede definir la escala de un mapa como la relación constante existente entre una distancia medida sobre el mapa (distancia gráfica) y su correspondiente medida sobre la Tierra (distancia natural), que no debe confundirse con la distancia real en la que se tiene en cuenta el desnivel; en topografía, cuando se habla de distancia se sobreentiende que es la natural. Por ejemplo, si medimos sobre el mapa la distancia de 0,01m (1 cm) y que corresponde a 500 m sobre la Tierra, la escala vendrá dada por la expresión (0,01/500); sin embargo, esta relación suele venir reducida a una fracción que tenga por numerador la unidad y por denominador la correspondiente distancia natural. En este caso, fracción 0,01/500 se convierte en 1/50.000 y se dice que el mapa está a la escala de uno es a cincuenta mil, entendiéndose que un metro medido sobre la carta corresponde a 50.000 metros medidos sobre la tierra, que 1 mm corresponde a 50.000 mm, etc. La escala es tanto mayor cuanto menor sea el denominador.

De acuerdo con las escalas, el Servicio Geográfico del Ejército y el Instituto Geográfico Nacional (IGN), tienen publicada y suponemos que seguirán publicando, una amplia cartografía, la cual, y con muy buen criterio, y según lo dispuesto en el Decreto N°.2992/68." En beneficio de la utilidad pública... será de libre difusión." Para nosotros, su característica más útil es la presencia del cuadrículado de coordenadas rectangulares (el cual facilita en gran medida la determinación de puntos sobre el terreno y la estimación rápida de distancias reducidas) y los datos de declinación magnética, que posibilitan un uso adecuado de la brújula. Ambas características no son frecuentes en otros tipos de mapas. A ello hay que sumarle una buena calidad del papel empleado, una excelente impresión a siete colores y un precio asequible para nuestro bolsillo. Según la escala, las hojas topográficas se dividen en:

- Mapas generales: Los de escalas 1:800.000, 1:400.000, 1:200.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000.
- Mapas locales: Los de escalas 1: 10.000 y 1: 5.000.

Esta correlación entre escalas, permite que cada cuadrante de un mapa señale la superficie comprendida en el mapa de escala inmediatamente superior. Así, si tomamos un mapa de Escala 1:800.000 y lo dividimos en cuatro partes, según su meridiano y paralelo central, cada una de esas cuatro partes es precisamente la superficie que comprenderá cada uno de los cuatro mapas de escala 1:400.000 que abarcan el mismo territorio. Si a su vez tomamos un mapa de E 1:400.000 y lo dividimos en cuatro partes, cada una de esas cuatro partes coincidirá con la superficie representada en el mapa 1:200.000 correspondiente, y así sucesivamente hasta la escala 1:25.000. Los mapas locales de 1:10.000 siguen la misma pauta en relación con los de 1:5.000. Para la identificación de todos los mapas, se recurre a dos sistemas de designación:



Una designación nominal, que coincide con el nombre del núcleo de población más importante contenido en la hoja, y si no la hubiera, el del accidente más característico del terreno. Una designación numérica que podemos interpretar así:

a. Un indicativo de escala, para evitar confusión entre hojas de igual designación y diferentes escalas. La relación de indicativos es la siguiente:

8C	para E 1:800.000
4C	para E 1:400.000
2C	para E 1:200.000
C	para E 1:100.000
L	para E 1:50.000
5V	para E 1:25.000
2V	para E 1:10.000
V	para E 1:5.000

b. Un número de una o dos cifras que indicará la columna a la que pertenece.

c. Un número de una o dos cifras que indicará la fila a la que pertenece.

d. Excepción a esto, son los mapas locales.

e. Los de Escala 1:50.000 llevan además, entre paréntesis, un número que coincide con la relación numérica de la hoja correspondiente del mapa topográfico nacional E 1:50.000 del Instituto Geográfico.

Para solicitar por tanto una hoja por medio de su designación nominal, bastará con indicar el nombre de su población más importante y su serie. Por ejemplo: "Cartagena" serie L, corresponderá a la hoja que incluye Cartagena como población más importante y a escala 1: 50.000.

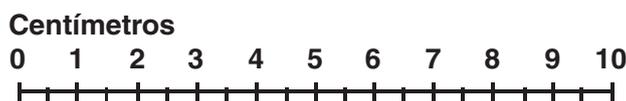
Para solicitar una hoja por medio de su designación numérica, conviene saber que a estos efectos, el territorio nacional se encuentra dividido en columnas o franjas verticales, y en filas o franjas horizontales. La intersección de una fila con una columna, origina un territorio rectangular que delimita la zona representada en la hoja correspondiente.

Por ejemplo, para la serie 8C (escala 1:800.000) existen tres columnas, numeradas de izquierda a derecha correlativamente (1, 2, 3) y tres filas numeradas correlativamente de arriba a abajo (1, 2, 3). El territorio de la casilla superior izquierda, estará representado en la hoja 8C 1-1, etc.

Como hemos dicho anteriormente, en el centro del margen superior, los mapas topográficos llevan el título que corresponde, casi siempre, al nombre de la localidad más importante representada en ella, o algunas veces del monte, como a menudo sucede en algunas hojas. En el margen inferior se indica la escala, la escala gráfica y los signos convencionales.

La escala gráfica, es una recta dividida en partes iguales, cada una de las cuales equivale a una unidad dada de medida (Kilómetro, Hectómetro); los segmentos de dichas rectas representan las distintas gráficas correspondientes a las distancias naturales.

ESCALA = 1: 25.000 (1 cm = 250 m)



Es muy útil que en todo momento sepamos la equivalencia de metros de distancia por un mm gráfico (es decir, de la carta). Esto se obtiene muy fácilmente separando por medio de una columna las tres últimas cifras del denominador de la escala. Por ejemplo:

Escala 1: 25.000, 1 mm gráfico = 25 m en la realidad.

Escala 1: 50.000, 1 mm gráfico = 50 m en la realidad.

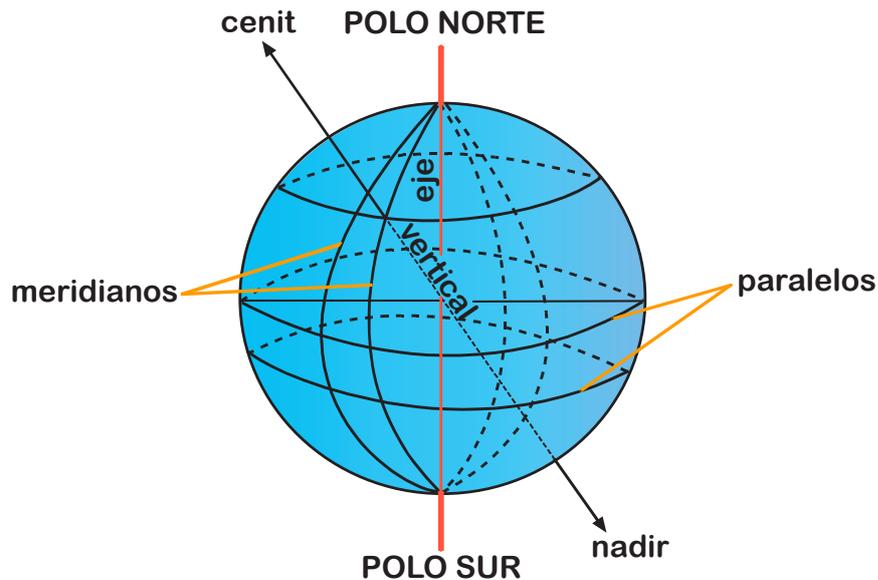
Escala 1: 100.000, 1 mm gráfico = 100 m en la realidad.

2.3. ELEMENTOS GEOGRÁFICOS

La verdadera forma de la Tierra es denominada Geoide, aunque dada su irregularidad, para cálculos se sustituye por una figura entre la esfera y el geoide, denominada Elipsoide de referencia. El elipsoide de referencia es una esfera achatada por los polos, de tal forma que el radio polar se considera de 6.356.912 metros y el radio ecuatorial en 6.378.388 metros. Todas estas cuestiones las estudia la Geodesia.

2.3.1. Paralelos y meridianos

De modo convencional, a la Tierra se la supone atravesada por un eje sobre el que efectúa sus movimientos de rotación, y a los puntos por donde dicho eje atraviesa la Tierra se les denomina Polo Norte, y Polo Sur. Si en cada punto de la superficie terrestre trazamos un plano de corte perpendicular a la dirección de la gravedad, quedará definido el geode, y si prolongamos hacia afuera dicha dirección de la gravedad, tendremos el cenit de cada punto. La línea imaginaria que une el cenit con el centro de la Tierra, será la vertical del punto. Geográficamente, se considera que el eje terrestre es cortado perpendicularmente por planos, los cuales determinan en su intersección con la superficie los paralelos, y éstos a su vez son cortados perpendicularmente por otros planos que determinan los meridianos.



Las cartas topográficas, además de los accidentes del terreno, llevan un retículo de líneas que corresponden a los paralelos y meridianos.

Los paralelos son circunferencias imaginarias que se obtienen cortando en "rebanadas" paralelas la Tierra, y perpendiculares a su eje de giro. Sobre ellos se determina la situación de un punto midiendo en grados y submúltiplos de grado su distancia al Ecuador. Los meridianos constituyen generalmente las líneas verticales del retículo y se obtienen imaginando que se corta la Tierra a "gajos", de forma que los planos de sección pasen por el eje. También están numerados en grados y submúltiplos de grado con referencia a su distancia angular a un meridiano que se toma como meridiano base u origen, en nuestro caso es el meridiano 0 o Greenwich. Las coordenadas geográficas de un punto establecen inequívocamente la situación; sin embargo, es necesario precisar en cada caso si se trata de latitud Norte o Sur y de longitud Este u Oeste.

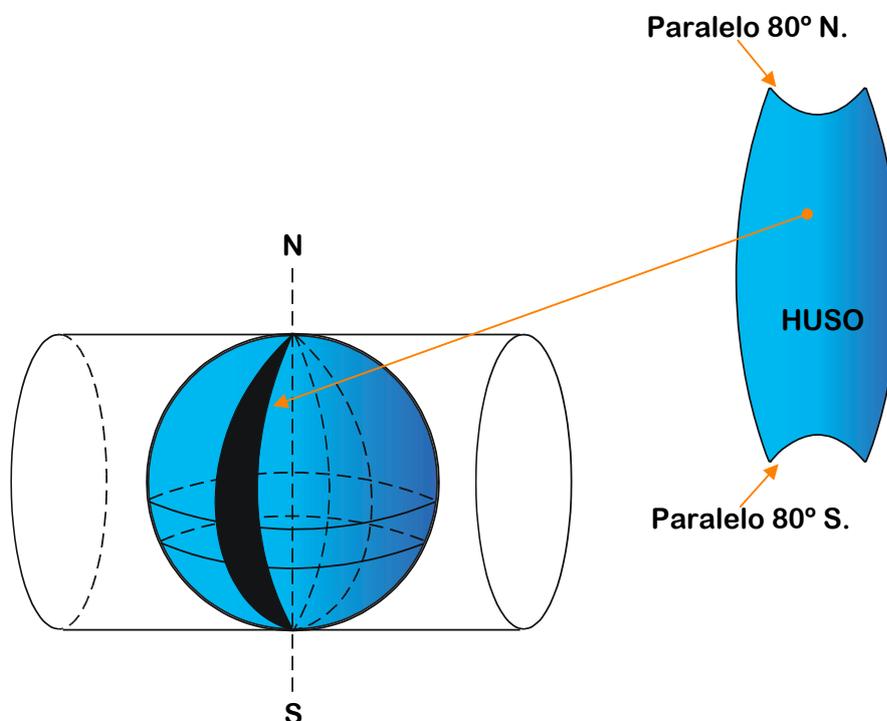
2.4. REPRESENTACIÓN DEL TERRENO

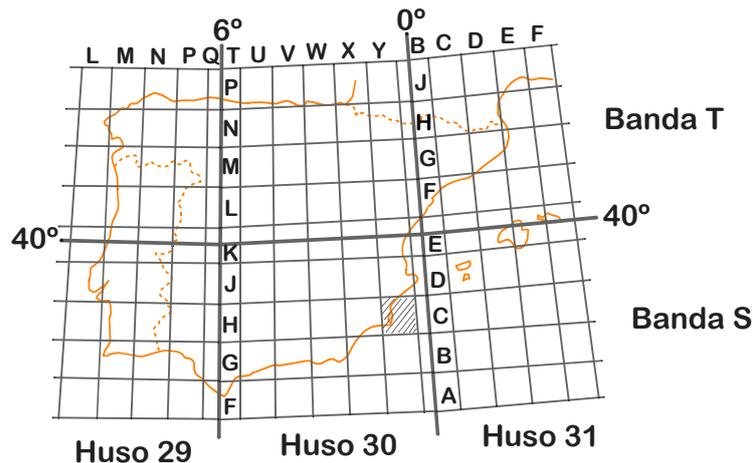
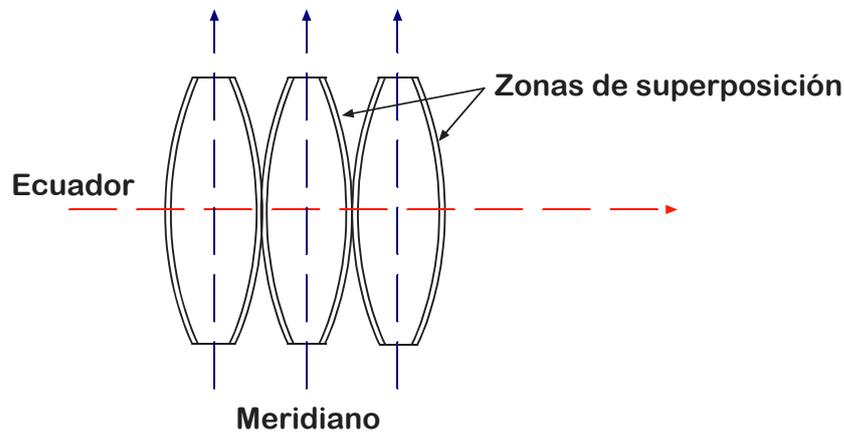
Una buena forma de representar la Tierra y para hacerse una idea clara y precisa de la misma es la del Globo Terráqueo, es decir, una esfera o un geode de cualquier material apropiado, sobre el que, con ayuda de dibujos e incluso de relieves, se representan lo más fielmente posible sus accidentes geográficos. Pero el globo terráqueo tiene muchas limitaciones, y entre ellas no es de las menos importantes la de la escala. En otras palabras, por grande que sea el globo, las reducciones que hay que aplicar a los accidentes geográficos para que quepan en él, es tan grande que se pierde todo detalle. Para solucionar

este problema, se recurre a las proyecciones. Entendemos en este caso por proyección el llevar a una superficie plana lo que originalmente se encuentra en una superficie curva, o de una manera más gráfica, supongamos un globo terráqueo, en cuyo interior encendemos una potente bombilla: sobre la superficie de las paredes que lo rodeen, se proyectarán, como ocurre con un proyector cinematográfico, todos los detalles que se encuentren dibujados sobre la superficie del globo, y si bien existieran importantes deformaciones, al menos lo contenido en la esfera estará ya transferido a las superficies planas. Para reducir las deformaciones a límites prácticos, existen muchas soluciones, adoptándose una u otra según el uso que se vaya a hacer de los mapas resultantes.

2.4.1. La proyección y coordenadas U.T.M.

En lo que a nosotros nos concierne, nos basta saber que la proyección U.T.M. es una proyección cilíndrica. Para explicarlo mejor, volvamos al ejemplo del globo transparente y envolvámoslo en un cilindro de papel: al encender la luz, lo dibujado sobre la esfera quedará proyectado sobre el mencionado cilindro. Sin embargo, para la proyección U.T.M. (y eso es lo que significa transversa) el cilindro está colocado transversalmente al eje de la Tierra y sólo se proyecta una zona de la Tierra, precisamente la que está colocada más cerca del cilindro. A la zona que se proyecta se denomina Huso y para proyectar la totalidad de la Tierra se necesitan 60 husos. Los husos así, tienen una amplitud de 6° de ancho (de paralelo) y son precisos tres husos (el 29, 30 y 31) para cubrir la España Peninsular. Como cada huso tiene su propia cuadrícula cartesiana, para relacionar dos zonas contiguas de dos husos diferentes, existen unas zonas de superposición en los bordes de cada huso. Por otra parte, y como también puede observarse en la figura, las deformaciones de la proyección son más acusadas cuanto más lejos está el punto del Ecuador, y serían más grandes cercanas a los polos, por lo que los husos quedan cortados a la altura de los paralelos 80°N y 80°S . Cada huso se divide a su vez en 20 bandas transversales que se numeran alfabéticamente (de la C a la X). España queda incluida en las bandas S y T de los husos 29, 30 y 31 (ver figura) excepto Canarias que se incluye en el 28R.





Finalmente todos los husos se dividen en cuadrados de 100 km de lado que se señalan alfabéticamente de Oeste a Este, y en nuestro hemisferio de Sur a Norte, por lo que cada cuadrado queda definido por dos letras, la primera de las cuales designa la columna y la segunda la fila. Los cuadrados periféricos de cada zona no son completos.

Un cuadrado designado como (30 S, XG), pertenecerá al huso 30, banda S, columna de la X, fila de la G, y cualquier punto dentro de ese cuadrado vendrá designado por sus coordenadas X e Y.

2.4.2. Las Coordenadas Geográficas

Como ya vimos, la Tierra está convencionalmente dividida por paralelos y meridianos. Los paralelos determinan la latitud de un punto y los meridianos su longitud. El paralelo 0°, más conocido como Ecuador, divide a la Tierra en dos hemisferios, el Norte y el Sur. Cada uno de estos dos hemisferios, está a su vez dividido en 90°, con lo cual la latitud de 90° Norte, coincide con el polo Norte Geográfico. Ciertos paralelos, situados a 23° 27" del Ecuador y de los Polos, determinan las zonas tropicales. Trópico de Cáncer en el Hemisferio Norte y Trópico de Capricornio en el Hemisferio Sur. Los meridianos a su vez, partiendo del convencionalmente señalado como Meridiano 0° o Meridiano GREENWHICH, divide a la Tierra en 360°, esto es, 180° hacia el Este y 180° hacia el Oeste.

Así una vez que la Tierra queda totalmente cuadrículada por unos ejes de coordenadas, tomándolos como referencia, determinan lo que se denomina Coordenadas Geográficas de un punto.

Este sistema de situar un punto de referencia a sus coordenadas geográficas, es prácticamente utilizado de forma internacional y casi todos los mapas disponen de los datos precisos para su uso. Éstas obedecen a un sistema cartesiano, en el que se supone que la superficie representada en el mapa es plana,

cuando en realidad es curva ya que la superficie representada en un plano es una ínfima parte de la superficie de la Tierra.

Las coordenadas geográficas nos vienen definidas por los meridianos y los paralelos y están expresadas en grados, minutos, segundos y décimas.

2.5. MEDICIÓN DE DISTANCIAS

Para calcular con auxilio de la carta topográfica, la distancia en línea recta entre dos puntos determinados, por ejemplo, desde el punto "A" (en el que uno se encuentra) hasta el "B" (al cual se desea ir), se mide sobre la carta la distancia en milímetros que separa a ambos puntos y se multiplica esta medida por el denominador de la escala de la carta.

Por ejemplo, si en una carta de 1:50.000 se han medido 7 mm de separación entre A y B, la distancia buscada será ($7 \times 50.000 = 350.000$ mm), o sea 350 metros.

Asimismo, multiplicando la separación entre los puntos por el denominador de la escala dividido por mil, como por ejemplo, si la primera es de 47 mm, y la escala es de 1:50.000, la distancia natural será de ($47 \times 50 = 2.350$ metros).

Inversamente, se pasa de la distancia natural a la gráfica multiplicando la distancia real por la escala de la carta; por ejemplo, así $A'B' = 750$ m y la escala es 1: 25.000, tendremos que ($750 \times 1/25.000 = 0.03$ m, o sea que la distancia entre A y B es de 30 mm.

Cuando sea preciso medir una distancia no rectilínea, se utiliza un medio flexible (cordel delgado, pajuela) y se dobla de forma que se adapte en la carta al recorrido previsto; multiplicando su desarrollo por la escala, como hemos hecho en los ejemplos anteriores, tendremos la distancia. Para medir los trazos no rectilíneos se puede utilizar también un recorte de papel sobre el que iremos marcando, uno a continuación de otro, los pequeños segmentos rectilíneos en los que puede ser descompuesto todo el recorrido; también podemos hacerlo con la ayuda de un compás, pero el mejor sistema lo constituye un aparato llamado curvómetro que se compone de una ruedecita que se hace girar sobre el mapa siguiendo todas las sinuosidades que conviene medir y cuyo giro se transmite a una aguja que indica directamente, sobre un sector graduado en diversas escalas, la distancia real.

Naturalmente, si carecemos de aparatos de medición, bastará comparar la distancia obtenida por cualquier método con la escala gráfica que, como ya hemos dicho, se encuentra en el margen inferior del mapa.

2.6. LOS SIGNOS CONVENCIONALES

Las múltiples irregularidades del terreno, naturales y artificiales, vienen reproducidas en la carta por medio de signos particulares que pueden ser: imitativos (es decir, que dan inmediatamente la idea de lo que representan; por ejemplo, carreteras, cursos de agua, etc.) o convencionales (constituidos por una serie de signos unificados que no tienen ningún parecido con la realidad). Cada mapa topográfico lleva, en su margen, una lista de los signos convencionales empleados.

2.7. REPRESENTACIÓN DE LA ALTITUD

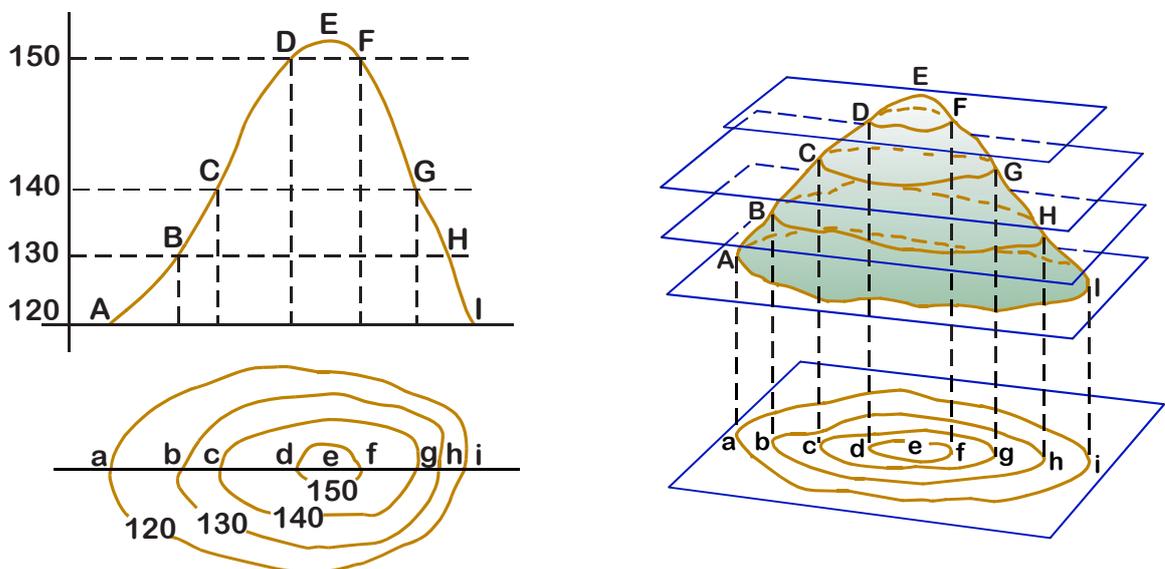
Como ya hemos dicho, en un mapa se representa la superficie terrestre sobre un plano, de acuerdo con una escala dada y de la misma manera que la veríamos desde un punto situado en su vertical y a gran distancia. Esta representación sería suficiente y exacta siempre y cuando todas las formas que se reproducen estuvieran contenidas en un plano horizontal (por ejemplo el contorno de un lago), cosa que en

la práctica sólo se da en muy reducidas ocasiones; en resumidas cuentas, la superficie terrestre es muy accidentada, mientras que en la representación nos queda todo proyectado sobre un plano horizontal. Ante ello, para hacer perceptible el relieve y así poder evaluar con exactitud las diferencias de nivel, se recurre a diversos artificios como son: la indicación de la cota, las curvas de nivel y como complemento de ellas, los trazos, las sombras y las tintas hipsométricas.

Se entiende por cota de un determinado punto su altura o altitud referida a un plano horizontal de referencia, que generalmente suele estar al nivel del mar. Este sistema no puede ser utilizado de manera muy general, sino limitado a puntos topográficos característicos y bien definidos, tales como cumbres, cerros, poblaciones, etc., por lo que si solamente se emplea este sistema no se resuelve satisfactoriamente el problema de la representación altimétrica.

Las curvas de nivel o isohipsas son unas líneas imaginarias que unen todos los puntos de la superficie terrestre que están situados a igualdad de cota (nivel o altura); se obtienen por medio de la intersección de los accidentes geográficos con planos horizontales situados a determinada altura. La distancia vertical, o desnivel entre cada uno de estos planos y sus adyacentes, es constante (para un mapa dado) y se denomina equidistancia.

Si imaginamos una montaña de forma perfectamente cónica, dividida por un número determinado de planos horizontales, las intersecciones de estos planos con el cono producirán una serie de circunferencias concéntricas cada vez más pequeñas y que tienen como centro la proyección del vértice del cono. La figura, que representa dos conos de igual base y alturas distintas, nos muestra como las proyecciones son más numerosas y próximas en el cono de mayor altura, lo que nos demuestra que, en un mapa dado y a igualdad de equidistancia y escala, las curvas más próximas indican una inclinación mayor que las más espaciadas.



Esto da lugar a que, más allá de una cierta inclinación, las curvas de nivel sean demasiado próximas y lleguen a superponerse, de forma que es imposible distinguirlas; para evitar este inconveniente se recurre a otro sistema de representación, como por ejemplo los trazos o la coloración de cotas.

En mapas topográficos, las curvas de nivel están trazadas con línea continua, interrumpida solamente en sus intersecciones con carreteras, cursos de agua, lagos, torrentes etc.,. Pueden ser de tres clases: principales, intermedias y auxiliares.

Las curvas principales se distinguen por su trazo más grueso y a intervalos de cota que son múltiplos de la equidistancia. Generalmente, la distancia entre ellos es de 100 metros.

Las curvas intermedias, también de trazo continuo pero más fino, están comprendidas entre las curvas principales y no llevan indicación de cota; la distancia entre ellas suele ser de 25 metros.

Las curvas auxiliares se utilizan para representar ciertos accidentes geográficos cuya representación no sería lo suficientemente clara si empleáramos solamente las curvas anteriores. La distancia entre ellas es muy pequeña (por ejemplo 5 metros, si la distancia de las intermedias es de 25 metros) y se indican por medio de líneas de trazos.

Como complemento de las curvas de nivel y sobre todo cuando a causa de una excesiva inclinación del suelo éstas quedan muy próximas, se recurre a los demás métodos antes indicados para representar la forma del terreno: los trazos más o menos densos según la mayor o menor pendiente y dirigidos hacia el lugar de mayor inclinación, o el sombreado que se utiliza para hacer visible el relieve del suelo suponiendo que está iluminado por unos rayos de luz. Esto determina zonas de luz y de sombra muy contrastadas, que, además de un excelente efecto artístico, facilitan la interpretación de un simple vistazo.

Las tintas hipsométricas sirven para dar tono al relieve de forma que su intensidad aumenta con la altura; este método se complementa muy bien con las curvas de nivel y produce un agradable efecto (se emplea generalmente en los mapas de escala grande).

2.8. LA ORIENTACIÓN DEL MAPA TOPOGRÁFICO

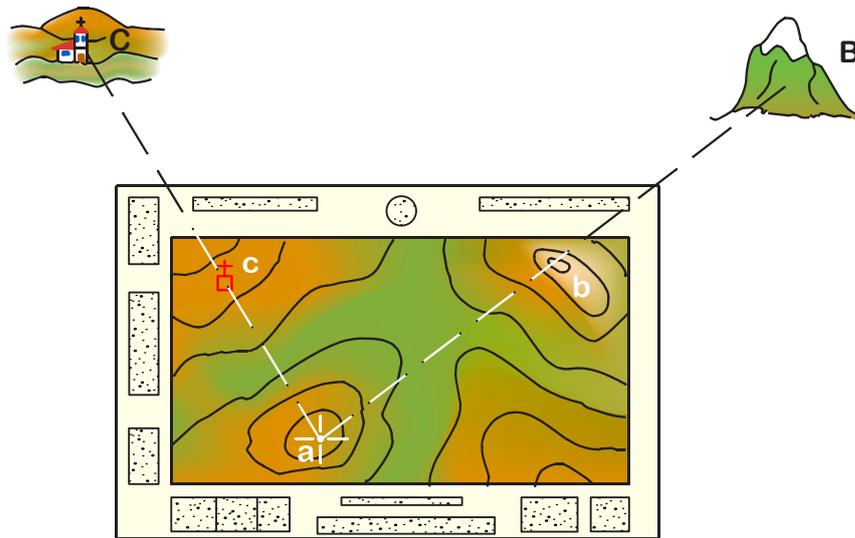
Para utilizar la carta *in situ*, es necesario “orientarla”, es decir, colocarla de forma que los puntos contenidos en ella se correspondan, en alineación, con sus correspondientes de la Tierra. Suponiendo que estuviéramos situados a gran altura sobre el nivel del suelo, al dirigir una visual a un punto cualquiera de la carta hacia su correspondiente de la realidad, se verificaría que cualquier otra pareja de puntos correspondientes de puntos del mapa y de la tierra se encontrarían igualmente sobre otra visual.

Los mapas están dibujados de forma que, colocados normalmente para su lectura, el Norte coincide con la parte superior de la hoja, el Sur con la parte inferior, el Este se halla a la derecha y el Oeste a la izquierda de quien la lee. Una vez determinada la dirección de los puntos cardinales en el lugar, bastará disponer de la carta de forma que su parte superior (Norte) corresponderá con el Norte Geográfico.

La orientación de la Carta puede hacerse:

- a) Por puntos destacados del lugar, cuando son visibles; basta con señalar sobre el mapa, además de la propia situación, la de cualquier punto notable que sea visible desde el lugar en que nos encontramos (por ejemplo, refugios, collados, cumbres, etc.), para luego hacer girar horizontalmente el mapa hasta que dichos puntos estén alineados con sus representaciones sobre el mapa.
- b) Por los puntos cardinales: cuando las circunstancias no nos permitan determinar directamente la dirección de los puntos cardinales (como puede ser cuando haya niebla o sea de noche) utilizaremos la brújula: para ello la colocaremos sobre la carta dispuesta horizontal y de forma que los puntos Norte-Sur y Este-Oeste de aquella estén alineados con los paralelos y los meridianos de la carta, y así haremos girar simultáneamente la brújula y mapa hasta que el extremo N de la aguja llegue a coincidir con el punto correspondiente a la declinación magnética del lugar y que está debidamente señalado en la carta.

Para una correcta lectura e interpretación de la carta, hay que disponerla delante como si uno estuviera leyendo el periódico, y por consiguiente, seremos nosotros los que debemos modificar nuestra posición de acuerdo con la orientación de la carta y no al revés.



2.9. Situación de un punto sobre el plano

A menudo, cuando estamos localizando bocas de cavidades en una zona de trabajo, nos asalta con frecuencia la duda de si hemos cometido algún error a la hora de marcar éstas sobre el plano. Esa duda la podemos despejar siempre y cuando el procedimiento para situar un punto sobre el plano sea el correcto, en esta ocasión el plano ya está hecho y somos nosotros los que tenemos que situarnos dentro de él, en este caso la boca de la cavidad.

En ocasiones no bastará el situarnos con respecto a un punto de referencia, sino que frecuentemente necesitaremos dos puntos de referencia y aún mejor tres o cuatro.

Para empezar, nos detendremos delante de la boca de la cavidad y miraremos atentamente a nuestro alrededor para buscar algunos puntos fácilmente reconocibles sobre el mapa. Quizá veamos a lo lejos un pico muy alto, más alto que todos los demás que lo rodean. Quizá también el punto de afluencia de dos arroyos, un cortijo, una ermita, o la torre de la iglesia de un pueblo, un puente sobre un río o mejor un punto geodésico. Con el mapa desplegado y orientado, intentaremos reconocer como mínimo un par de dichos puntos sobre el mapa. Una vez hecho esto, los puntos reconocidos, deben serlo con el menor margen de duda posible, enfilamos con la mira de la brújula el primero de los puntos, y apuntamos el rumbo al que está de nosotros. Procedemos igual con el segundo punto, y si podemos hacerlo con un tercero o cuarto, mejor.

Ahora calculamos la declinación magnética en la zona y reducimos los rumbos obtenidos a rumbos verdaderos. Supongamos que visualizamos a 93° de rumbo de nosotros un monte característico, a 3° la torre de una iglesia y a 265° un punto geodésico, y que la declinación magnética de la zona es de 3° . Los rumbos verdaderos de dichos puntos serán 90° , 360° , 262° respectivamente. Pero como lo que tenemos situado en el mapa son los puntos y no nosotros, ahora tenemos que saber con qué rumbo seríamos vistos por un observador que se encontrara en dichos lugares. Evidentemente el observador nos vería con una diferencia de 180° con respecto al rumbo que nosotros hemos tomado, por consiguiente, tendremos que sumar o restar 180° a los rumbos verdaderos obtenidos. Así, desde el monte, el observador nos vería a 270° ($90^\circ + 180^\circ$), desde la torre de la iglesia a 180° ($360^\circ - 180^\circ$), y desde el punto geodésico 82° ($262^\circ - 180^\circ$). Si sobre el mapa, trazamos una línea que desde el monte forme con el Norte Magnético 270° , obviamente nosotros estaremos situados en algún punto de dicha línea, pero si trazamos otra línea desde la torre de la iglesia con un rumbo verdadero de 180° , donde la línea corte a la primera será el punto donde está situada la boca de la cavidad. Para confirmar nuestros cálculos trazamos una tercera línea desde el punto geodésico a 82° de rumbo y esta línea debe pasar por encima del lugar donde se cruzan las otras dos, o muy probablemente, pasará muy próxima, pues lo normal es que siempre se

cometan pequeños errores, y quedará formando un pequeño triángulo que denominaremos como “Triángulo de situación”. Dentro de este triángulo estará situada la boca de la cavidad.

3. BIBLIOGRAFÍA

CIRILLO FLOREANINI y cols.: *Alpinismo Moderno*. Hispano Europea.

CONRAD D.: *GPS, Qué es, para qué sirve, cómo se usa*. Noray.

DONALD. H MENZEL: *Guía de campo de las estrellas*. OMEGA.

FRAILE GILPEREZ, L.: *Lectura de Planos*. Penthalon.

MARBACH, G.; ROCOURT, J. L.: *Techniques de la Spéléologie Alpine*. TSA. Chorance (Francia) 1980.

MARTÍNEZ I RIUS, A.: *Topografía Espeleológica*. Federación Española de Espeleología. Barcelona 1992.

PUYOL, R.; ESTÉBANEZ, J.: *Interpretación del Mapa Topográfico*. Tebar.

S.G.E.: *Apuntes de Cartografía*. Escuela de topografía y geodesia. S.G.E, Madrid 1971.

S.G.E.: *Proyección Universal Transversa Mercator*. Edit. S.G.E., Madrid 1976.

TALLADA, N.; FERNÁNDEZ, M.: *Fundamentos de la Práctica Espeleológica*. Federación Madrileña de Espeleología, Madrid 1987.

Manuel J. González Ríos

Técnica y formación en Espeleología
FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

HISTORIA DE LA ESPELEOLOGÍA



1. PRECURSORES DE LA ESPELEOLOGÍA

1.1. RESUMEN HISTÓRICO DE LA ESPELEOLOGÍA FUERA DE NUESTRAS FRONTERAS

Desde los albores de la humanidad el hombre se ha sentido atraído por el mundo subterráneo; utiliza las cavidades como refugios temporales, viviendas o simplemente para desarrollar en su interior diversos rituales. Muestra de todo ello son los importantísimos yacimientos arqueológicos descubiertos en ellas en todos los lugares de la Tierra.

Para encontrar las primeras referencias escritas hay que remontarse a los escritos de los filósofos clásicos. Séneca en su obra *Questiones Naturales* (Vol. II, 1, XV) nos cuenta:

«Antes del reino de Filipo de Macedonia existían hombres que, buscando tesoros, penetraron hasta los lugares más profundos y se hundieron en las cavernas donde no puede observarse ninguna diferencia entre el día y la noche... descendiendo con gran cantidad de antorchas que habían de iluminarlos por espacio de muchos días. »

«Se encontraban fatigados por la extensión del camino efectuado cuando, espectáculo a propósito para hacerles temblar de miedo, vieron ríos e inmensos lagos de aguas dormidas, parecidos a los nuestros, y que no estaban aplastados por la tierra que los cubría, sino que tenían un gran espacio sobre ellos... Así fue como descendieron a una región donde encontraron una disposición diferente de la que ofrece la Naturaleza: la tierra estaba suspendida sobre sus cabezas, el viento soplaba en las tinieblas vacías y ríos horribles circulaban en una noche que en nada se parecía a la nuestra... »

Como podemos observar de este singular escrito y a diferencia con el hombre prehistórico que utilizaba las cavernas en su beneficio, el mundo subterráneo era un lugar horrible habitado por monstruos y dragones que custodiaban celosamente fabulosos tesoros.

Ya entrada la Edad Media esa herencia del pasado ampliada por la brujería, duendes y otros seres diabólicos asociados a las cuevas, aplaza hasta casi el umbral de la era moderna la exploración del mundo subterráneo.

No se sabe con seguridad cuando se realiza la primera exploración espeleológica propiamente dicha. Entre 1213 y 1529 hay evidencias de la exploración parcial de la Cueva de Postojna Jama en Eslovenia. En 1490 Hans Breu explora la Cueva de Sophienhöhle (Alemania). En 1503 se encuentran las primeras referencias austriacas. Y muchas otras repartidas por toda la geografía terrestre.

En 1618 se descubren los primeros esqueletos prehistóricos en la Cueva de Steinbach (Baviera).

Al parecer en 1656 el francés Jacques Gaffarel escribe su obra *El mundo subterráneo*, de la que tan sólo se conservan, en la Biblioteca Nacional de París, las cuatro primeras páginas que recogen el título y el índice.

Algunos años más tarde, en 1665, se publica la famosa obra de P. Anastasio Kircher, *Mundus Subterraneus*, que en sus dos volúmenes recoge las teorías más fantásticas sobre la formación de las cavernas.

En 1668 en la ciudad de Kiev (Ucrania), se publica el plano topográfico de la Cueva Pechersk Lavra, convertida en catacumbas dentro del monasterio de Lavra.

Entre 1670 y 1680 el barón Johann Valvasor que vivía a unos 80 Km de Trieste (Italia) visita unas 70 cuevas en la región de Karst (Eslovenia) escribiendo y publicando meticulosos informes sobre sus descubrimientos, siendo el primero en estudiar y explorar sistemáticamente la circulación subterránea del agua.

En el año 1747 Joseph Nagel, matemático, es enviado por la administración austriaca a explorar y cartografiar las cavidades más importantes del Imperio austro-húngaro. Durante dos años Nagel acompañado de un artista italiano realizan mapas y esquemas de varias cavidades, de entre ellas descende la Sima de la Macocha (antigua Checoslovaquia) convirtiéndose en una de las primeras exploraciones a una sima vertical (-138 m). Al igual que Valvasor le dedica especial atención a la Cueva de Postojna Jama, sin duda la cavidad más importante de toda Eslovenia.

Esta cavidad sobre 1818 es acondicionada para ser visitada al turismo, convirtiéndose en la primera cueva en la que se paga para entrar. En el año 1872 se monta en su interior un tren para los visitantes.

En 1790 en la región de Kentucky central (U.S.A.), un cazador John Houchin siguió a un oso herido hasta su madriguera, entra en la misma encontrando una gran sala con gran cantidad de murciélagos y el suelo cubierto de tierra rica en nitratos. En 1812 esta cavidad es bautizada por uno de sus propietarios por Mammoth Cave, que llegaría a ser tan famosa en Estados Unidos como la de Postojna en Europa.

Ya entrados en el siglo XIX son muchos los trabajos que se pueden encontrar por toda la geografía mundial; cabe destacar los realizados por Lindner, que en el año 1840 interesado en el aprovechamiento de las aguas de Trieste (Italia), penetra en la Sima de Trebiciano y tras 14 meses de trabajos logra alcanzar el curso del río Recca, que discurre por la inmensa caverna, que hoy lleva su nombre, a una profundidad de 322 metros.

En 1850 Schmidt realiza la navegación subterránea de los ríos Recca y Piuka, cerca de Trieste.

En Austria Walter von Czoernig-Czernhusen, considerado como uno de los exploradores más grandes del mundo subterráneo, realiza unos mil descensos a cavidades y unos 400 planos topográficos. Destaca la exploración de la Eisriesenwelt (Mundo de los Gigantes de Hielo) con más de 40 Km.

En la segunda mitad del XIX una serie de exploradores subterráneos van a elevar a la categoría de Espeleología Científica la hasta ahora exploración subterránea dedicada más bien al afán de aventura o enriquecimiento personal. Destaca entre todos el parisino Eduard Alfred Martel.

En 1866 el padre de E. Martel, abogado y aficionado a la Paleontología, lleva de visita a su hijo a la edad de siete años a la Gruta de Han (Bélgica). Este hecho, como reconoce él mismo, marca a Martel para toda su vida.

En 1888 Martel empezó una serie de campañas anuales, acompañado de sus discípulos L. Armand, G. Gaupillat, E. Foulquier, entre otros; desde Portugal a Noruega y desde el Cáucaso a las Montañas Rocosas, y publica sus resultados en gran cantidad de artículos y libros. Funda la *Société de Spéléologie*, una de las primeras sociedades espeleológicas; edita la primera revista de Espeleología, *Spelunca*. A Martel se le puede considerar como el padre de la Espeleología moderna.

Allí donde viajaba Martel dejaba escuela, así en España es acompañado por Font i Sagué; en Inglaterra por E. Roberts quienes descenden en 1895 la sima de Gaping Gill de 120 m de profundidad, por donde se precipita el caudaloso río Fell Beck. En el año 1883 en Trieste (Italia), se funda la *Società Alpina delle Giulie «Comissione E. Boegan»*. En 1889 se funda en Eslovenia el *Jamarska Zveza Slovenije*, dedicadas al estudio de las cavidades del Karst de la región.

Ya entrado el siglo XX las exploraciones y descubrimientos subterráneos se desarrollan en la totalidad de la Tierra; así tenemos entre otras muchísimas entidades, la Sociedad Espeleológica de Cuba fundada en el año 1940; en Estados Unidos de América en el año 1941 se funda la *National Speleological Society*; en Australia en el 54 la *Sydney Speleological Society*; etc.

En el año 1953 en Francia, se celebra el primer Congreso Internacional de Espeleología, donde se presentan a escala mundial los trabajos realizados en los diferentes países.

En el año 1965 se funda la Unión Internacional de Espeleología, durante la celebración del 4º Congreso Internacional de Espeleología celebrado en Ljubjana (Eslovenia). De los 24 países que la fundaron, en la actualidad la U.I.S. la forman 60 países.

1.2 RESUMEN HISTÓRICO DE LA ESPELEOLOGÍA EN ESPAÑA HASTA LA LLEGADA DE MARTEL

Como se ha visto en el capítulo anterior el hombre prehistórico utiliza las cavidades como refugio. Y en nuestro país ocurre exactamente igual; así tenemos: -la Cueva de Carigüela, (Granada), Cueva de Atapuerca (Burgos), Cueva del Castillo (Cantabria), Cueva de Parpalló (Valencia)-, entre muchísimas otras; las representaciones animalísticas de alto valor pictórico localizadas en sus paredes, entre ellas: - Cueva de Altamira y Castillo (Cantabria), Tito Bustillo (Asturias), Pileta (Málaga), etc.-

Existen numerosos relatos de exploraciones y trabajos en cavidades por toda la geografía española; entre otras, la exploración realizada en el siglo XV a la Cueva de los Chorros (Albacete) y el descenso realizado en el año 1683 por Fernando Muñoz Romero a la Sima de Cabra (Córdoba), para sacar un cadáver arrojado en ella; al finalizar los trabajos, describe con bastante detalle la cavidad -vertical de 116 m- al notario que da fe de lo sucedido. Convirtiéndose en la primera referencia escrita de un descenso a una sima vertical.

Destaca por su importancia la obra de A.J. Cavanilles (1745-1804) quien se adentra en varias cavidades de la región valenciana con fines puramente científicos; introduce la brújula, al parecer por vez primera en una cavidad, realiza mediciones, etc. y publica sus resultados en el 1797-97 en dos volúmenes titulados: *Observaciones sobre la Historia Natural, Geográfica, Agricultura, Población y frutos del Reyno de Valencia*; se le puede considerar el fundador de la «Espeleología científica» en nuestro país.

En el año 1790 se realiza el levantamiento topográfico de la *Cova del Salnitre*, realizado por los Sres: Francisco Remart y Pedro Pablo Montaña. Siendo la primera topografía publicada de una cavidad española.

A lo largo del XIX en España proliferan los trabajos en cavidades; así tenemos -entre otros- en 1801 la exploración de la *Cova del Salnitre* (Barcelona) efectuada por el monje G. Joana. En el año 1834 A. Cabrer explora la Cueva de Artá (Mallorca). En 1841 en Cabra (Córdoba), se realiza un descenso a la Sima de Cabra, para estudiar su formación. Se publican importantísimas obras descriptivas de cavidades entre ellas *Montserrat Subterránea* de M. Sola, las de Víctor Balaguer, M. Lasarte, Pascual Madoz, etc., todas ellas de mediados de siglo.

En 1862 Pedro de Alcántara Peña, realiza el plano topográfico de la Cueva de Artá en Mallorca.

En 1868 ve la luz una de las primeras obras de arqueología en cavidades; Manuel Góngora describe el yacimiento de la Cueva de los Murciélagos (Granada), publica incluso el plano topográfico de la misma. En Burgos Pedro Sampayo y M. Zuaznavar entran en la Cueva de Atapuerca, editando una bella monografía de esta cavidad, insertando bellísimos dibujos y el plano topográfico de la cavidad.

En 1869 aparece el primer intento de catalogación de las cavidades de nuestro país; Casiano de Prado recoge, en su obra *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*, en el apéndice B, un trabajo titulado "Noticias sobre cavernas y minas primordiales de España", unas 150 cavidades de 25 provincias españolas.

En Cataluña el entomólogo Dieck en el 1869 describe el primer troglobio descubierto en la provincia de Barcelona.

En 1876 Marcelino Sanz de Sautuola da a conocer el descubrimiento de las pinturas de la Cueva de Altamira, en Santillana del Mar (Cantabria).

En Teruel (1880) C. Gomis desciende en torno la Sima de San Pedro. En ese mismo año en la *Cova del Salnitre* (Barcelona) R. Arabia realiza un estudio sobre el clima de la cavidad y en Mallorca F. Will realiza el plano de las Cuevas del Drac. En Málaga (1884) E.J. Navarro publica un estudio arqueológico sobre la Cueva del Tesoro (Torremolinos). Paralelamente en Mallorca se continúan con las visitas a las cuevas de Artá y Drac, saliendo a la luz bastantes citas y publicaciones; entre ellas destaca la de S. Gay y B. Champsaur titulado *Album de las cuevas de Artá y Manacor*, editado en 1885, obra de gran formato en la que se recogen la descripción, planos y 25 láminas de las cuevas. En 1893 D. César Álvarez Cascos junto con otras tres personas explora parcialmente la Cueva del Rey Cintolo (Lugo).

Por estas fechas son varios los trabajos publicados por el prehistoriador Juan Vilanova, citándose con frecuencia numerosas cavidades inéditas, siempre tratando sobre estudios y hallazgos arqueológicos. Este autor en una de estas publicaciones defiende a Marcelino S. de Sautuola y a su descubrimiento de las pinturas de la Cueva de Altamira, en contra de todos los prehistoriadores de la época, que negaban su autenticidad.

Años más tarde en 1896 ve la luz la obra de G. Puig y Larraz *Cavernas y Simas de España*, obra clásica de la literatura española que recoge en cerca de 400 páginas la relación de cavidades conocidas hasta la fecha.

En el año 1896 Eduard Alfred Martel acompañado de M. Louis Armand llegan a España por invitación del Archiduque Luis Salvador para explorar las cuevas de Mallorca; de regreso pasan por Barcelona invitados por el Centro Excursionista de Cataluña, para visitar algunas cavidades de la región -*Cova del Salnitre* y la *Fou de Bor*- acompañándole en su visita Norbert Font i Sagué. Este hecho significaría el comienzo de la Espeleología propiamente dicha en nuestro país.

2. LA ESPELEOLOGÍA DEL SIGLO XX EN ESPAÑA

2.1 HISTORIA DE LA ESPELEOLOGÍA DESDE NORBERT FONT I SAGUÉ HASTA LA CREACIÓN DE LA ESPELEOLOGÍA ORGANIZADA EN ESPAÑA

Como se ha visto en el apartado anterior E.A. Martel llega a Cataluña para recorrer varias cavidades de la zona. Por parte del Centre Excursionista de Catalunya fue comisionado Norbert Font i Sagué para acompañarle; el contacto con Martel es decisivo para él, acompañándolo en sus exploraciones. El 27 de diciembre de 1897 Font i Sagué, lleva a cabo la primera gran exploración al descender el *Avenc de Can Sadurní* (Barcelona). El resultado de estos trabajos fue la fundación de la primera sociedad espeleológica en España en 1906, el Club Muntanyenc. Entre sus filas, Josep M. Cò de Triola publica en 1907 los primeros trabajos con fotografías de las diferentes expediciones. En el año 1909 se edita una recopilación de todos estos trabajos, bajo el título de *Sota Terra*, convirtiéndose en la primera publicación espeleológica de nuestro país.

El 19 de abril de 1910, muere a la edad de 36 años Norbert Font i Sagué (1874-1910); en su corta vida, dejó gran cantidad de trabajos espeleológicos y una serie de seguidores; fruto de su trabajo se le ha considerado como el padre de la Espeleología en España.

Fiel seguidor de los trabajos de Font i Sagué en Cataluña fue el Dr. Mariano Faura i Sans; entre otros interesantísimos trabajos de catalogación y exploraciones varias, Font i Sagué y Faura i Sans coinciden en 1907 en la exploración del *Avenc d'en Roca* en el macizo del Garraf (Barcelona) siendo la última cavidad visitada por Font i Sagué. En 1911 publica *La Espeleología de Cataluña*; realiza con éxito los descensos al *Avenc de Sant Hou*, de Mongrony; desciende el primer pozo del *Avenc de l'Esquerra* en 1908, etc.

En Zaragoza el P. Longinos Navás entre 1900 y 1901 publica algunas notas sobre la geología de la Cueva de Maderuela y en 1903 sobre la Sima de Ricla. En Cantabria y motivado por los intensísimos trabajos llevados a cabo por H. Alcalde del Río, H. Obermaier, J. Cabré, H. Breuil, P. Serrano y el Conde de la Vega de Sella, entre otros, realizan importantísimos descubrimientos en cavidades, centrandose principalmente sus trabajos en la búsqueda de pinturas y yacimientos paleolíticos; destacan los descubrimientos de la Cueva del Castillo (1903), cueva de la Maeza (1907), La Pasiega (1911), del Rey (1917), etc. publicándose interesantísimas obras con los trabajos efectuados. En Andalucía se descubre la Cueva de la Pileta en el año 1905, la cavidad con pinturas paleolíticas más importante en esta región.

El eminente prehistoriador H. Breuil junto con otros colaboradores y bajo el auspicio del Príncipe Alberto de Mónaco (Inst. Pal. Humaine), publican una serie de libros: la *Caverne D'Altamira* (1906), *Las Cavernes de la Región Cantabrique* (1911), *La Pasiega à Puente Viesgo* (1913), *La Pileta à Benaolan* (1915), entre otros.

En el año 1908, el doctor J. Carballo, fundador del Museo Prehistórico y Arqueológico de Santander, propone la fundación de una Sociedad Española de Espeleología; al año siguiente la Real Sociedad Española de Historia Natural crea la Sección Espeleológica de Santander.

En Cataluña en el año 1909 los eminentes bioespeleólogos R. Jannel y E. Racovitza realizan varias visitas a cavidades de la región, continuándose éstas a lo largo de más de diez años, junto con visitas a otras regiones españolas.

Por estas fechas las actividades de Faura i Sans junto con otros miembros del *Club Muntanyenc* continúan sus exploraciones por toda la geografía catalana.

En 1910 aparece la primera publicación sobre barrancos del Alto Aragón de la mano de L. Briet publicada en la revista francesa *Spelunca*, memoria nº 61 y al año siguiente la segunda parte del trabajo en la memoria nº 65. En 1912 J. Maheu en Cataluña y las islas Baleares investiga la flora subterránea, publicando sus resultados igualmente en *Spelunca* memoria 67-68.

En estas fechas se inicia una época difícil para la elaboración de un resumen histórico; la dificultad se centra en la diversificación de trabajos espeleológicos por todo el Estado. La Espeleología gana un gran número de practicantes, las antiguas campañas espeleológicas casi desaparecen especializándose los investigadores en temas concretos -Bioespeleología, Geología, Paleontología, Arqueología, etc.-, sustituyendo el antiguo espíritu de aventura.

Entre otros, en la provincia de Logroño D. Juan Garín y Modet explora y topografía varias cavidades en la cuenca del río Iregua en el año 1913, con fines netamente arqueológicos.

En Tarragona J. Ferrate en el año 1918 publica *Espeleología de las Comarcas Tarragonines*; en ella recoge gran cantidad de información sobre cavidades la mayor parte de ellas inéditas.

Son interesantes los trabajos realizados por el Padre Jesuita Luis Rodés efectuadas en los años 1922 y 25 en la Cueva del Drac (Mallorca), colocando aparatos en los lagos para medir los cambios de nivel.

En 1923 surge en las filas del *Centre Excursionista de Catalunya* Rafael Amat i Carreras, destacado espeleólogo que aporta importantes trabajos en el macizo del Garraf (Barcelona); en este año desciende el *Avenc de la Sivinota*, con una vertical de 90 metros. Poco más tarde organiza una nueva expedición al *Avenc del Bruc*, en la que se incluye la filmación de una película, pólizas de seguros contra accidentes e incluso una barca para recorrer el inexistente lago subterráneo que Font i Sagué creyó ver. El 12 de octubre de 1924 logra explorar completamente el *Avenc de la Ferla*, acompañado de más de 100 personas y operadores que filmarían el descenso. Proseguirá sus investigaciones hasta el año 1928. A Amat i Carreras, se le puede considerar el máximo iniciador de la Espeleología deportiva.

La guerra civil española provoca un freno en las exploraciones en todo el país, pero ya entrados los años 40 se retoma la actividad espeleológica. Así, en el año 1947 un grupo de montañeros granadinos (tras

perderse en una cueva), fundan el Grupo de Espeleólogos Granadinos; en el 48 se funda el G.E.S. del Club Montañés Barcelonés, marcando esta fecha un despegue de la Espeleología en España.

En los años 50 surgen nuevos grupos espeleológicos, entre ellos la Soc. Aranzadi; el Centro Excursionista de Alcoy; Grupo Espeleológico Alavés; Edelweiss en Burgos, y un largo etcétera.

En Agosto del 50 una expedición conjunta del G.E.S. del C.M.Barcelonés y el G.E.G. de Granada, exploran la Cueva del Agua en Iznalloz, consiguiendo batir el récord de profundidad del país con 213 m (profundidad modificada a -165 m en el año 1973).

En el año 1950 se funda en Oviedo la revista *Speleon*, dirigida por el profesor Noel Llopis Lladó. Esta publicación marcaría un salto muy importante en el conocimiento de los trabajos espeleológicos desarrollados en nuestro país, ya que es la primera revista dedicada a la Espeleología.

A partir de aquí los trabajos espeleológicos se desarrollan por toda la geografía española; cientos de espeleólogos descubren y exploran infinidad de cavidades, proliferando las entidades espeleológicas y publicando sus trabajos en las diferentes revistas especializadas.

2.2. LA ESPELEOLOGÍA ORGANIZADA EN NUESTRO PAÍS

A raíz del accidente mortal de M. Loubens en la Sima de la Piedra de San Martín (Isaba, Navarra) acaecido en 1952, las autoridades españolas dictan normas para reglamentar y organizar una Sección de Espeleología dentro de la Federación Española de Montaña (FEM). Ésta, dos años más tarde, crea dentro de su Delegación Catalana, la Comisión Técnica de Exploraciones Subterráneas con la intención de dirigir y coordinar las actividades de los grupos existentes. En 1955, "por orden de la superioridad" se crea dentro de la FEM la Comisión Nacional de Exploraciones Subterráneas, aprobándose sus estatutos y reglamentos dos años más tarde (1957) en la primera "Reunión nacional de grupos de exploraciones subterráneas" realizada en Barcelona.

En 1955 y dentro del seno del Frente de Juventudes de Santander, realizan la exploración de la Cueva de Cullalvera en Ramales de la Victoria (Cantabria); el éxito de esta expedición y la búsqueda incesante por parte de los dirigentes de la Organización Juvenil Española, de nuevas actividades para la juventud, hacen que en el año 1958 se instale un campamento que sería el precursor de los Campamentos Nacionales de Espeleólogos que la O.J.E. llevaría a cabo hasta mediados de los años 70 en este mismo lugar.

En 1960 se solicita por primera vez a la entonces Dirección Nacional de Educación Física y Deportes (DNE y D) la creación de una federación de ámbito estatal, como única fórmula de integración de los diferentes enfoques de la Espeleología y de los grupos dependientes de sociedades y Diputaciones. La solicitud es denegada.

En junio de 1967 se celebra en Madrid la "II Asamblea Nacional de Espeleólogos", donde se constituye el Comité Nacional de Espeleología (CNE) teniendo como objeto el "coordinar y fomentar la práctica de la Espeleología dentro de la FEM en todo el territorio nacional" siendo el deseo unánime de la Asamblea el de "formar una Federación autónoma dentro de la DNEF y D; no obstante se acepta una dependencia de la FEM como un paso hacia la consecuencia del organismo autónomo, siendo el CNE "un mero paso para ello". Durante la reunión se crea una nueva división de "regiones espeleológicas" fijándose las competencias del Comité Nacional y los regionales existentes, y se presenta el primer proyecto de creación de la Escuela Nacional de Espeleología.

En el año 1970 se realiza en Barcelona, el primer Congreso Nacional de Espeleología, encargándose de su organización el Comité Catalano-Balear de Espeleología. A partir de este año, las estructuras caen en una fuerte crisis, hasta que en el año 1976 y durante la celebración del IV Congreso Nacional en Marbella es elegida una nueva Junta Directiva que da un nuevo impulso a la estructura organizativa.

Tras muchos esfuerzos, en 1977 se expiden las primeras tarjetas del CNE independientes de las de la FEM, y la Asamblea aprueba un voto de censura al entonces presidente de la FEM por "las obstrucciones que la FEM realiza a la Espeleología nacional". Dos años más tarde (1979) el Consejo Superior de Deportes preveyendo la creación de una federación independiente, aprueba la creación de la Sección Española de Espeleología con dependencia económica y administrativa de la FEM.

En marzo de 1982 el Pleno del Consejo Superior de Deportes emite un informe favorable a la solicitud de creación de la Federación Española de Espeleología y su inscripción en el registro de federaciones, y un año más tarde aprueba sus estatutos. Estatutos confeccionados a partir de la legislación deportiva vigente, y que recogen entre otros, sus competencias y la estructura territorial basada en la división autonómica del Estado.

En 1986 con el patrocinio de la Federación Española, la Federación Catalana organiza el IX Congreso Internacional de Espeleología.

A finales de 1987 se crea la Escuela Española de Espeleología; órgano docente que tiene como objetivo primordial el homogeneizar la docencia de la Espeleología a nivel del Estado. Y en 1994 aparece el primer ejemplar de *Subterránea*, revista espeleológica que con una periodicidad semestral recoge puntualmente, entre otros, la actualidad espeleológica.

En la actualidad existen 16 Federaciones Territoriales, 350 Clubes y 6500 espeleólogos adscritos a la Federación Española de Espeleología.

3. LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA TÉCNICA

La evolución de las técnicas de exploración, ha ido de la mano de la disponibilidad de los materiales de cada época y de las propias dificultades de la cavidad a explorar. Junto con el ingenio que el explorador tenía que poner para resolver los problemas que se le planteaban.

Para las cavidades horizontales, tan sólo era necesario la utilización de medios de iluminación; la gran dificultad estaba en los resaltes que presentaban y sobre todo en las simas abiertas al exterior.

Así tenemos que para el descenso de la gran vertical de 116 m de la Sima de Cabra, en el año 1683 en un acta que levanta un notario en boca de sima, podemos leer: «*se cargan en un carreta mucha cantidad de maromas y maderos, y un palo muy grueso y largo, en el cual se pusieron tres garruchas en medio de él, muy afianzadas y Antonio Rodríguez del Campo, maestro carpintero hizo un torno de madera muy grueso... y dos maestros cordoneros fueron ingiriendo las dichas maromas unas con otras muy fuertemente, de forma que se hicieron dos cabos: el uno en que se pudiera ir afianzado el dicho Fernández Muñoz Romero, y el otro en que se pudiese atar, si se hallase dentro de la sima algún cuerpo difunto...»*.

Esta misma técnica utiliza Joseph Nagel en el año 1748, para descender la Sima de la Macocha.

En un dibujo publicado en el año 1852, en la obra de M. Sola *Montserrat Subterranea*, podemos observar que para el descenso de una vertical en la *Cova del Salnitre*, los expedicionarios utilizan una gran escalera de madera.

De la lectura de estas líneas podemos entresacar que la técnica siempre va de la mano de los conocimientos y medios tecnológicos disponibles en cada momento.

Con la llegada de las exploraciones sistemáticas de la mano de E. A. Martel, se revolucionan las técnicas de descenso en nuestro país, poniéndose a disposición del explorador escaleras de cuerda con peldaño

de madera, tornos de madera, escarpolet (barra horizontal de madera -tronco, bastón etc.-, sujeta por una cuerda de cáñamo, donde al explorador sentado se le hacía descender), o simplemente se le descendía atado a la propia cuerda. Ésta época, que podemos denominar de “los pioneros”, se puede encuadrar entre los años 1889 a 1930, siguiendo la misma clasificación publicada por TALLADA PÉREZ, N. (1987).

Muchos son los descensos efectuados en nuestro país con estas técnicas, así tenemos que el primer descenso de Font i Sagué a una gran vertical (*Avenc de Can Sadurní* de -75 m) en el año 1897, la realiza mediante el empleo de una especie de trapecio atado a una cuerda y pasado por una polea, a modo de escarpolet. Junto a esta cuerda echa al fondo otra que le serviría de guía, y durante la subida dichas cuerdas se lían, estando a punto de sufrir un accidente. De esta experiencia el Centro Excursionista de Cataluña decide comprar el material más idóneo para estos descensos: escaleras de cuerda con peldaños de madera. Con este nuevo material acomete las expediciones al *Avenc del Bruc*, descenso del primer pozo del *Avenc de la Ferla*, etc., todas ellas a finales del XIX.

Algunos años más tarde (1924), Rafael Amat consigue descender los 209 m de verticales del *Avenc de la Ferla* con el uso de escaleras de cuerda-madera, lo que marcaría un hito en la Espeleología nacional.

En el año 1930 R. de Joly, inventa las escaleras metálicas (cable de acero y peldaño de tubo de aluminio)

Con este nuevo material se produce una nueva revolución de las técnicas que van desde 1931 a 1965; se caracterizaría por el abandono progresivo de las escaleras de cuerda-madera y la utilización de las escaleras metálicas, tornos mecánicos de cable de acero y algún otro de cuerda; así como el empleo de las técnicas de montaña para el descenso *-rappel-*. Aparecen en el mercado las cuerdas de nylon; imponiéndose el uso en las grandes exploraciones el uso del teléfono por cable.

En Granada el Grupo de Espeleólogos Granadinos, en agosto de 1950, realiza el descenso de la Sima de Raja Santa (-120 m) mediante el empleo de escaleras metálicas fabricadas por ellos. Posteriormente en el 52, F. Ruiz de Arcaute introduce la utilización de las escalas metálicas en todas sus exploraciones, difundiéndose por el resto del país.

En el año 1953 se utiliza por vez primera el torno de cable, en el descenso de la gran vertical de entrada de la Sima de la Piedra de San Martín.

En Alicante, el Centro Exc. de Alcoy diseña en los años 60, un torno mecánico con un tambor de cuerda, que se utiliza para descender las grandes verticales de la comunidad valenciana.

Un nuevo desarrollo de las técnicas de progresión se produciría con el invento del francés H. Brenot en el año 1932; éste consistía en un descensor construido con una barra entre dos placas de metal, y, para el ascenso, utiliza unos bloqueadores mecánicos con un sistema de bloqueo muy similar a los “*Jumar*” actuales. Aunque su utilización fue muy temprana en el tiempo, a nuestro país no llega a implantarse generalizadamente hasta mediados de los años 70, aunque sí se habían realizado algunas experiencias por diversos colectivos de espeleólogos, (Grallera de Guara con -270 m en el año 1968, etc.).

En 1966 B. Dressler, desarrolla un descensor dinámico y nuevos bloqueadores estáticos, comenzándose su comercialización. Todo esto junto con la fabricación de nuevas cuerdas más resistentes hacen posible la técnica «Sólo Cuerda».

Para ampliar con más detalle la evolución de las técnicas de progresión, consultar *Fundamentos de la Práctica Espeleológica*, escrita por TALLADA PÉREZ, N. en Madrid, (1987).

4. BIBLIOGRAFÍA (DE INTERÉS HISTÓRICO)

BOLETINES DEL MUSEO ANDALUZ DE LA ESPELEOLOGÍA. Granada.

COMAS DE CANDEL, J.: *Apéndice: La Espeleología en España*. En: Lubke, A. *Los misterios del mundo subterráneo*. Labor S.A. 368 pág. Barcelona 1961.

DALE JACKSON, D.: *Mundos Subterráneos*. Planeta. 176 p. Barcelona 1988.

LLEGET, M.: *Técnica y aventura subterránea*. Hispano Europea. 356 p. Barcelona 1964.

MEMBRADO JULIÁN, J. L.: *Hacia la Federación Española de Espeleología. Un logro de todos. Actas 7º Congreso Español de Espeleología*. pp. 237-248. Federació Catalana d'Espeleologia. Barcelona 1996.

TALLADA PÉREZ, N.: *Fundamentos de la práctica Espeleológica. Evolución de las Técnicas de Progresión Vertical*. pp. 7-23. Federación Madrileña de Espeleología. Madrid 1987.

José Luis Membrado Julián

Técnica y formación en Espeleología
FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

IX

LA FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA



1. LA FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

La Federación Española de Espeleología (FEE) es una Entidad asociativa privada, sin ánimo de lucro, con personalidad jurídica y patrimonio propio e independiente del de sus asociados.

Pese a su calidad de entidad privada, la FEE ejerce por delegación, funciones públicas de carácter administrativo, actuando en este caso como agentes colaboradores de la Administración pública.

El ámbito de actuación de la FEE es el conjunto del territorio del Estado, desarrollando las competencias que le son propias y que vienen fijadas por la legislación deportiva vigente.

En la FEE están integradas las Federaciones Territoriales (FF.TT.), los Clubes y los Espeleólogos, estos últimos mediante la pertenencia a los Clubes adscritos a ella.



Emblema de la FEE diseñado por Luis Sáez Diez (Burgos) y adoptado como emblema del CNE en la Asamblea Extraordinaria celebrada en Cornejo (Burgos) el día 31 de Agosto de 1968.

2. SUS FINES Y COMPETENCIAS

Corresponde a la FEE, como actividad propia, el gobierno, administración, gestión, organización y reglamentación de la Espeleología; en su virtud es propia de ella:

- La enseñanza, promoción y divulgación de la Espeleología, dentro de su ámbito de competencias, en coordinación con las Federaciones Territoriales (FF.TT.), en todas sus manifestaciones, orientando la actuación de los espeleólogos hacia una mayor comprensión y conocimiento del mundo subterráneo y la adquisición de una técnica que permita la práctica de este deporte con la máxima seguridad.
- Estimular de forma técnica la práctica de la Espeleología con estudios y trabajos relativos a la misma, y en sus aspectos deportivos, científicos, educativos con otros deportes afines y también la promoción y organización como especialidad deportiva del descenso de cañones y barrancos.
- Apoyar técnica y administrativamente la Espeleología, en todos los aspectos y manifestaciones, dentro de España y en las salidas oficiales realizadas por españoles al extranjero.
- Fomentar y colaborar en las actividades científicas relacionadas con la Espeleología, tales como investigaciones y exploraciones geológicas, geográficas, meteorológicas, fauna, flora.
- Fomentar la defensa del patrimonio natural, histórico y paleontológico.

- Realizar las gestiones oportunas delante de los Órganos públicos y privados, para la protección y apoyo de la Espeleología, así como velar por el prestigio de la misma.
- Mantener las debidas relaciones con los Organismos Internacionales relacionados con las actividades espeleológicas así como otras Entidades de carácter estatal o Federaciones Españolas directa o indirectamente relacionadas con este deporte, o en torno a su actuación.
- Organizar las actividades, designación de zonas de trabajo y competiciones de ámbito estatal.
- En general, cuantas actividades sirvan para la promoción y conocimiento de la Espeleología.

Además de estas actividades descritas, la FEE ejerce bajo coordinación del Consejo Superior de Deportes (CSD) las siguientes funciones públicas de carácter administrativo:

- Calificar y organizar, en su caso, las actividades y competiciones oficiales de ámbito estatal.
- Actuar en coordinación con las FF.TT. para la promoción general de la Espeleología.
- Diseñar, elaborar y ejecutar, en colaboración, en su caso, con las FF.TT., los planes de preparación de los deportistas de alto nivel en sus respectivas modalidades deportivas, así como participar en la elaboración de las listas anuales de los mismos.
- Colaborar con la Administración del Estado y de las Comunidades Autónomas en la formación de técnicos deportivos y en la preparación, control y represión del uso de sustancias y grupos farmacológicos prohibidos y métodos no reglamentarios en el deporte.
- Organizar o tutelar las competiciones oficiales de carácter internacional que se celebren en el territorio del Estado.
- Ejercer la potestad disciplinaria deportiva, en los términos establecidos por la Ley del Deporte, sus específicas disposiciones de desarrollo según sus Estatutos y Reglamentaciones.
- Ejercer el control de las subvenciones que asigne a las FF.TT. y a los Clubes en las condiciones que fije el C.S.D.
- Ejecutar, en su caso, las resoluciones del Comité Español de Disciplina Deportiva.

3. MARCO LEGISLATIVO EN QUE SE MUEVE LA FEE

La FEE se rige, actualmente (1999), por lo dispuesto en la Ley del Deporte, Real Decreto sobre Federaciones Deportivas Españolas, disposiciones que conforman la legislación deportiva española, por sus Estatutos y su Reglamento General y, por las normas de orden interno que dicte en el ejercicio de sus competencias.

3.1. Los Estatutos

Las Federaciones deportivas españolas, de acuerdo con las disposiciones de la Ley del Deporte, y del Real Decreto sobre Federaciones deportivas españolas deben regular su estructura interna y funcionamiento, ajustándose a principios democráticos y representativos. Los Estatutos de la FEE intentan compaginar estas reglamentaciones específicas con las peculiaridades de nuestro deporte. Estos Estatutos constan de 81 artículos, una disposición transitoria y dos finales distribuidos del siguiente modo:

- TÍTULO I, DISPOSICIONES GENERALES. Compuesto por 6 artículos, definen qué es la Federación, sus objetivos y competencias, el domicilio social y su estructura territorial.

- **TÍTULO II, FEDERACIONES TERRITORIALES.** Compuesto por 7 artículos, definen las competencias de las Federaciones de ámbito autonómico (las Federaciones Territoriales), ámbito de actuación, sistema de integración dentro la FEE y sus derechos y deberes respecto a la FEE.
- **TÍTULO III, DE LOS CLUBES.** Compuesto por 2 artículos, definen lo que son los Clubes y secciones espeleológicas.
- **TÍTULO IV, DE LOS ESPELEÓLOGOS.** Compuesto por 4 artículos, definen el concepto de licencia federativa y su obligatoriedad para participar en actividades deportivas.
- **TÍTULO V, DE LOS ÓRGANOS DE LA FEE.** Compuesto por 33 artículos distribuidos en cinco capítulos. Definen y desarrollan los órganos de gobierno y representación: La Asamblea y su Comisión Delegada y el Presidente. Los órganos complementarios: La Junta Directiva. Los órganos de régimen interno: Secretario General, Gerente y Coordinador de Espeleo Socorro. Y por último, la Escuela Española de Espeleología como órgano docente.
- **TÍTULO VI, DEL RÉGIMEN DISCIPLINARIO.** Compuesto por 18 artículos, definen el ámbito de la disciplina federativa, tipo de infracciones y sus correspondientes sanciones.
- **TÍTULO VII, DEL RÉGIMEN ECONÓMICO.** Compuesto por 2 artículos. Definen las obligaciones presupuestarias y funcionamiento económico de la FEE así como sus fuentes de ingresos.
- **TÍTULO VIII, DEL RÉGIMEN DOCUMENTAL Y CONTABLE.** Compuesto por un artículo único donde se definen los Libros que integran el régimen documental y contable de la FEE.
- **TÍTULO IX, DE LA DISOLUCIÓN DE LA FEE.** Compuesto por un solo artículo. Define las causas de disolución de la Federación.
- **TÍTULO X, DE LA APROBACIÓN Y MODIFICACIÓN DE LOS ESTATUTOS Y REGLAMENTOS FEDERATIVOS.** Compuesto por un único artículo. Define el proceso de confección, modificación de los Estatutos y Reglamentos federativos.

Estos Estatutos fueron aprobados por la Asamblea General de la FEE en reunión extraordinaria celebrada en Barcelona el día 5 de Junio de 1993, aprobados por la Comisión Directiva del CSD el 24 de Septiembre y publicados en el Boletín Oficial del Estado el 14 de Octubre del mismo año.

3.2. LOS REGLAMENTOS

Con el paso del tiempo y según las necesidades surgidas dentro de la Federación se han confeccionado y aprobado los siguientes Reglamentos de funcionamiento interno:

- **Electoral.** Que regula el procedimiento electoral de elección de la Asamblea General, su Comisión Delegada y Presidente.
- **De afiliación de los Clubes a la FEE.** Que regula los requisitos y forma de afiliarse los Clubes a la FEE.
- **De actividades y competiciones espeleológicas de ámbito estatal.** Que regula y define las actividades oficiales de ámbito estatal e internacional. En su Anexo I figura el "Reglamento para la coordinación de expediciones espeleológicas en el estado español".
- **De Uso del Refugio Libre de San Pedro de Soba.** Regula el uso de la zona libre de las instalaciones que la FEE posee en San Pedro de Soba (Cantabria).
- **De la Escuela Española de Espeleología.** Que regula el funcionamiento interno de la FEE.
- **De expedición de la licencia de la FEE y de habilitación de las licencias expedidas por las Federaciones Territoriales.** Que regula la licencia de la FEE, contenido y tramitación así como la habilitación de las licencias expedidas por las Federaciones Territoriales.

3.3. CREACIÓN Y MODIFICACIÓN DE LOS ESTATUTOS Y REGLAMENTOS FEDERATIVOS

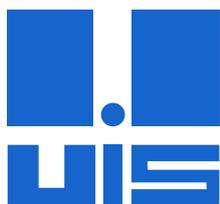
La aprobación o reforma de los Estatutos y Reglamentos Generales de la FEE se ajustan al siguiente procedimiento:

- a) El proceso de modificación, salvo cuando éste fuera por imperativo legal, se iniciará a propuesta, exclusivamente, del Presidente de la FEE o de dos tercios de los miembros de la Comisión Delegada.
- b) Los reglamentos y modificaciones a los mismos serán aprobados por la Comisión Delegada.
- c) Tratándose de Estatutos, se convocará a la Asamblea General, a quien corresponde su aprobación, la cual decidirá tras discutirse el texto propuesto y las enmiendas, en su caso, presentadas.
- d) Recaída, en su caso, la pertinente aprobación, se elevará lo acordado al Consejo Superior de Deportes, a los fines que prevé el artículo 10.2, b), de la Ley del Deporte.
- e) Aprobado el nuevo texto, si de Estatutos se tratara, por la Comisión Directiva del Consejo Superior de Deportes, se publicará en el “Boletín Oficial del Estado” y se inscribirá en el Registro de Asociaciones correspondiente.

4. MARCO ORGANIZATIVO EN QUE SE MUEVE LA FEE

4.1. UNIÓN INTERNACIONAL DE ESPELEOLOGÍA

La Unión Internacional de Espeleología (UIS) se constituyó en la Asamblea celebrada el día 16 de Septiembre de 1965, en Ljubjana (Eslovenia) coincidiendo con el 4º Congreso Internacional de Espeleología. En la Asamblea estaban presentes delegados de 26 países de los cuales, 24 votaron a su favor y los dos restantes se abstuvieron. También se eligió a un “Bureau” provisional hasta el siguiente Congreso de 1969, que se celebró en Stuttgart (Alemania).



Emblema de la Unión Internacional de Espeleología

En 1975, la UIS es reconocida como organización no gubernamental de categoría C por la UNESCO; siete años más tarde se presenta a este organismo la propuesta de cambio de categoría de la “C” a la “B”. Y en la Junta Ejecutiva del 16 de Agosto de 1983 se le reconoce la nueva categoría como organismo informativo y consultivo de la UNESCO.

Sus órganos de gobierno son:

- La Junta Directiva, formada por: Un Presidente, dos Vicepresidentes, un Secretario General-Tesorero y Seis Secretarios Adjuntos.
- La Asamblea General, formada por los delegados de los países miembros, se reúne coincidiendo con los congresos.

La decisión de celebrar cada 3 o 4 años un Congreso Internacional de Espeleología fue tomada durante una reunión internacional de espeleólogos celebró en la ciudad francesa de Valence-sur-Rhône (22 al 25 de Agosto de 1949). El primer congreso se celebró los días 7 al 12 de Septiembre de 1953 en París (Francia) y a partir de entonces se han ido celebrando ininterrumpidamente, si bien ha ido variando la periodicidad según las necesidades de los organizadores.

I	-	1953	-	París (Francia)
II	-	1958	-	Bari, Lecce, Salerno (Italia)
III	-	1961	-	Viena, Obertraum, Salzburgo (Austria)
EN EL SENO DE LA UIS				
IV	-	1965	-	Postojna, Ljubjana, Dubraunik (Eslovenia)
V	-	1969	-	Stuttgart (Alemania)
VI	-	1973	-	Olomouc (Ex-Checoslovaquia)
VII	-	1977	-	Sheffield (Inglaterra)
VIII	-	1981	-	Kentucky (USA)
IX	-	1986	-	Barcelona (España)
X	-	1989	-	Budapest (Hungría)
XI	-	1993	-	Beijing (China)
XII	-	1997	-	La Chaux de Fonds (Suiza)

[Congresos Internacionales realizados hasta la fecha.](#)

4.2. LA FEDERACIÓN EUROPEA DE ESPELEOLOGÍA

La Federación Europea de Espeleología (FSCE) fue creada oficialmente en la Asamblea Constituyente celebrada en Udine (Italia) el día 8 de Septiembre de 1990 durante el XVI Congreso Italiano de Espeleología, como colofón a la idea surgida en la reunión de Millau (Francia) del 2 de Julio de 1988.

Son miembros las Federaciones o Asociaciones Nacionales reconocidas por cada país de la UE.

Tiene como objetivos:



Emblema de la
Federación Europea de
Espeleología

- a) La unión de las Federaciones o Asociaciones Nacionales que agrupan a los espeleólogos de los países de la Unión Europea.
- b) Apoyar las acciones dentro del marco de las instituciones políticas, jurídicas, administrativas y económicas de la UE y, su representación junto a esas instancias.
- c) La promoción de las actividades espeleológicas deportivas y científicas a nivel de la UE, y especialmente la formación, socorro, protección de cavidades, los karsts, las aguas y la información.
- d) La elaboración de una gestión común en materia de seguros y acceso a lugares subterráneos.
- e) La defensa de la Espeleología en todas sus formas.

Está constituida por:

- La Asamblea General, que componen los delegados representantes de los países miembros.
- La Comisión Directiva, formada por: El Presidente, un Vicepresidente, un Secretario General y un Tesorero. Éstos, son elegidos entre los Delegados mediante votación secreta, puesto a puesto, por los miembros de la Asamblea, siendo la duración del cargo de dos años.

4.3. EL COMITÉ OLÍMPICO ESPAÑOL

El Comité Olímpico Español (COE), constituido de acuerdo con los principios y normas del Comité Olímpico Internacional, es un organismo sin fines de lucro, con personalidad jurídica, plena capacidad de obrar, patrimonio propio y duración ilimitada.

Tiene como objeto el desarrollo y perfeccionamiento del movimiento olímpico y del deporte, estimulando u orientando su práctica y la preparación de las actividades que tengan representación en los Juegos Olímpicos; asimismo, fortalecer el ideal olímpico entre los españoles mediante la adecuada divulgación de su espíritu y filosofía, con objeto de difundir los principios fundamentales del deporte.

En el cumplimiento de sus fines, el COE actúa en colaboración con las Federaciones Deportivas Españolas afiliadas a las Federaciones Internacionales reconocidas por el COI, y con aquellas otras Federaciones y Organizaciones Deportivas propias o reconocidas legalmente en el Deporte Español.

4.4. EL CONSEJO SUPERIOR DE DEPORTES

El Consejo Superior de Deportes (CSD) es el Organismo por el cual actúa la Administración del Estado en el ámbito del Deporte. Es un Organismo autónomo de carácter administrativo, adscrito al Ministerio de Educación y Ciencia, y su presidente tiene el rango de Secretario de Estado.

La estructura del CSD, composición y funcionamiento vienen fijados básicamente por el Real Decreto 765/1992 del 26 de Junio, sobre estructura orgánica básica del Consejo Superior de Deportes ("BOE" nº 171, del 17 de Julio de 1992), el Real Decreto 1242/1992 ("BOE" nº 269, de 9 de Noviembre de 1992 y "BOE" nº 33, del 8 de Febrero de 1993), que regulan la composición y funcionamiento de la Comisión Directiva del CSD y además, por la propia Ley del Deporte y futuras disposiciones.

Las competencias del CSD son:

- Autorizar y revocar de forma motivada la constitución y aprobar los estatutos y reglamentos de las Federaciones Deportivas Españolas.
- Reconocer a los efectos de la Ley del Deporte, la existencia de una modalidad deportiva.
- Acordar, con las Federaciones Deportivas Españolas sus objetivos, programas deportivos, en especial los del deporte de alto nivel, presupuestos y estructuras orgánicas y funcional de aquéllas, suscribiendo al efecto los correspondientes convenios. Tales convenios tienen naturaleza jurídico-administrativa.
- Conceder las subvenciones económicas que procedan, a las Federaciones Deportivas y demás Entidades y Asociaciones Deportivas, inspeccionando y comprobando la adecuación de las mismas al cumplimiento de los fines previstos por la Ley del Deporte.
- Calificar las competiciones oficiales de carácter profesional y ámbito estatal.
- Promover e impulsar la investigación científica en materia deportiva, de conformidad con los criterios establecidos en la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica.
- Promover e impulsar medidas de prevención, control y represión del uso de sustancias y métodos no reglamentarios, destinados a aumentar la capacidad física de los deportistas o a modificar los resultados de las competiciones.
- Actuar en coordinación con las Comunidades Autónomas respecto a la actividad deportiva general, y cooperar con las mismas en el desarrollo de las competencias que tienen atribuidas en sus respectivos estatutos.
- Autorizar o denegar, previa autorización del Ministerio de Asuntos Exteriores, la celebración en territorio español de competiciones deportivas oficiales de carácter internacional, así como la participación de Selecciones Españolas en las competiciones internacionales.

- Coordinar con las Comunidades Autónomas la programación del deporte escolar y universitario, cuando tenga proyección nacional e internacional.
- Elaborar y ejecutar, en colaboración con las Comunidades Autónomas y, en su caso, con las Entidades Locales, los planes de construcción y mejora de instalaciones deportivas para el desarrollo del deporte de alta competición, así como actualizar, en el ámbito de sus competencias, la normativa técnica existente sobre este tipo de instalaciones.
- Elaborar propuestas para el establecimiento de las enseñanzas mínimas de las titulaciones de técnicos deportivos especializados.

Asimismo le corresponde colaborar en el establecimiento de los programas y planes de estudio relativos a dichas titulaciones, reconocer los centros autorizados para impartirlos, e inspeccionar el desarrollo de los programas de formación en aquellas Comunidades Autónomas que no hayan asumido competencias en materia de Educación.

- Autorizar los gastos plurianuales de las Federaciones Deportivas Españolas en los supuestos reglamentarios previstos; determinar el destino del patrimonio neto de aquéllas en caso de disolución, controlar las subvenciones que les hubiera otorgado y autorizar el gravamen y enajenación de sus bienes inmuebles, cuando éstos hayan sido financiados total o parcialmente con fondos públicos del Estado.
- Actualizar permanentemente el censo de instalaciones deportivas en colaboración con las Comunidades Autónomas.
- Autorizar la inscripción de las Sociedades Anónimas Deportivas en el Registro de Asociaciones Deportivas, con independencia de su inscripción en los registros de las Comunidades Autónomas correspondientes.
- Autorizar la inscripción de las Federaciones Deportivas Españolas en las correspondientes Federaciones Deportivas de carácter internacional.
- Colaborar en materia de medio ambiente y defensa de la naturaleza con otros organismos públicos con competencias en ello y con las Federaciones, especialmente relacionadas con aquéllos.
- Cualquier otra facultad atribuida legal o reglamentariamente que contribuya a la realización de los fines y objetivos señalados en la presente Ley.

5. ESTRUCTURA DE LA FEE

5.1. LAS FEDERACIONES DE ÁMBITO AUTONÓMICO

La FEE se estructura territorialmente de acuerdo con sus necesidades deportivas y en consonancia con la distribución autonómica del Estado. Esta organización se conforma por las siguientes Federaciones de ámbito autonómico:

Federación Andaluza	Federación Catalana
Federación Aragonesa	Federación Gallega
Federación Asturiana	Federación Madrileña
Federación Balear	Federación de la Región de Murcia
Federación Canaria	Federación Navarra
Federación Cantabria	Federación Riojana
Federación Castellana y Leonesa	Federación Valenciana
Federación Castellana Manchega	

Las Federaciones Territoriales (FF.TT.) se rigen por la legislación específica de la Comunidad Autónoma a la que pertenecen, por sus Estatutos y Reglamentos y demás disposiciones propias de orden interno y por la legislación española general. Asimismo deben de ajustar sus normas estatutarias, en lo que sea necesario, a los Estatutos de la FEE; debiendo de reconocer a la FEE tanto las competencias que le son propias como las públicas de carácter administrativo que le corresponde.

Las FF.TT. deberán estar integradas en la FEE para que sus miembros puedan participar en actividades oficiales de ámbito estatal o internacional. Esta integración se realiza bajo la aplicación de las siguientes reglas:

- Las FF.TT. conservan su personalidad jurídica, su patrimonio propio y diferenciado, su presupuesto y su régimen jurídico particular.
- Los Presidentes de las FF.TT. forman parte de la Asamblea General de la FEE.
- El Régimen disciplinario deportivo, cuando se trate de actividades o competiciones oficiales de ámbito estatal, es el previsto en la legislación deportiva española y los Estatutos de la FEE, con independencia del contenido en las disposiciones vigentes en los respectivos ámbitos autonómicos.
- Las FF.TT. ostentarán la representación de la FEE en la respectiva Comunidad Autónoma, no pudiendo existir delegación Territorial de la FEE en ella.

Las FF.TT. integradas deben de facilitar a la FEE:

- Los miembros de sus Juntas Directivas, memorias y calendario de actividades y acuerdos tomados por sus asambleas que puedan tener incidencia en otros FF.TT..
- Sus normas estatutarias y reglamentaciones así como las modificaciones, altas y bajas de sus Clubes afiliados así como actualización de sus Juntas Directivas.
- La documentación necesaria para el control de las subvenciones que reciban de ella o a través de ella.

Y están obligadas a:

- Comunicar, para su aprobación, los acuerdos o convenios que establezcan con sus Comunidades Autónomas que afecten a materias de competencia de la FEE.
- Satisfacer las posibles cuotas que la FEE establezca.

Las FF.TT. integradas pueden dentro de su ámbito funcional y territorial:

- Representar la autoridad de la FEE.
- Promover, ordenar y dirigir la Espeleología.
- Controlar, dirigir, desarrollar y organizar las actividades realizadas.
- Ostentar la autoridad deportiva inmediata superior a todos sus Clubes y espeleólogos.
- La inscripción de Clubes que nunca podrán ser de fuera de su demarcación.

En la actualidad, y dado que el colectivo de espeleólogos vascos no han solicitado ante su Comunidad Autónoma la creación de una Federación propia, la FEE posee en el País Vasco una Delegación.

5.2. Los CLUBES

Son Clubes las asociaciones privadas, integradas por personas físicas, que tengan por objeto principal, en nuestro caso, la promoción de la Espeleología, la práctica de la misma por sus asociados, así como la participación en actividades de la FEE, siempre que estén inscritos dentro de ella a través de sus FF.TT.

El reconocimiento de los Clubes ante la FEE se acredita mediante el certificado de inscripción en el Registro de Asociaciones Deportivas de su Comunidad Autónoma.

Se consideran también como Clubes a las Secciones de Espeleología creadas dentro de Entidades con otro fin principal siempre que éstas figuren afiliadas a la FEE.

Los Clubes ejercen la potestad disciplinaria sobre sus socios de acuerdo con sus propias normas estatutarias y con el resto del ordenamiento jurídico deportivo.

5.3. LOS ESPELEÓLOGOS. LA LICENCIA DE LA FEE

Comité Nacional	
1977	4.494
1978	4.230
1979	4.340
1980	4.462
Sección Española	
1981	4.330
1982	4.095
Federación Española	
1983	3.400
1984	4.065
1985	4.500
1986	5.035
1987	5.157
1988	5.093
1989	5.397
1990	6.142
1991	6.227
1992	6.667
1993	7.190
1994	7.172
1995	6.947
1996	6.729
1997	6.628
1998	6.121
1999	5.532

La licencia de la FEE es un derecho individual del espeleólogo que se ejercita a través de la pertenencia de éste a los Clubes; es única, personal e intransferible y su validez es del año natural. Excepcionalmente, la FEE puede autorizar previo informe, la expedición de licencias de ámbito estatal a personas que no pertenezcan a un club (Campañas de promoción, Cuerpos profesionales de rescate,...).

La posesión de la licencia federativa es necesaria para poder participar en las actividades y competiciones oficiales de ámbito estatal, así como el poder participar y beneficiarse de la propia vida federativa.

La licencia puede ser tramitada de tres formas:

- Directamente por la FEE.
- De forma delegada por las FF.TT.
- Por las FF.TT., conjuntamente con la licencia de ámbito autonómico, mediante habilitación por parte de la FEE.

5.3.1. Categorías

Atendiendo a la edad existen tres tipos de categorías:

- Mayores: a partir de los 18 años cumplidos
- Juveniles: de 14 a 17 años
- Infantiles: de 10 a 13 años

5.3.2. La cuota

La cuota de la licencia es distinta según la categoría a la que se refiera. En esta cuota están incluidos los siguientes conceptos (1999):

- La cuota correspondiente a la inscripción a la FEE.
- Seguro de accidentes deportivos.

Evolución del número de licencias desde 1977. Este año fue el primero en el que se inició la expedición de nuestras licencias independientemente de las licencias de la Federación Española de Montañismo.

En las licencias que tramitan las Federaciones Territoriales, bien por delegación o por estar sus licencias habilitadas por la FEE, figura también la cuota correspondiente a la F.T.

Las cuotas de la licencia son aprobadas por la Asamblea General a propuesta de la Junta Directiva.

FEDERACION ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGIA

NOMBRE CLUB
FEDERACION EXPEDIDA EL
1999

D.N.I.
Licencia Deportiva MAYORES
Presidente F.E.E.

MODALIDAD DEL SEGURO ELEGIDA*	F.E.E.	F.T.	TOTAL
A 2.100 Pts	1.400 Pts	Pts	Pts
B 2.800 Pts			
B1 3.855 Pts			

* Téchese lo que no proceda

Reglamento expedición/habilitación de licencias aprobado por la Comisión Delegada de la A.G. de la F.E.E. el día 20 de Junio de 1998

GENERAL
Esta tarjeta es válida desde el 1 de enero al 31 de diciembre
La posesión de esta tarjeta es obligatoria para participar en actividades organizadas y/o promovidas por la Federación Española de Espeleología, Federaciones Territoriales y Clubes adscritos a la misma.
Su posesión comprende los siguientes beneficios:
• Seguro de accidente deportivo.
• Acceder a ayudas económicas por la participación en Actividades (internacionales, estatales o autonómicas) o Cursos.
• Acceso en condiciones especiales a los Parques Nacionales de Picos de Europa y Ordesa Monte Perdido.
• Utilización del refugio de la FEE en San Pedro de Soba (Cantabria) y los refugios de Liñares (Pedrafita), Mondoñedo y Covas, todos ellos de la F.G.E., según condiciones establecidas en cada uno de ellos.

La licencia de la Federación Española de Espeleología.

5.3.3. El seguro de accidentes deportivos

La licencia de la FEE incluye un seguro de accidentes deportivos suscrito con la Mutuality General Deportiva (MGD). Pudiendo elegir el espeleólogo entre tres modalidades con diferentes prestaciones y coberturas. Las coberturas de estas diferentes modalidades son:

- Modalidad A: España
- Modalidad B: España, Francia y Marruecos
- Modalidad B1: Todo el mundo

5.3.4. Actuación en caso de lesión

En caso de lesión el accidentado se dirigirá a uno de los centros asistenciales concertados por la MGD con la licencia federativa (requisito obligado e inexcusable) y certificado de accidente.

En caso de urgencia y falta por la zona de un centro concertado, se deberá dirigir al centro hospitalario de la Seguridad Social más cercano.

El método a seguir en caso de lesión, así como los centros sanitarios, están sujetos a modificaciones por parte de la MGD.

SUMAS, RIESGOS CUBIERTOS Y PRIMAS	A España	B Europea y Marruecos	B1 Todo el mundo
Asistencia Médico-Quirúrgica-Sanatorial	ILIMITADA	ILIMITADA	ILIMITADA
Asistencia farmacéutica en régimen hospitalario	ILIMITADA	ILIMITADA	ILIMITADA
Asistencia en régimen hospitalario concertado, de los gastos de prótesis y material de osteosíntesis	ILIMITADA	ILIMITADA	ILIMITADA
Rehabilitación. Previo control por los Servicios Médicos M.G.D.	ILIMITADA	ILIMITADA	ILIMITADA
Resonancia Magnética Nuclear. Previa autorización por los Servicios Médicos M.G.D.	INCLUIDA	INCLUIDA	INCLUIDA
Asistencia Médico-Quirúrgica-Farmacéutica y Sanatorial en accidentes ocurridos en el extranjero	EXCLUIDO	1.000.000 PTS	1.000.000 PTS
Indemnizaciones por pérdidas anatómicas y/o funcionales	S / BAREMO	S / BAREMO	S / BAREMO
Auxilio al fallecimiento como consecuencia directa del accidente deportivo <i>En el caso de los menores de 14 años la indemnización como gastos de sepelio ascenderá a:</i>	1.250.000 pts 375.000 pts	1.250.000 pts 375.000 pts	1.250.000 pts 375.000 pts
Auxilio al fallecimiento en la práctica deportiva sin causa directa del accidente deportivo	300.000 pts	300.000 pts	300.000 pts
Gastos originados por adquisición de material ortopédico	70% P.V.P.	70% P.V.P.	70% P.V.P.
Gastos originados odonto-estomatología <i>Hasta:</i>	40.000 pts	40.000 pts	40.000 pts
Gastos de traslado o evacuación desde el lugar del accidente hasta su hospitalización en el Centro Concertado próximo	ILIMITADO	ILIMITADO	ILIMITADO
Gastos de alojamiento de un familiar, en caso de fallecimiento por accidente deportivo en territorio del Estado Español, previa presentación de las facturas y recibos correspondientes <i>Hasta 5.000 pts/día, máximo 5 días</i>	INCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO
Gastos de desplazamiento de un familiar, en caso de fallecimiento por accidente deportivo en territorio del Estado Español, previa presentación de las facturas y recibos correspondientes <i>Hasta 50.000 pts</i>	INCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO
Gastos de alojamiento de un familiar, en caso de fallecimiento por accidente deportivo en el extranjero, previa presentación de las facturas y recibos correspondientes <i>Hasta 5.000 pts/día, máximo 5 días</i>	EXCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO
Gastos de desplazamiento de un familiar, en caso de fallecimiento por accidente deportivo en el extranjero, previa presentación de las facturas y recibos correspondientes <i>Hasta 100.000 pts</i>	EXCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO
Mordeduras de animales y picaduras de insectos. Incluido el fallecimiento <i>Hasta:</i>	500.000 pts	500.000 pts	500.000 pts
Responsabilidad Civil. Incluida defensa, fianzas y reclamaciones judiciales excepto en Estados Unidos de América y Canadá. A través de la Compañía Hannover Internacional.	INCLUIDO	INCLUIDO	INCLUIDO

Coberturas y primas por modalidades del seguro deportivo de accidentes
contratado con la Mutualidad General Deportiva correspondientes al año 2000

6. ÓRGANOS DE LA FEE

La FEE tiene como órganos fundamentales:

- De gobierno y representación:
 - La Asamblea General y su Comisión Delegada
 - El Presidente
- Complementarios
 - La Junta Directiva.
- Técnicos
 - Escuela Española de Espeleología
- De justicia federativa
 - El Comité Jurisdiccional y de Conciliación
 - El Comité de Apelación

Asimismo, se pueden formar cuantas Comisiones considere oportunas la Junta Directiva y apruebe la Asamblea.

Las sesiones de los órganos colegiados de la FEE son convocadas por el Presidente o, a requerimiento de éste, por el Secretario, realizando la convocatoria con las previsiones que vienen fijadas por los Estatutos; si no existen o en el supuesto de especial urgencia, la convocatoria se puede realizar con una antelación mínima de cuarenta y ocho horas.

Quedan validamente constituidas, en primera convocatoria, cuando asista la mayoría absoluta de sus miembros, y en segunda, cuando esté presente, al menos, un tercio. Ello es sin perjuicio de aquellos supuestos específicos en que los Estatutos requieran un quórum de asistencia mayor.

Los acuerdos se adoptan por mayoría simple, salvo en los supuestos en que los Estatutos prevean un quórum más cualificado, teniendo cada representante un voto.

De todas las sesiones se levanta acta, de la forma siguiente: Se especifica el nombre de las personas que hayan asistido, las intervenciones, resumidas, que hubiera, y las demás circunstancias que se consideren oportunas, así como el resultado de las votaciones, con especificación de los votos a favor, los en contra, los particulares, en su caso, y las abstenciones, y el texto de los acuerdos adoptados.

Los votos contrarios a los acuerdos de los órganos colegiados, o las abstenciones motivadas, eximen de las responsabilidades que pudieran derivarse de su adopción.

6.1. LOS MIEMBROS DE LOS ÓRGANOS

6.1.1. Requisitos para ser miembro

Para ser miembro de los órganos de la FEE hay que tener los siguientes requisitos:

- Ser español.
- Tener mayoría de edad civil.
- No estar inhabilitado para desempeñar cargos públicos.

- Tener plena capacidad de obrar.
- No estar sujeto a sanción disciplinaria deportiva que inhabilite para ello.
- No estar incurso en las incompatibilidades establecidas legal o estatutariamente.
- Los específicos que, para cada caso, si los hubiera, determinen los Estatutos y/o reglamentos.
- No obtener provecho material personal, derivado de determinada actividad económica, comercial, industrial o profesional, relacionada con la Espeleología.

6.1.2. Sus derechos y responsabilidades

Son derechos de los miembros de la organización federativa:

- Tomar parte en las deliberaciones, expresando libremente sus opiniones en cuantas cuestiones sean objeto de tratamiento o debate en el seno del órgano del que sean miembros y ejercer su derecho al voto, haciendo constar, en su caso, si lo desean, el particular razonado que emitan.
- Intervenir en las tareas federativas propias del cargo o función que ostenten, cooperando en la gestión que compete al órgano al que pertenecen.
- Conocer el contenido de las actas de las sesiones del órgano del que forman parte.
- Los demás que, reglamentariamente, se establezcan.

Son sus obligaciones, también básicas:

- Concurrir, cuando sean formalmente citados para ello, a las reuniones, salvo que lo impidan razones de fuerza mayor.
- Desempeñar, en la medida de lo posible, las comisiones que se les encomienden.
- Colaborar lealmente en la gestión federativa guardando, cuando fuere menester, el secreto sobre las deliberaciones.
- Las demás que se determinen por vía reglamentaria.

Con independencia de las responsabilidades penales, civiles y administrativas que de forma general consagra el ordenamiento español, los miembros de los diferentes órganos de la FEE son responsables, específicamente, de los actos, resoluciones o acuerdos adoptados por aquél del que formen parte, con la salvedad indicada anteriormente.

También son responsables por el incumplimiento de los acuerdos de cualesquiera de los órganos federativos, normas generales o comisión de las faltas previstas en el régimen disciplinario federativo, en los términos previstos en la Legislación deportiva general, en los Estatutos y Reglamentos de la Federación.

6.1.3. Su elección y cese

Son órganos electivos el Presidente, la Asamblea General y su Comisión Delegada. Los demás órganos serán designados y revocados libremente por el Presidente.

Todos los miembros de los órganos colegiados federativos que formen parte de ellos por elección, desempeñan su mandato durante cuatro años, coincidentes con el período olímpico de que se trate y pueden, en todo caso, ser reelegidos, salvo el Presidente si hubiera ostentado ininterrumpidamente su cargo durante tres períodos inmediatamente anteriores, cualquiera que hubiera sido su duración.

En el caso de que, por cualquier circunstancia, no consumaran aquel período de mandato, quienes ocupen en su caso las vacantes ejercerán el cargo por tiempo igual al que restase por cumplir a los sustituidos, los cuales no podrán presentarse a una nueva elección hasta que transcurra el período olímpico para el que fueran elegidos.

Los miembros de los órganos de la FEE cesan por las siguientes causas:

- Expiración del período de mandato.
- Remoción, en los supuestos en que proceda, por no tratarse de cargos electivos.
- Dimisión.
- Incapacidad que impida el desempeño del cargo.
- Incurrir en alguna de las causas de inelegibilidad enumeradas anteriormente.
- Incompatibilidad, sobrevenida, de las establecidas legal o estatutariamente.
- Tratándose del Presidente de la FEE lo será también el voto de censura.

Serán requisitos para el voto de censura:

- Que se formule por un tercio, al menos, de los miembros de la Asamblea General, formalizado individualmente por cada uno de los proponentes mediante escrito motivado y firmado, con el que se adjuntará copia del documento nacional de identidad.
- La Asamblea se deberá de convocar en un plazo máximo de 30 días y mínimo de 20 días siendo presidida por el miembro de mayor edad y ejerciendo de Secretario de la misma el de menor edad.
- Que se apruebe por la mayoría absoluta de los asistentes sin que, en ningún caso, se admita el voto por correo.

6.2. LA ASAMBLEA GENERAL

La Asamblea General es el órgano de gobierno y representación de la Federación.

6.2.1. Su composición y elección

La Asamblea General está compuesta por los siguientes miembros:

- El Presidente de la FEE.
- Los Presidentes de las FF.TT. integradas en la FEE.
- El presidente de la Delegación de la FEE en el País Vasco.
- 19 Clubes, en representación del estamento de Clubes.
- 11 espeleólogos, en representación del estamento de deportistas.
- 2 técnicos, en representación del estamento de Técnicos.

Además puede asistir a las sesiones de la Asamblea con voz pero sin voto, el Presidente saliente del último mandato.

La cualidad de miembro de la Asamblea corresponde a los Clubes que resulten elegidos, y su representación corresponde a su Presidente, a quien estatutariamente le sustituya, o la persona que el club designe.

Son requisitos generales para ser electores y elegibles:

- En los estatutos de espeleólogos y técnicos, tener cumplidos, como electores los 16 años y como elegibles los 18 años, y estar en posesión de licencia o titulación, en la cualidad que corresponda, en el momento de la convocatoria de los comicios, y haberla tenido el año anterior.
- En el estatuto de Clubes, los que en el momento de la convocatoria hayan realizado actividad deportiva y lo hayan hecho también el año anterior (tramitado licencias).

La composición y elección de la Asamblea General vienen reguladas por el Reglamento Electoral.

6.2.2. Funciones y reuniones

La Asamblea General se puede reunir en Pleno o en Comisión Delegada.

Corresponde a la Asamblea General, en reunión plenaria, con carácter necesario:

- La aprobación del presupuesto anual y su liquidación.
- La aprobación del calendario deportivo.
- La aprobación y modificación de los Estatutos.
- La elección y cese del Presidente.
- La elección de su Comisión Delegada, correspondiéndole asimismo su eventual renovación.
- Autorizar el gravamen o enajenación de bienes inmuebles cuando el importe de la operación sea igual o mayor al 10 por 100 del presupuesto de la FEE o a 50.000.000 de pesetas, precisándose para tal aprobación la mayoría absoluta de los presentes (Estas cantidades y porcentajes son revisados anualmente por el CSD).
- Resolver las proposiciones que le sometan la Junta Directiva de la FEE, o los propios asambleístas en número no inferior al 20 por 100 del total.
- Las competencias que se le otorgue reglamentariamente.
- Regular y modificar las competiciones oficiales, y sus clases, en las diversas categorías, así como el sistema y forma de aquéllas.

La Asamblea General se reúne, una vez al año en sesión plenaria ordinaria para los fines de su competencia. Las demás reuniones tienen carácter extraordinario y pueden ser convocadas a iniciativa del Presidente, por acuerdo de la Comisión Delegada adoptado por mayoría, o a solicitud de un número de miembros de la Asamblea no inferior al 20 por 100.

La convocatoria de la Asamblea corresponde al Presidente de la FEE y debe efectuarse con una antelación de treinta días, salvo los supuestos expresados con anterioridad.

A la convocatoria se le adjunta su orden del día, así como la documentación concerniente a los asuntos que vayan a tratarse, si bien esto último puede remitirse dentro de los diez días previos a la fecha de su celebración o, incluso, hasta cuarenta y ocho horas antes de la misma, en los supuestos de urgencia indicados anteriormente.

Pueden tratarse en la Asamblea, cuando concurren razones de especial urgencia, asuntos o propuestas que presenten el Presidente o la Junta Directiva hasta cuarenta y ocho horas antes de la fecha de la sesión, siempre que preste su aprobación la mayoría absoluta de los asistentes.

6.3. LA COMISIÓN DELEGADA DE LA ASAMBLEA GENERAL

6.3.1. Composición y elección

La Comisión Delegada de la Asamblea General está compuesta por el Presidente de la FEE y seis miembros, de los cuales corresponde un tercio a los Presidentes de FF.TT., otro a los Clubes y otro a los espeleólogos.

Los miembros son elegidos por y entre los miembros de los respectivos estamentos que forman la Asamblea.

6.3.2. Funciones y reuniones

Corresponde a la Comisión Delegada de la Asamblea General:

- La modificación del calendario deportivo.
- La modificación de los presupuestos.
- La aprobación y modificación de los Reglamentos.
- La elaboración de un informe previo a la aprobación de los presupuestos.
- El seguimiento de la gestión deportiva y económica de la FEE, mediante la elaboración de un informe anual a la Asamblea General, sobre la memoria de actividades y la liquidación del presupuesto.
- Autorizar el gravamen o enajenación de bienes inmuebles, cuando el importe de la operación no exceda de los límites fijados por la Asamblea, debiendo adoptarse tal clase de acuerdos por mayoría absoluta.

La Comisión Delegada se reúne, como mínimo una vez cada cuatro meses a propuesta del Presidente, y su mandato coincidirá con el de la Asamblea General.

Su convocatoria corresponde, en todo caso, al propio Presidente y debe efectuarse con una antelación de siete días, salvo el supuesto de urgencia descrito anteriormente.

6.4. EL PRESIDENTE

El Presidente de la Federación es el órgano ejecutivo de la misma. Ostentando su representación legal.

6.4.1. Sus funciones

El Presidente de la FEE tiene como funciones:

- Convocar la Asamblea General, su Comisión Delegada y Junta Directiva, y ejecutar los acuerdos de todos estos órganos. Tiene además derecho a asistir a cuantas sesiones celebren cualesquiera de los órganos y comisiones federativas.
- Convocar las sesiones de los órganos colegiados o, a requerimiento suyo los convocará el Secretario General.
- Presidir la Asamblea General, su Comisión Delegada, la Junta Directiva con la autoridad que es propia de su cargo, correspondiéndole la dirección de los debates, con voto de calidad en caso de empate. En supuestos de ausencia, enfermedad o cualquier otra causa que impida transitoriamente

desempeñar sus funciones, el Presidente será sustituido por los Vicepresidentes , en su orden, en defecto de ellos por el Secretario General y, en una última instancia, por el miembro de mayor antigüedad, o por el de más edad si aquella fuera la misma.

- Le corresponde, en general, y además de las que se determinan en los Estatutos, en los Reglamentos, las funciones no encomendadas específicamente a la Asamblea General, a su Comisión Delegada y a la Junta Directiva.

6.4.2. Su elección y cese

Es elegido, cada cuatro años, coincidiendo con los años de juegos olímpicos de verano, mediante sufragio libre, directo, igual y secreto, por los miembros de la Asamblea General. Los candidatos, que podrán no ser miembros de dicho órgano, deberán de ser presentados, como mínimo, por el 15 por 100 de los miembros de aquéllos, y su elección se llevará por un sistema de doble vuelta, en el caso de que en la primera vuelta ningún candidato alcance mayoría absoluta de los votos emitidos.

Para su elección no será válido el voto por correo.

No puede ser reelegido Presidente quien hubiera ostentado ininterrumpidamente tal condición durante los tres periodos inmediatamente anteriores, cualquiera que hubiera sido la duración efectiva de éstos.

Mientras desempeñe su mandato, el Presidente no puede ejercer cargo alguno en otro Órgano federativo, salvo que estatutariamente le corresponda, ni en Entidad, Asociación o Entidad de Espeleología sujeto a la disciplina federativa o en Federación Deportiva Española que no sea la de Espeleología.

Cuando el Presidente cese en el cargo por haber concluido el tiempo de su mandato, la Junta Directiva se constituirá en Comisión Gestora, y convocará elecciones a los órganos de gobierno y representación de la FEE, de conformidad con el Reglamento y el calendario electorales.

Si el Presidente cesara por cualquier otra causa distinta, se procederá de idéntico modo, pero limitado exclusivamente el proceso a la elección de quien haya de sustituirle, que ocupará el cargo por tiempo igual al que restase por cumplir al sustituido, siendo además de aplicación, en lo que a éste respecta, lo indicado para los miembros electos de los órganos federativos.

El proceso de elección del presidente viene regulado por el Reglamento Electoral.

COMITÉ NACIONAL DE ACTIVIDADES SUBTERRÁNEAS	
1958 - Junio 1967	Clemente Sáenz
COMITÉ NACIONAL DE ESPELEOLOGÍA	
Junio 1967 / Julio 1976 Julio 1976 / Octubre 1976 Octubre 1976 / Abril 1978 Abril 1978 / Junio 1981	Adolfo Eraso Comisión Gestora Vicente B. Juliá Pau Pérez y de Pedro
SECCIÓN DE ESPELEOLOGÍA	
Junio 1981 / Octubre 1982	Pau Pérez y de Pedro
FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA	
Octubre 1982 / Diciembre 1992 Diciembre 1992 / Diciembre 1998 Diciembre 1998 /	Pau Pérez y de Pedro José Luis Membrado Julián Juan Carlos López Casas

Los diferentes presidentes que han existido a lo largo de nuestra historia organizativa.

6.5. LA JUNTA DIRECTIVA

La Junta Directiva es el Órgano colegiado complementario de los de gobierno y representación, que asiste al Presidente; es a quien compete la gestión de la Federación, respondiendo de ella ante el propio Presidente.

Los miembros de la Junta Directiva que no lo sean de la Asamblea, tendrán acceso a las sesiones de la misma con derecho a voz, pero sin voto.

Los miembros de la Junta Directiva no pueden desempeñar cargo alguno en Asociación que su fin primordial sea la práctica de la Espeleología, y les son de aplicación las incompatibilidades descritas anteriormente.

La Junta Directiva se reúne como mínimo tres veces al año, correspondiendo al Presidente, su convocatoria y determinación de los asuntos del orden del día de cada sesión. El plazo mínimo de convocatoria será de cuarenta y ocho horas.

Los acuerdos se toman por mayoría, dirimiendo los eventuales empates el voto de calidad del Presidente.

El Presidente puede delegar sus funciones en el Vicepresidente o en cualquier persona de la Junta Directiva.

6.5.1. Elección y cese

Sus miembros son designados y revocados libremente por el Presidente de la Federación, que la presidirá. Forman parte de la misma los Vicepresidentes, el Director de la Escuela, el Coordinador Estatal de Espeleosocorro y cuantos vocales sean necesarios.

6.6. LA COMISIÓN PERMANENTE

La Comisión Permanente está constituida por el Presidente o el Vicepresidente y dos miembros de la Junta Directiva.

Tiene como misión exclusiva resolver todos los asuntos que requieran decisión urgente, así como aquellos otros que se consideren de trámite; dará en todo caso, cuenta de su actuación a la Junta Directiva en su primera reunión, haciéndolo ésta de igual forma a la Asamblea.

6.7. EL VICEPRESIDENTE

Además de las funciones que le pueda encomendar el Presidente, la principal es la de sustituirle en caso de no asistencia a actos oficiales.

6.8. EL SECRETARIO GENERAL

El Secretario de la Federación es nombrado por el Presidente dependiendo directamente de él, quien, si no efectuara tal designación, será el responsable de las funciones propias de aquél, pudiendo delegar en las personas que considere oportuno.

Este cargo puede ser retribuido.

Sus funciones son:

- Levantar actas de las sesiones de la Asamblea General, de su Comisión Delegada y de la Junta Directiva, actuando como Secretario de dichos Órganos, así como de las Comisiones que pudieran crearse.
- Expedir certificados oportunos de los actos emanados de los citados Órganos.
- Resolver los asuntos de trámite.
- Velar por el exacto cumplimiento de los acuerdos de los Órganos federativos.
- Firmar las comunicaciones y circulares.
- Elevar a la Junta Directiva las propuestas relativas a la organización federativa en materia de su competencia y llevarlas a cabo una vez autorizadas.
- Informar al Presidente de la marcha de los asuntos pendientes y proponer las medidas que considere necesarias en materias de su competencia.
- Cualquier otra que obligue a la Federación en función de acuerdos de su Asamblea General o aplicación de la Legislación vigente.

6.9. EL TESORERO

Es la persona de quien depende la gestión económica de la Federación, bajo la dirección de la Junta Directiva.

Tiene como funciones:

- Supervisar la contabilidad de la FEE.
- Proponer los cobros y pagos, redactar los Presupuestos y Balances.
- Reglamentar los gastos, ejercer la inspección económica de todos los Órganos federativos.
- Ejercer el control de las subvenciones que se asignen a las FF.TT..
- Proponer la adquisición de los bienes precisos para las necesidades administrativas de la Federación.
- Informar a la Asamblea General, a su Comisión Delegada, al Presidente y a la Junta Directiva sobre las cuestiones que le sean sometidas o que considere relevantes para el buen orden económico.

Este cargo puede ser retribuido.

6.10. EL COORDINADOR ESTATAL DEL ESPELEO SOCORRO ESPAÑOL

Son funciones del Coordinador del Espeleosocorro Español (ESE):

- La organización de los Grupos de Espeleosocorro en su ámbito estatal, así como, la coordinación de los efectivos humanos que participen en un rescate en el caso que sean requeridos.
- El funcionamiento y organización de los Grupos de Espeleosocorro se desarrollará en una reglamentación específica.

6.11. EL DIRECTOR DE LA ESCUELA ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

El Director de la EEE, como miembro de la Junta Directiva de la FEE, es designado (y revocado) libremente por el Presidente de la FEE, entre los Técnicos Deportivos Superiores del cuadro docente de la EEE.

Son funciones del Director:

- La representación y dirección de la EEE en todos sus aspectos, señalando las directrices para los cursos y actividades, e informando a los órganos de Gobierno de la FEE sobre el funcionamiento de la Escuela.
- Convocar y presidir todas las reuniones de la Comisión Ejecutiva (siéndole vinculantes las decisiones allí tomadas), de la Comisión Coordinadora de Escuelas Territoriales y de la Comisión Científica Asesora.
- Ejercer como Órgano ejecutivo dentro de la EEE, teniendo para ello la prerrogativa de tomar aquellas decisiones cuya urgencia haga imposible la convocatoria y actuación normal de la Comisión Ejecutiva, dando cuenta de tales decisiones en la primera reunión de la misma.
- Firmar los títulos expedidos por la EEE, y visar las certificaciones y documentos oficiales.
- Velar permanentemente por el correcto desarrollo y cumplimiento del Reglamento y demás normativa de la EEE, y de la FEE.
- Coordinar en todo momento a las EE.TT. en aquellos aspectos relacionados con la EEE y multilaterales entre las mismas, en los intervalos existentes entre las reuniones de la Comisión Coordinadora de las Escuelas Territoriales, a la que dará cuenta de estas actuaciones.
- Representar con voz y con voto a la EEE en la Junta Directiva de la FEE, y dentro de la misma, coordinar los aspectos de mutuo interés y competencia con el Coordinador Estatal de Espeleosocorro, bajo la supervisión del Presidente de la Federación.

6.12. LAS VOCALÍAS

Pueden existir otros cargos de carácter administrativo con las acciones que específicamente se les atribuya, pudiendo ser remunerados.

También, pueden existir dentro de la Junta Directiva de la FEE, con carácter de Asesores, con voz pero sin voto, los que designe el Presidente entre los especialistas en las diversas materias.

7. EL RÉGIMEN DISCIPLINARIO

La disciplina deportiva se rige por la Ley del Deporte, Real Decreto 1591/1992 del 23 de Diciembre sobre Disciplina Deportiva; por los Estatutos, y por la reglamentación federativa que los desarrolla.

7.1. ÁMBITO

La FEE ejerce la potestad disciplinaria sobre todas las personas que forman parte de su propia estructura orgánica; sobre los Clubes y sus afiliados, técnicos y dirigentes, y, en general, sobre todas aquellas personas o Entidades que, estando adscritas a la FEE, desarrollan funciones o ejercen cargos en el ámbito estatal.

El ámbito de la disciplina federativa se extiende a las infracciones de la reglamentación sobre zonas de trabajo asignadas, a las de los campeonatos, a la protección del medio subterráneo y su entorno, a las normas de seguridad en el desarrollo de la exploración, y de las normas generales deportivas, tipificadas en la Ley del Deporte, en sus disposiciones de desarrollo y en el propio ordenamiento jurídico de la FEE.

7.2. LAS INFRACCIONES

Son infracciones:

- A la reglamentación sobre asignación de zonas de trabajo. Las acciones u omisiones que realicen los clubes, espeleólogos o federaciones territoriales, que sean contrarias a lo que dicha reglamentación obliga o prohíbe (Reglamento para la coordinación de expediciones espeleológicas en el estado español).
- A las reglas de Campeonatos. Las acciones u omisiones que durante el curso de aquéllos, vulneren, impidan o perturben su normal desarrollo.
- A las normas sobre protección del medio subterráneo y su entorno. Las acciones u omisiones que de forma intencionada atenten a las mismas.
- A las normas sobre seguridad en el desarrollo de la actividad deportiva. Las acciones u omisiones susceptibles de poner en peligro el desarrollo de la exploración.
- A las normas generales deportivas. Las demás acciones u omisiones que sean contrarias a lo que las mismas determinan, obligan o prohíben.

Las faltas pueden ser muy graves, graves y leves, determinación que se hará en base a los principios y criterios establecidos reglamentariamente.

Se considerarán, en todo caso, como infracciones muy graves las siguientes:

- a) Los abusos de autoridad
- b) Los quebrantamientos de sanciones impuestas.
- c) La promoción, incitación, consumo o utilización de prácticas prohibidas a que se refiere el artículo 56 de la Ley del Deporte, así como la negativa a someterse a los controles exigidos por órganos y personas competentes, o cualquier acción u omisión que impida o perturbe la correcta realización de dichos controles.
- d) La participación en competiciones o actividades organizadas por países que promuevan la discriminación racial, o con deportistas que representen a los mismos.
- e) El no respetar la normativa específica de asignación de zonas de trabajo.
- f) Cualquier acto u omisión que de forma intencionada o sin atender a la diligencia debida, produzca un perjuicio grave en el medio subterráneo o en su entorno, como contaminación de los recursos hídricos, rotura indiscriminada o recolección de formaciones, comercialización de las mismas o atentados contra la fauna, flora, el patrimonio natural, histórico y paleontológico.
- g) La inejecución de las resoluciones del Comité Español de Disciplina Deportiva.
- h) El descuido en la conservación y cuidado de los locales sociales, instalaciones deportivas y otros medios materiales.
- i) Las actuaciones dirigidas a predeterminar, mediante propio, intimidación o simples acuerdos, el resultado de los campeonatos.

- j) Los comportamientos, actitudes y gestos agresivos y antideportivos de deportistas, cuando se dirijan a los jueces, a otros deportistas o al público.
- k) La falta de asistencia no justificada a las convocatorias de las elecciones nacionales.

Asimismo, se considerarán infracciones muy graves del presidente y demás miembros directivos de los órganos de la FEE las siguientes:

- a) El incumplimiento de los acuerdos de la Asamblea General, así como del Reglamento Electoral y demás disposiciones estatutarias o reglamentarias.
- b) La no convocatoria, en los plazos o condiciones legales, de forma sistemática y reiterada, de los órganos colegiados federativos.
- c) La inejecución de las resoluciones del Comité Español de Disciplina Deportiva.
- d) La incorrecta utilización de los fondos privados o de las subvenciones, créditos, avales y demás ayudas del Estado, de sus organismos autónomos o de otro modo concedidos con cargo a los Presupuestos Generales del Estado.
- e) El compromiso de gastos de carácter plurianual del presupuesto de la FEE, sin la reglamentaria autorización.
- f) La organización de actividades o competiciones oficiales de carácter internacional, sin la reglamentaria autorización.

Serán en todo caso, infracciones graves:

- a) Cualquier acto u omisión que de forma intencionada o sin atender a la diligencia debida, produzca menoscabo en la integridad o calidad del medio subterráneo o en su entorno.
- b) El incumplimiento reiterado de órdenes e instrucciones emanadas de los órganos deportivos competentes.
- c) Los actos notorios y públicos que atenten a la dignidad o decoro deportivos.
- d) El ejercicio de actividades públicas o privadas declaradas incompatibles con la actividad o función deportiva desempeñada.
- e) La no convocatoria, en los plazos a condiciones legales, de los órganos colegiados federativos.
- f) El incumplimiento de las reglas de administración, y gestión del presupuesto y patrimonio previstos en el artículo 36 de la Ley del Deporte.
- g) El no respetar la normativa específica de asignación de zonas de trabajo.
- h) El descuido en la conservación y cuidado de los locales sociales, instalaciones deportivas y otros medios materiales.

Se consideran infracciones de carácter leve:

- a) Las conductas claramente contrarias a las normas deportivas, que no estén inculpas en la calificación de muy graves o graves en los presentes Estatutos, o en las normas reglamentarias desarrolladas.
- b) Cualquier acto u omisión que de forma intencionada o sin atender a la diligencia debida, produzca menoscabo en la integridad o calidad del medio subterráneo o en su entorno.
- c) El descuido en la conservación y cuidado de los locales sociales, instalaciones deportivas y otros medios materiales.
- d) El no respetar la normativa específica de asignación de zonas de trabajo.

Se consideran, en todo caso, como circunstancias atenuantes de la responsabilidad disciplinaria deportiva:

- a) La de arrepentimiento espontáneo.
- b) La de haber precedido, inmediatamente a la infracción, una provocación suficiente.
- c) No haber sido sancionado con anterioridad.

Se considerará, en todo caso, como circunstancia agravante de la responsabilidad disciplinaria deportiva la reincidencia.

7.3. LAS SANCIONES

Las sanciones susceptibles de aplicación son:

- a) La inhabilitación, suspensión o privación de licencia federativa, con carácter temporal o definitivo, en adecuada proporción a las infracciones cometidas.
- b) Imposibilidad por parte de una entidad de espeleología de acceder a una zona de trabajo, con carácter temporal o definitivo, en adecuada proporción a las infracciones cometidas.
- c) Apercibimiento.
- d) La facultad, para los correspondientes órganos disciplinarios, de alterar el resultado de las competiciones por causa de predeterminación mediante precio, intimidación o simples acuerdos, del resultado.
- e) Las de carácter económico en el caso que esté implicada una FT.

Por la comisión de las infracciones de los Presidentes enumeradas anteriormente, podrán imponerse las siguientes sanciones:

- a) Amonestación pública.
- b) Inhabilitación temporal de dos meses a un año.
- c) Destitución del cargo.

7.4. EL COMITÉ DISCIPLINARIO

La potestad disciplinaria que corresponde a la FEE se ejercerá por un Comité Disciplinario formado por tres personas de las cuales uno será licenciado en derecho.

Contra las resoluciones dictadas por el Comité Disciplinario, cabrá interponer recurso ante el Comité de Apelación, compuesto por dos personas, que nombrará el Presidente de la FEE, uno de ellos libremente y el otro a propuesta de la Asamblea General.

Los acuerdos de los Comités de Apelación serán recurribles ante el Comité Español de Disciplina Deportiva.

En la determinación de la responsabilidad de las infracciones deportivas, los Órganos disciplinarios federativos deberán atenerse a los principios informadores del derecho sancionador.

7.5. EL COMITÉ JURISDICCIONAL Y DE CONCILIACIÓN

Las cuestiones que no tengan carácter disciplinario y que se susciten entre personas o Entidades adscritas a la FEE, se pueden resolver mediante el Comité Jurisdiccional y de Conciliación.

El Comité Jurisdiccional y de Conciliación previsto en el apartado anterior podrá resolver, mediante las fórmulas genéricas de conciliación y arbitraje correspondientes, las diferencias que se produzcan en cuestiones litigiosas entre deportistas, técnicos, Clubes o Federaciones Territoriales integradas en la FEE.

La composición y funciones del Comité se determinan reglamentariamente.

8. RÉGIMEN ECONÓMICO

La FEE tiene su propio régimen de administración y gestión de patrimonio y presupuesto.

En lo que al régimen económico concierne, está sometida a las siguientes reglas:

- Debe aplicar los beneficios económicos, si los hubiera, de las actividades deportivas, al desarrollo de su objeto social.
- Puede gravar y enajenar sus bienes inmuebles, tomar dinero a préstamo y emitir títulos representativos de deuda o de parte alícuota patrimonial, siempre que tales negocios jurídicos no comprometan de modo irreversible su patrimonio o su objeto social (Cuando se trate de bienes inmuebles que hayan sido financiados, en todo o parte, con fondos públicos del Estado, su gravamen o enajenación precisará la autorización del CSD).
- Puede ejercer, con carácter complementario, actividades de carácter industrial, comercial, profesional o de servicios, y destinar sus bienes y recursos a los mismos objetivos, pero en ningún caso podrá repartirse beneficios entre sus miembros.
- No puede comprometer gastos de carácter plurianual sin autorización del Consejo Superior de Deportes cuando el gasto anual comprometido supere el 10 por 100 de su presupuesto y rebase el período de mandato del Presidente (Este porcentaje es revisado anualmente por el CSD).
- Debe someterse anualmente a auditorías financieras y, en su caso, de gestión, así como a información de revisión limitada sobre la totalidad de los gastos. Estas actuaciones podrán ser encargadas y sufragadas por el CSD.
- La contabilidad se ajusta a las "Normas de Adaptación del Plan General de Contabilidad a las Federaciones Deportivas Españolas" que desarrolla el Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas del Ministerio de Economía y Hacienda. Debiendo en el primer mes de cada año, formalizarse el Balance de situación y las Cuentas de Ingresos y Gastos, que se elevan al CSD para su conocimiento.

8.1. INGRESOS DE LA FEE

La FEE puede tener como ingresos:

- Las subvenciones que las Entidades públicas puedan concederle.
- Las herencias, legados o donaciones que le sean otorgados.
- Los beneficios que produzcan las actividades deportivas que organice.
- Los frutos de su patrimonio.

- Los préstamos o créditos que obtenga.
- El importe de las sanciones pecuniarias que impongan los órganos de disciplina.
- Las cuotas de amortización de anticipos y préstamos que procedan y el producto de la enajenación de sus bienes.
- Los beneficios que pudieran derivarse de actividades de carácter industrial, comercial, profesional o de servicios.
- Los que pudieran derivarse de la percepción de cuotas de afiliación o derechos de expedición de licencias y títulos.
- Cualesquiera otros que puedan serle atribuidos por disposición legal en virtud de convenio.

8.2. SUS GASTOS

Los gastos se agrupan atendiendo las directrices marcadas por el CSD a la hora de aplicar el nuevo Plan General Contable en Programas, que son divididos a su vez en Áreas, y éstas, en cuentas y subcuentas.

Subvención Consejo Superior de Deportes	21.216
Subv. Extraordinaria CSD . Formación	175
Subv Extraordinaria CSD . para inversiones	500
Subvención Comité Olímpico Español	800
Licencias	8.200
Cuotas Clubes	534
Derechos Matriculación EEE	250
Cursos EEE	3.962
Venta Publicaciones	873
Intereses Bancarios	17
Resultados extraordinarios (Amortización Subv. Capital)	727
Total Ingresos	37.254

Ingresos previstos por la FEE para el ejercicio de 1999
según los presupuestos aprobados por la Asamblea General
(las cifras se indican en miles de pesetas).

Programa es el conjunto de actividades homogéneas encaminadas a la consecución de objetivos también homogéneos o de similar naturaleza, y que combina medios o recursos coherentes e identificables, constituyendo así una unidad significativa tanto para la discusión presupuestaria como para el análisis de la gestión federativa.

Tipos de Programa existentes:

I. **Alta Competición.** Agrupa las subvenciones que se conceden a las expediciones realizadas dentro del territorio español por Clubes adscritos a la FEE de acuerdo con la normativa vigente y los requisitos fijados en la convocatoria de subvenciones.

II. **Actividades Estatales.** Este Programa en relación con la actividad de que se trate se divide en tres Áreas:

- Actividad deportiva: Agrupa las actividades e iniciativas de ámbito estatal que vayan en la dirección de fomentar, divulgar y/o promocionar la Espeleología.
- Formación: Agrupa las actividades e iniciativas de ámbito estatal para la formación de deportistas y técnicos.
- Publicaciones: Agrupa la edición de publicaciones.

III. **Gestión.** Agrupa todos los gastos relacionados con el funcionamiento de la Federación (alquiler local, teléfono, Asamblea, etc.).

Las asignaciones destinadas a inversiones (mobiliario, equipos informáticos, etc.) se agrupan en un capítulo aparte.

A título indicativo se reflejan a continuación, en miles de pesetas, las asignaciones destinadas a los distintos Programas para 1999, así como el porcentaje respecto al total de gastos.

Programa I	5.726	15,5 %
Programa II	19.415	52 %
Programa III	11.613	31 %
Inversiones	500	1,5 %

De estas cantidades corresponden a subvenciones destinadas bien a FF.TT. o a Clubes en miles de pesetas:

Para el Programa I	5.726
Para el Programa II	
- Área Actividades	3.581
- Área Formación	432
- Área Publicaciones	1.946.....5.959

Lo que representa un total de 11.685.000 pesetas destinadas a subvenciones, el 31 % del total de ingresos previstos.

9. LA ESCUELA ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

La Escuela Española de Espeleología (EEE) es el órgano docente de la FEE, dentro de la cual desarrolla sus fines y competencias.



Emblema de la Escuela Española de Espeleología, diseñado por Juan José González Suárez (Oviedo).

9.1. FINES DE LA EEE

Son fines de la EEE:

- La enseñanza, divulgación y promoción de la Espeleología en sus diversas especialidades en el ámbito del Estado, en coordinación con las Escuelas Territoriales, orientando la actuación de los espeleólogos hacia una mayor comprensión y conocimiento del mundo subterráneo, hacia la práctica de la Espeleología con la máxima seguridad, y en los aspectos éticos y de defensa del Patrimonio Natural, Histórico y Paleontológico, dentro del medio en que se desarrolla.
- La incorporación de los nuevos métodos, técnicas y avances conseguidos en la práctica de la Espeleología en todas sus especialidades.
- Estimular de forma técnica la práctica de la Espeleología encauzando estudios y trabajos relativos a la misma, en sus aspectos deportivos, técnicos y educativos, propios y en relación con otros deportes afines.
- Fomentar y colaborar en las actividades científicas relacionadas con la Espeleología y disciplinas afines, tales como estudios geográficos, geológicos, hidrológicos, biológicos, físico - químicos, etc..

9.2. COMPETENCIAS

Son competencias de la EEE:

- La enseñanza oficial de la Espeleología en sus diversas especialidades y la formación de los correspondientes cuadros técnicos del profesorado, en el ámbito estatal.
- El establecimiento del régimen general de enseñanzas espeleológicas.
- La regulación de las condiciones de obtención, expedición y homologación de los títulos que capaciten para la enseñanza de la Espeleología en el ámbito del Estado, de acuerdo con la legislación vigente.
- La regulación de los requisitos mínimos que deben tener los Cursos de Espeleología para ser homologados por la EEE, referentes a la titulación del cuadro técnico del profesorado que los imparte, condiciones de acceso, relación numérica alumnos/profesor, objetivos, contenidos, actividades prácticas a desarrollar, metodología, temporalidad, evaluación, lugares donde se desarrollan y demás apartados relacionados con la organización de estos Cursos.
- Cuantos otros aspectos se crean necesarios en el ámbito docente de la Espeleología y sus especialidades.

9.3. ÓRGANOS DE LA EEE

Al frente de la EEE existe una Comisión Ejecutiva formada por: el Director de la EEE, el Jefe de Estudios, el Secretario y los Vocales que sean necesarios.

Son funciones de la Comisión Ejecutiva:

- La realización del programa anual de Cursos y actividades, y las propuestas de modificación del mismo.
- La confección del proyecto de presupuesto, y las propuestas de su modificación.
- La confección de la Memoria Anual de la EEE.
- Las propuestas de modificación del Reglamento de la EEE.

La Comisión Coordinadora de las Escuelas Territoriales está formada por los Directores de todas y cada una de las Escuelas Territoriales, y será presidida por el Director de la EEE.

La Comisión Científica Asesora está formada por especialistas científicos, técnicos, y pedagógicos, de competencia y titulación reconocida, dentro del ámbito de la Espeleología y disciplinas afines, designados a tal efecto por la Comisión Ejecutiva de la EEE. También formarán parte de la Comisión, los Profesores asociados especializados pertenecientes al cuadro docente de la Escuela.

Los Departamentos son órganos de coordinación didáctica del cuadro docente. De acuerdo con la organización de los planes de estudios de los Técnicos Deportivos y teniendo en cuenta las distintas especialidades dentro de la enseñanza de la Espeleología, los Departamentos de la EEE son los siguientes:

- Fundamentos Biológicos: Donde están incluidas las Áreas de Fundamentos Biológicos y de Seguridad e Higiene.
- Entrenamiento: Donde están incluidas las áreas de Teoría y Práctica del Entrenamiento y Entrenamiento en la Espeleología.
- Ciencias del Comportamiento y Aprendizaje: Donde están incluidas las Áreas de Psicología, Sociología y Pedagogía y Didáctica de la Espeleología.
- Organización y Legislación: Donde están incluidas las Áreas de Organización y Legislación y Desarrollo Profesional.
- Formación Técnica de la Espeleología: Donde están incluidas las Áreas de Técnica y Material, Auto-socorro y Espeleosocorro, Cañones y Barrancos y Topografía y Cartografía.
- Medio Natural. Donde están incluidas las Áreas de Bioespeleología, Ecología, Geología y Presencia Humana en las Cavidades.
- Espeleobuceo.

El Cuadro Docente está constituido por el Cuadro Técnico y los Profesores Asociados, e integrado por las siguientes clases de miembros:

- Miembros Honorarios.
- Miembros Activos.
- Miembros Excedentes.

10. DISOLUCIÓN DE LA FEE

La FEE se puede disolver por alguno de los siguientes motivos:

- Por la revocación de su reconocimiento. Si desaparecieran las condiciones o motivaciones que dieron lugar al mismo, o la Comisión Directiva del Consejo Superior de Deportes estimase el incumplimiento de los objetivos para los que la Federación fue constituida, se instruirá un procedimiento, dirigido a la revocación de aquel reconocimiento, con audiencia de la propia FEE y, en su caso, de las Federaciones de ámbito autonómico en ella integradas.

Concluso aquél, la Comisión Directiva del Consejo Superior de Deportes resolverá, motivadamente, sobre tal revocación, y contra su acuerdo cabrá interponer los recursos administrativos pertinentes.

- Por resolución judicial.
- Por las demás causas previstas en el ordenamiento jurídico general.

En caso de disolución de la FEE, su patrimonio neto, si lo hubiera, se aplicará a la realización de actividades análogas, determinándose por el CSD su destino concreto.

11. ACTIVIDADES DE LA FEE

Como ya se ha indicado en el apartado 2º, corresponde a la FEE como actividad propia, el gobierno, administración, gestión, organización y reglamentación de la Espeleología. A excepción de los Cursos de base y de técnicos deportivos que se organizan mediante la EEE, la FEE no organiza actividades propias, si no que con un espíritu participativo e integrador dentro del colectivo de espeleólogos viene promoviendo (mediante subvenciones directas e indirectas) todo tipo de actividades de interés general organizadas por las FF.TT. o Clubes. Desde concursos de fotografía, expediciones, cursos, etc. a foros de debate internos, actividades todas ellas útiles para promocionar y/o divulgar la Espeleología así como el unir los vínculos entre todos los espeleólogos.

Por su importancia y repercusión dentro del colectivo espeleológico se puede destacar:

- **El Congreso Español de Espeleología:** Es el foro donde se dan a conocer, primordialmente, las actividades realizadas tanto por los Clubes como a nivel individual. Paralelamente se realizan conferencias abiertas a los congresistas sobre aspectos de nuestra actualidad. La celebración del Congreso se aprovecha para realizar una Asamblea abierta que si bien sus decisiones no son vinculantes, siempre los debates surgidos en las mismas han servido de guía para los responsables de la FEE.

I	Barcelona - 5 al 8 Diciembre de 1970 - Comité Catalano-Balear
II	Oviedo - 13 al 15 Octubre de 1972 - Comité Noroeste
III	Madrid - 31 Octubre al 3 Noviembre de 1973 - Comité Castellano Centro
IV	Marbella (Málaga) - 9 al 12 de Octubre de 1976 - Comité Sur
V	Santander - 1 al 4 de Noviembre de 1990 - Federación Cántabra
VI	La Coruña - 10 al 12 de Octubre de 1992- Federación Gallega
VIII	Sant Esteve Sesrovires (Barcelona) - 6 al 8 de Diciembre de 1996 – Federació Catalana/GIRES Sesrovires

[Congresos españoles de Espeleología realizados hasta la fecha.](#)

• **Los Clínicos de la EEE** son reuniones bianuales abiertas a todo el profesorado de la EEE. Son instrumentos de formación y debate donde se imparten conferencias y se forman grupos de trabajo sobre las cuestiones candentes de la EEE.

- | | |
|-----|--|
| I | Bergondo (La Coruña) - 12 al 14 de Octubre 1989 - Federación Gallega |
| II | Ezcaray (La Rioja) - 1 al 3 de Noviembre 1991 - Federación Riojana |
| III | Málaga - 8 al 12 de Octubre 1993 - Federación Andaluza |
| IV | A Lanzada (Pontevedra) - 6 al 8 de Diciembre 1996 - Federación Gallega |
| V | Benicàssim (Castellón) - 10 al 12 de Octubre de 1998 - Federación Valenciana |

[Los diferentes Clínicos realizados hasta la fecha.](#)

• **Los Campamentos Espeleológicos**, dirigidos a todos los espeleólogos del Estado con la idea de dar la posibilidad de conocer diferentes macizos Kársticos de nuestro país y potenciar la relación entre nuestros federados.

Los Campamentos se iniciaron bajo la denominación de Operación España, siendo el primero el celebrado en Ojo Guareña (Burgos) del 25 de Agosto al 1 de Septiembre de 1968, organizado por el entonces denominado Comité Castellano-Norte. Siguieron las denominadas Campañas Nacionales para tomar el nombre de Campamento a partir de 1987. El último Campamento (el sexto) se realizó en el Sistema Lecherines (Huesca) del 2 al 9 de Agosto de 1998 y fue organizado por el Centro de Espeleología de Aragón (Zaragoza).

Paralelamente a estas actividades, la FEE ha patrocinado la organización de diferentes actividades monográficas, siempre en estrecha colaboración con las Entidades organizadoras:

• **Jornadas Estatales de Espeleobuceo**: Se iniciaron en 1991 organizadas por la Federación de la Región de Murcia; las últimas (las terceras) se celebraron en 1995 corriendo la organización a cargo de la Federación Madrileña.

• **Jornadas Estatales de Espeleosocorro**: Iniciadas en 1976, fueron organizadas por el entonces denominado Comité Aragonés. Las últimas se organizaron en 1996 (las quintas) corriendo la organización a cargo de la Federación Aragonesa.

Mención especial merece el capítulo de Publicaciones. Desde 1971, año en que se editó el *Libro de Osteometría* por el entonces denominado Comité Español, son numerosas las publicaciones editadas por la FEE. Tanto en el ámbito de la divulgación de nuestro Deporte (*Tienes un mundo por descubrir en la Espeleología*, 1º edición 1986), como docentes (*Introducción a la Geología kárstica*, 1995), bien en formato clásico (*Actas del 9º Congreso Internacional de Espeleología*, 1986), como en diapositivas (*Ecología y Conservación de Cavidades*, 1991), en vídeo (*Materiales y Técnicas para Curso de Iniciación a la Espeleología*, 1993) o en soporte magnético (*Documentos FEE*, 1996).

En 1980 apareció la primera publicación con carácter periódico, el denominado *Anuario*, que con una periodicidad anual, se trata de una verdadera memoria del colectivo espeleológico del Estado. Siete años más tarde (1987) aparece con una periodicidad trimestral el *Boletín Informativo*, noticiario espeleológico que tras once números se deja de editar. Es en 1994, cuando aparece la revista *Subterránea*, con una periodicidad semestral, diseño vanguardista y ameno, cubriendo el gran vacío existente en nuestro país especialmente en lo referente al noticiario, tanto en su aspecto de exploraciones, como en el federativo.

Paralelamente la FEE viene subvencionando con carácter ordinario o extraordinario, la edición de numerosas publicaciones, tanto sean editadas por las Federaciones Territoriales (*Endins*, Federació Balear; *Boletín Cántabro de Espeleología*, Federación Cántabra o *Fulls periòdics d'informació general*, Federa-

ció Catalana), como por Clubes (*Espeleo Còmic*, Espeleo Club de Tortosa; *Grandes cuevas y simas de España*, Espeleo Club de Gràcia o *El Complejo kárstico Piscarciano - Vacas - Arenas*, Grupo Espeleológico Niphargus), así como publicaciones editadas por otras Entidades vinculadas de alguna forma a la Espeleología (*Boletín del Museo Andaluz de Espeleología* o los diferentes monográficos editados por el Centre de Protecció de les Cavernes i Entorn).

Recientemente ha aparecido el *Diccionario de Técnica Espeleológica* editado conjuntamente por la Federación Valenciana y la FEE, primera experiencia de edición conjunta que abre nuevas vías de realización y financiación para nuestras publicaciones.

12. BIBLIOGRAFÍA

FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA. *Anuario FEE*. Barcelona.

FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA. *Curso de Monitores de Espeleología, Apuntes*. Barcelona 1989.

FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA. *Documentos FEE*. Barcelona 1996.

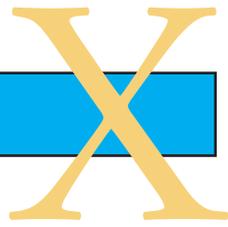
MEMBRADO JULIÁN, J. L.: *Hacia la Federación Española de Espeleología. Un logro de todos*. Actas 7º Congreso Español de Espeleología. pp. 237-248. Federació Catalana d'Espeleologia. Barcelona 1996.

MEMBRADO JULIÁN, J. L.: *Historia de la Federación Española de Espeleología. Un logro de todos*. Boletín del Museo Andaluz de la Espeleología, Granada, 1998.

PASCUAL GRUMAS, I. y cols.: *Manual del Técnico deportivo 1º y 2º nivel*. Mira Editores, S.A. Zaragoza 1997 y 1998.

Javier Larios Gómez

Técnica y formación en Espeleología
FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA



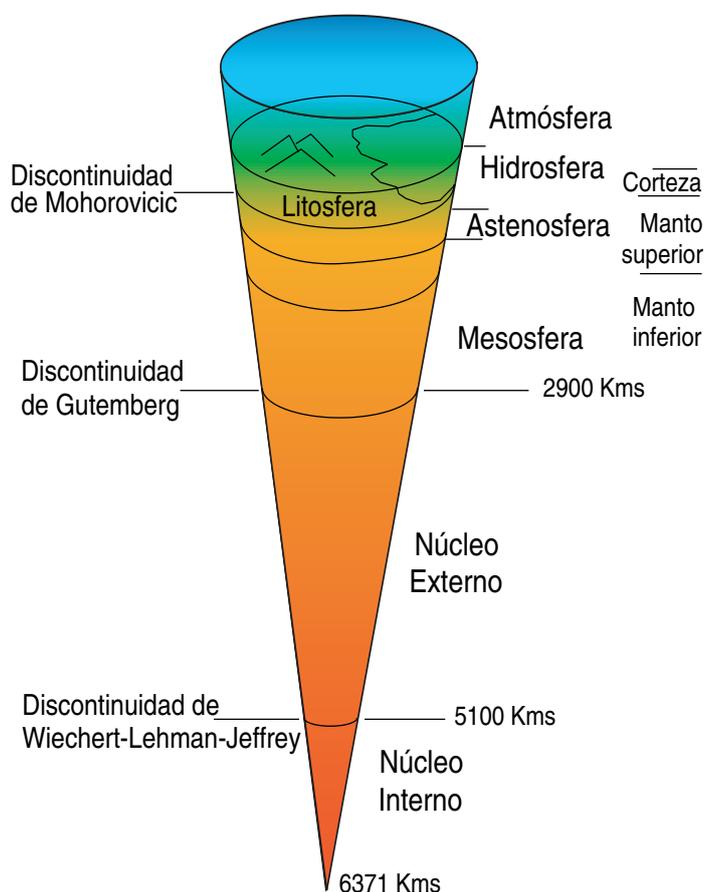
GEOLOGÍA PARA ESPELEÓLOGOS



1. CONCEPTOS BÁSICOS DE GEOLOGÍA

1.1. EL TIEMPO EN GEOLOGÍA

Uno de los conceptos más difíciles de comprender en Geología puede ser el del tiempo. Los eventos geológicos se realizan con extrema lentitud desde el punto de vista humano, por lo que es complicado percibir la magnitud del tiempo geológico. En Geología el abanico de velocidades y duración de los procesos es muy grande. Hay procesos que se desarrollan a velocidades muy rápidas (terremotos) y otros extremadamente lentos (el levantamiento de una cordillera). Actualmente la edad de la Tierra se asume en unos 4.600 millones de años (m.a) (aunque las rocas más antiguas encontradas datan de 3.800 m.a.), por lo que el millón de años es la unidad de tiempo más utilizada en Geología. La Historia Geológica de la Tierra se puede agrupar en cuatro grandes divisiones: Precámbrico (abarca desde el origen de la Tierra hasta el inicio del Paleozoico, hace 590 m.a.), Paleozoico (de 590 a 248 m.a.), Mesozoico (de 248 a 65 m.a.) y Cenozoico (de 65 m.a. a la actualidad).



1.2. ESTRUCTURA DE LA TIERRA

Desde la superficie de la Tierra hasta el interior de la misma se pueden distinguir tres unidades principales: corteza, manto y núcleo.

La **Corteza** se separa del manto por la discontinuidad de Mohorovicic, que se detecta por un aumento brusco de la velocidad de las ondas sísmicas. La velocidad de las ondas sísmicas es mayor en la horizontal de la corteza terrestre que en la vertical, distinguiéndose una corteza continental y otra oceánica. Verticalmente también es posible diferenciar una zonificación de materiales en tres niveles.

El **Manto** representa el 69% de la masa de la Tierra, siendo su límite inferior más neto que el superior. Se separa del núcleo por la discontinuidad de Gutemberg. Atendiendo a las diferentes velocidades de las ondas sísmicas se puede diferenciar un manto interior, una zona intermedia y un manto superior, donde se localiza una zona de plasticidad con probadas connotaciones dinámicas entre manto y corteza.

El **Núcleo** se divide a su vez en núcleo interno (denso) y núcleo externo (fluido).

1.3. Principales tipos de rocas

Existen varias formas de clasificar las rocas, si bien lo más común es clasificarlas desde el punto de vista genético, es decir, según su origen. De este modo se pueden distinguir dos grandes conjuntos: las rocas endógenas o de origen interno (formadas, al menos parcialmente, en el interior de la Tierra) y las rocas exógenas o de origen externo (formadas en la superficie de la Tierra).

ROCAS ENDÓGENAS			
MAGMÁTICAS			
P l u t ó n i c a s	Granito	Riolita	V o l c á n i c a s
	Granodiorita	Dacita	
	Gabro	Basalto	
	Diorita	Andesita	
	Monzonita	Latita	
	Sienita		
METAMÓRFICAS			
Fillita-Pizarra	Anfibolita		
Migmatita	Granulita		
Esquisto	Cuarcita		
Corneana	Mármol		
Gneis	Eclógita		

ROCAS EXÓGENAS (SEDIMENTARIAS)		
DETRÍTICAS		
Conglomerado		
Arenisca		
Limo Arcilla		
QUÍMICAS		
Carbonatadas		Evaporíticas
Caliza		Yeso
Dolomía		Anhidrita
		Halita
ORGANÓGENAS		
Silíceas	Orgánicas	Fosfatadas
Diatomita	Carbón	Fosfatita
Radiolarita	Petróleo	

Rocas Endógenas

Se dividen a su vez en rocas magmáticas y metamórficas.

Rocas Mágmatas o Ígneas. Proceden de una solución de silicatos fundida total o parcialmente denominada magma. Se diferencian dos subgrupos: rocas intrusivas y rocas extrusivas.

Rocas Intrusivas. Son las rocas formadas a partir de un magma que solidifica en el interior de la Tierra. Se dividen en rocas filonianas y rocas plutónicas, como el granito.

Rocas Extrusivas o Volcánicas. Son las rocas formadas a partir de un magma que se solidifica en la superficie de la Tierra (andesitas, basaltos, etc.).

Rocas Metamórficas. Son las producidas por cambios mineralógicos, químicos y estructurales en las diferentes rocas cuando éstas se ven sometidas a condiciones de presión y/o temperatura diferente de las que las generaron (esquistos, pizarras, gneises, etc.).

Rocas Exógenas o Sedimentarias

Son rocas que proceden, por procesos superficiales, físicos, químicos y/o biológicos, del resto de tipos de rocas. Se disponen en capas superpuestas o estratos. Se dividen en:

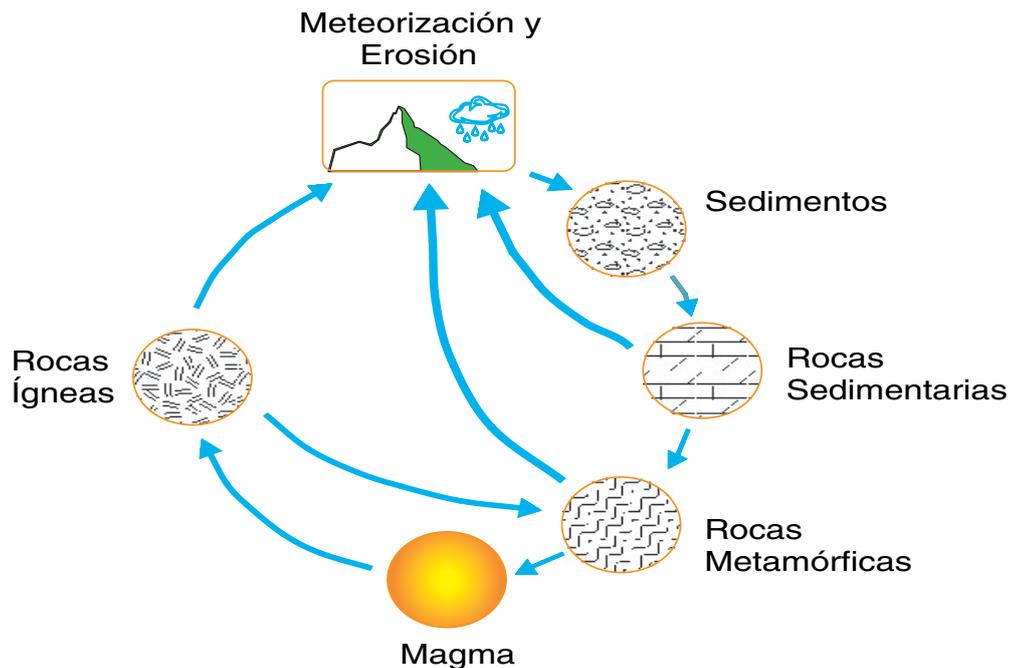
Rocas Detríticas. Formadas por fragmentos de rocas y/o minerales transportados y depositados por los procesos superficiales físicos (arenas, conglomerados, etc.)

Rocas Químicas. Formadas por la precipitación de iones minerales disueltos en soluciones acuosas (calizas, yesos, etc.).

Rocas de origen orgánico. Formadas por la acumulación de restos orgánicos o la acumulación de material producido por la actividad de los seres vivos (carbón, etc.).

1. 4. EL CICLO GEOLÓGICO

Como se ha podido observar en los anteriores apartados, en general todos los tipos de rocas están relacionados unos con otros. El fundador de la moderna Geología, James Hutton, ya enunció hace 280 años que “...las rocas se meteorizan y forman sedimentos que luego se entierran a profundidad. Estos sedimentos convertidos en rocas pueden sufrir más tarde un proceso de metamorfismo y/o fusión. Posteriormente se deforman y se levantan durante la génesis de las cordilleras, para seguir de nuevo la meteorización y reciclaje”. Si bien se podría matizar muchos aspectos, en general esta teoría coincide con la idea de la Tierra en constante cambio.



2. DEFORMACIÓN DE LOS MATERIALES TERRESTRES

La dinámica de la Corteza Terrestre somete a los materiales que la constituyen a enormes esfuerzos, que dan como resultado deformaciones de gran intensidad, produciendo diferentes estructuras.

2.1. NIVELES ESTRUCTURALES Y TIPOS DE DEFORMACIÓN

La dinámica a escala del Globo ha provocado accidentes tectónicos que repercuten a escala regional dando lugar a las deformaciones que constituyen los macizos que todos conocemos. Sus características dependen del nivel estructural en el que la roca se encuentre: en los niveles más superficiales el comportamiento es frágil, en el nivel medio, debido a las presiones a que están sometidos los materiales, se producen los pliegues y flexiones y, finalmente, en el nivel inferior con presiones y temperaturas muy elevadas tienen lugar deformaciones por flujo, y la fusión. No obstante, estos límites deben tomarse solamente como aproximación; el tipo de deformación sufrido por una roca está también condicionado por sus

propias características: dureza, fragilidad, etc. Materiales muy plásticos como el yeso, serán deformados en cualquier circunstancia de un modo muy diferente a rocas duras, como las cuarcitas o las calizas.

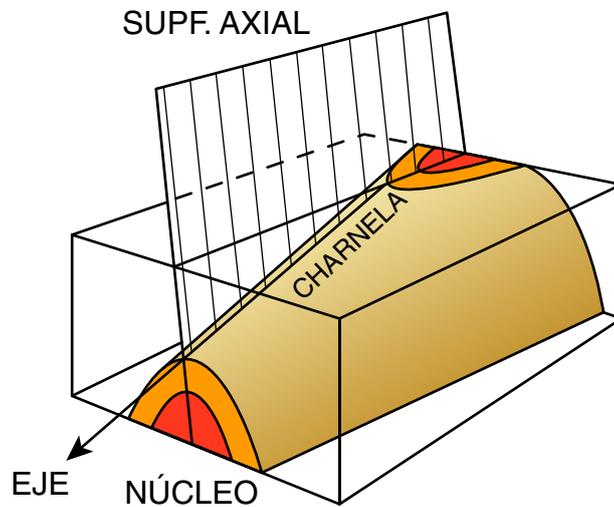


Figura 3

Los elementos geométricos más característicos correspondientes a la deformación de las estructuras originales de las rocas, son:

Pliegues

Los elementos que caracterizan la geometría de un pliegue son (Figura 3):

- *Charnela:* Es la línea de máxima curvatura del pliegue.
- *Flancos:* Son las zonas a un lado y otro de la charnela.
- *Núcleo:* Constituye la parte central del pliegue.
- *Eje:* Es la línea de unión de los puntos de charnela a lo largo de una capa.
- *Superficie axial:* Es la que contiene el conjunto de todos los ejes y charnelas en la horizontal. En casos de deformación escasa o cuando se trabaja a escala pequeña, puede asimilarse a un plano.

En función de la disposición de estos elementos, los pliegues simples se diferencian en **asimétricos**, cuando los flancos presentan diferente buzamiento, **inclinados** cuando lo está el plano axial, **recumbentes** cuando el plano axial es horizontal, o **invertidos** cuando la charnela aparece en sentido opuesto al original. Los pliegues presentan una escala muy variable de tamaños, desde centímetros hasta de centenares de metros.

Las formas más comunes son pliegues simples: *antiformas* y *siniformas*, según sean convexos o cóncavos respectivamente. Se denomina **anticlinal** a una antiforma en la que los materiales más antiguos se sitúan en su núcleo. Un **sinclinal** es una sinforma con los materiales más modernos en su núcleo.

Fallas

Las fallas son fracturas producidas por los esfuerzos tectónicos. Las masas de roca fracturadas presentan desplazamientos según el plano de rotura, bien sea en sentido horizontal y/o vertical, o por torsión. Al igual que los pliegues, las fallas se caracterizan por una serie de elementos geométricos:

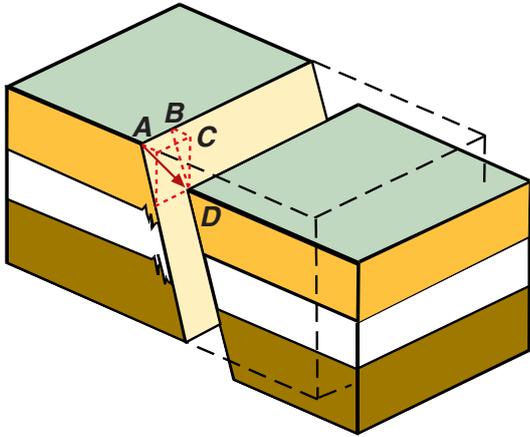


Figura 4. Medición del movimiento de una falla. **AD:** salto total; **AB:** salto en dirección; **BD:** salto en buzamiento; **AC:** desplazamiento horizontal; **CD:** desplazamiento vertical

- *Labios:* Es el nombre que reciben los bloques que quedan a un lado y otro de la fractura.

- *Plano de falla:* Es la superficie de rotura. Puede ser plana, ligeramente curva o alabeada (especialmente en fracturas de gran entidad). En algunos puntos puede aparecer pulida por la fricción que produce el desplazamiento de los bloques, y con estrías que indican la dirección del movimiento, denominándose entonces Espejo de falla. Normalmente, salvo en fracturas pequeñas, el plano es en realidad una banda de cierto espesor, donde la roca aparece triturada o alterada.

- *Salto de falla:* Es el desplazamiento entre los dos bloques fracturados. Puede medirse horizontalmente, verticalmente, o según la dirección del plano de falla (Figura 4).

En función del sentido de desplazamiento de los bloques respecto al plano de fractura se definen tres tipos básicos de fallas, siempre que dicho plano se encuentre inclinado (Figura 5):

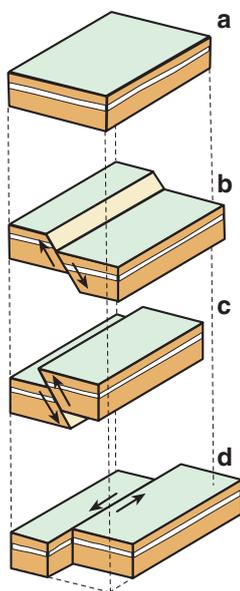


Figura 5. Tipos principales de fallas. **a.** Bloque sin deformar; **b.** *Falla Normal* (esfuerzo distensivo=alargamiento); **c.** *Falla inversa* (esfuerzo compresivo=acortamiento); **d.** *Falla de desgarre* (desplazamiento horizontal)

- *Normales:* Son aquellas en las que el labio situado sobre el plano de falla está hundido respecto al otro. Este plano es generalmente muy vertical. Se encuentran asociadas a movimientos de distensión.

- *Inversas:* Son aquellas en que el labio situado sobre el plano de fractura está levantado respecto al otro. Se producen por movimientos de compresión. Cuando este plano tiene una inclinación muy pequeña hablamos de *Cabalgamientos*. En ellos un bloque se sitúa sobre el otro, con desplazamientos a veces muy importantes, dando lugar a "Escamas".

- *De desgarre:* El desplazamiento de los bloques es principalmente horizontal, si bien puede haber un componente vertical más o menos importante. Este tipo de fracturas da lugar a desplazamientos muy considerables entre sus bloques.

En la mayoría de los casos aparecen fracturas mixtas (de desgarre con una componente directa o inversa, etc.). Igualmente son frecuentes las fallas asociadas a pliegues.

Diaclasas

Son fracturas menores de la roca en las que no existe un desplazamiento relativo de los bloques o éste es mínimo. Aparecen siempre agrupadas en familias de distinta orientación.

2.2. ESTRUCTURAS DE MICROTTECTÓNICA

Las manifestaciones de los esfuerzos sufridos por una roca aparecen también a pequeña escala. Las estructuras más frecuentes son los estilolitos y las venas minerales.

Los **estilolitos** se deben a la disolución de la roca por efecto de la presión (esfuerzos compresivos). Aparece una superficie más o menos plana, que vista en sección presenta aspecto de “sutura”. Los estilolitos se disponen ortogonales a la dirección de máximo esfuerzo. Las **venas** son, por el contrario, el resultado de esfuerzos distensivos. En una dirección perpendicular a ellos tiene lugar el crecimiento de cristales, a veces de un gran espesor (Figura 6). La medición en campo de estas estructuras, y su posterior tratamiento estadístico, permite conocer las direcciones de los esfuerzos tectónicos sufridos por un macizo rocoso.

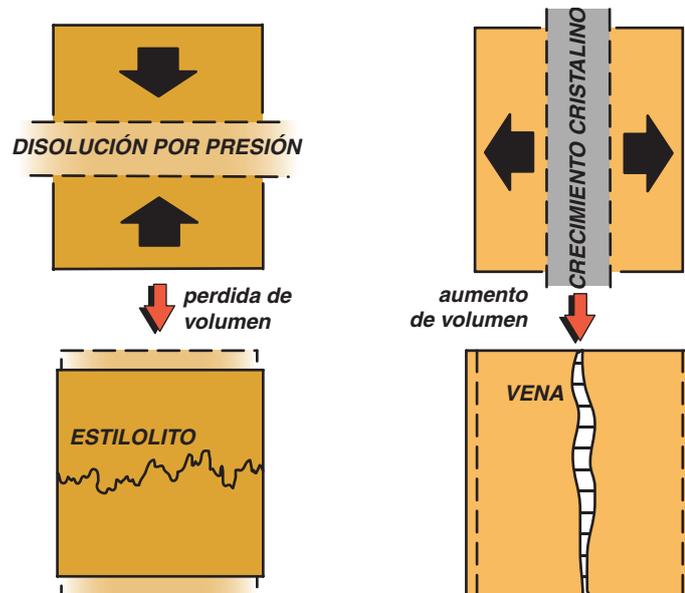
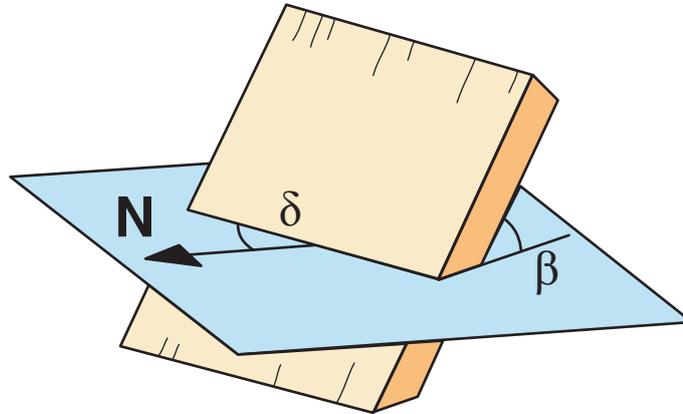


Figura 6. Formación de estilolitos y venas minerales (modificado de Herrero, en Fernández *et al.*, 1995)

2.3. ELEMENTOS DE GEOMETRÍA ESTRUCTURAL

El estudio de la disposición de las rocas después de que hayan sufrido las deformaciones que acabamos de describir, requiere el empleo de una serie de técnicas de medida de sus elementos geométricos. De esta forma podemos reconstruir tanto la disposición original de las rocas, como conocer el tipo de esfuerzos que han sufrido. De la misma manera usaremos estas técnicas para la representación cartográfica de la geología de una región.

Trataremos ahora a los estratos o a las fracturas como meros planos geométricos que podremos definir a partir de los siguientes parámetros:



- *Rumbo*: Ángulo horizontal medido entre una línea y un sistema de referencia cartográfica. Por lo general se refiere al Norte magnético (el medido directamente por una brújula) o geográfico (el del sistema de referencia utilizado, después de corregir la declinación magnética).
- *Inclinación*: Término general aplicado al ángulo vertical formado por un plano o línea con la horizontal.
- *Dirección de un plano*: Es el rumbo de una línea horizontal situada en él. Se indica con la letra griega Δ (delta).
- *Buzamiento*: Inclinación respecto a la horizontal de la línea de máxima pendiente de un plano inclinado. Esta línea es, evidentemente, perpendicular a la dirección de la capa. Se denota por la letra griega β (beta).
- *Buzamiento aparente*: inclinación de un plano medida en una dirección cualquiera. Siempre será menor que el buzamiento.

En las rocas sedimentarias, la forma plana más frecuente y definitoria de la estructura de la roca, es el plano de estratificación. La medida de su dirección y buzamiento permite conocer su disposición espacial y la deformación sufrida. La medida de los elementos geométricos de los pliegues y las fracturas nos informa de los esfuerzos a los que ha estado sometida una Región.

3. EL KARST: PROCESOS Y FORMAS

Como **karst** se conoce a unas ciertas formas del relieve y procesos asociados a la formación de las mismas, que las caracterizan claramente. En general un área kárstica se caracteriza por:

- Escasa presencia o ausencia de redes de drenaje superficiales, predominando el drenaje subterráneo claramente jerarquizado.

- Presencia de conductos que organizan el drenaje subterráneo, siendo los más notables las cuevas y simas. Algunas de éstas funcionan como sumideros y otras como surgencias o manantiales, en clara relación con el drenaje endorreico.
- Existencia de formas singulares debidas a la disolución de las rocas generadas por el agua.

3.1. PROCESOS DE KARSTIFICACIÓN

La formación de un sistema kárstico se inicia con la infiltración del agua en el macizo, a favor de las fisuras y discontinuidades preexistentes en la roca. La mayoría de las rocas favorables a la karstificación presentan una red de fisuras interconectadas lo suficientemente densas como para que el agua pueda moverse por ellas, favoreciéndose el proceso de disolución de las mismas y produciendo, por tanto, el ensanchamiento de dichas fisuras. Algunas de estas fisuras (p.e., las sometidas a un mayor gradiente hidráulico) se ampliarán selectivamente generando unos conductos preferentes para la circulación del agua y sobre los que se producirá progresivamente una mayor disolución. De este modo se genera una red subterránea con conductos preferentes de drenaje.

El proceso de karstificación, y por tanto el desarrollo de una red de drenaje subterránea, está condicionado por una serie de factores:

- Existencia de rocas favorables a la disolución (litología).
- Existencia de una estructura geológica adecuada para el desarrollo de sistemas endorreicos.
- Condiciones climáticas favorables (el aporte hídrico y la temperatura es clave para la disolución de las rocas).
- Tiempo suficiente para que los procesos se desarrollen.

Existen otras muchas causas que influyen en el desarrollo de los procesos kársticos, como es la existencia de suelo (los procesos bioquímicos favorecen la disolución de las rocas), el gradiente hidráulico generado, las características físico-químicas de las aguas que discurren por el macizo rocoso, etc..., lo que provoca que materiales similares desarrollen diferentes morfologías kársticas y diferentes estados de desarrollo de las mismas, según las condiciones particulares (clima, altitud, procesos edáficos, etc...) de cada área.

3.2. ZONIFICACIÓN DEL KARST

Desde el punto de vista del comportamiento hidrogeológico del karst, se pueden diferenciar en la vertical dos claras zonas con un comportamiento diferente:

- *Zona freática o saturada:* Es la zona donde el agua llena todos los poros, huecos y fisuras interconectadas, circulando subhorizontalmente por la red de conductos hacia las surgencias.
- *Zona de aireación o vadosa:* Es la zona por la que el agua se infiltra a través de las fisuras y huecos, desplazándose rápidamente por la acción de la gravedad, hacia la zona freática.

Entre estas dos existe una *Zona de fluctuación o epifreática* que se encuentra inundada en épocas de crecida y se comporta como vadosa en épocas de estiaje, es decir, está sometida a las variaciones estacionales.

Igualmente se pueden distinguir varias zonas según el comportamiento hidrogeológico en la horizontal del sistema kárstico.

- *Zona de alimentación:* Está limitada por el área de captación de los materiales karstificables. Se produce una captación difusa de las aguas a través de fisuras y poros, y una captación puntual a favor de los sumideros.
- *Zona de circulación:* Está representada por la red de conductos que constituyen el sistema kárstico. La circulación subterránea se organiza conectando las áreas de alimentación con las áreas de descarga (surgencias y manantiales).
- *Zona de descarga:* Representada por puntos concretos (surgencias y manantiales) por donde se produce la salida del agua que ha circulado por el sistema kárstico.

3.3. FORMAS KÁRSTICAS

Hemos comentado que el término Karst se asocia tanto con unos procesos, como con unas determinadas formas del relieve, producidas en general por la disolución de diversas rocas de la superficie terrestre. La mayor parte de la disolución que se produce en un área kárstica tiene lugar en la superficie o muy cerca de ella, por lo que en superficie se producen una serie de formas de disolución características que constituyen el **paisaje exokárstico** (parte superficial del karst):

- *Lapiaz:* Denominado también *lenar*. Representa un conjunto de numerosas formas de disolución superficial generadas por la acción directa del agua de lluvia o fusión de nieve. Constituyen áreas en las que la infiltración se produce con rapidez, siendo prácticamente inexistente la escorrentía superficial.
- *Dolina:* Depresión circular cerrada en forma de embudo cuya pendiente puede ser escarpada. Su diámetro puede estar comprendido entre pocos metros y varios hectómetros. Marca la existencia de lugares puntuales de infiltración preferente a favor del cruce de planos de debilidad.
- *Uvala:* Depresión alargada y de contornos irregulares de varios hectómetros de diámetro. Su génesis puede estar relacionada con la coalescencia de dolinas que crecen próximas entre sí, desarrollándose más rápidamente en anchura que en profundidad.
- *Polje:* Importante depresión kárstica de forma alargada cuya longitud puede ser de varios kilómetros. El fondo es marcadamente plano y a menudo está colmatado de sedimentos detríticos. Suelen estar sujetos a inundaciones periódicas ya que la superficie topográfica del terreno está muy cerca del nivel freático.
- *Cañón:* Valles estrechos de paredes muy verticales y fuertes desniveles. Se produce cuando un río se encaja lo suficiente como para atravesar el acuífero kárstico subyacente.

Las formas desarrolladas en el interior del sistema kárstico constituyen el **paisaje endokárstico**, y si bien las formas de disolución características son las cuevas y simas, que constituyen los conductos con desarrollo principalmente horizontal o vertical respectivamente, existen otras formas características y conocidas por los espeleólogos, con una génesis completamente distinta, debida a la precipitación de diferentes minerales, que tienden a rellenar los conductos subterráneos. Éstas constituyen las **formas de precipitación o espeleotemas**.

- *Estalactitas:* Se forma cuando una gota de agua que circula por una fisura desemboca en un conducto vadoso. Alrededor de la gota precipita el mineral produciéndose poco a poco el crecimiento de una fina concreción cilíndrica hueca por cuyo interior sigue circulando el agua, constituyendo lo que se denominan *macarrones*. Si además circula el agua por las paredes, se produce un crecimiento radial de los cristales que engrosa la estalactita. Si se produce el flujo de agua a

favor de paredes, extraplomos, etc. se producen formas variadas que reciben diversos nombres (cortinas, banderas, etc.).

- *Estalagmitas*: Al caer la gota de agua de la estalactita, en general no se produce un precipitado de todo el mineral que está en disolución cuando la gota golpea el suelo. Se produce una nueva precipitación de mineral, originando, por acumulación, las *estalagmitas*. La unión de una estalagmita y una estalactita se conoce como *columnas*.
- *Excéntricas*: Se denomina así a diversas formas relacionadas con “*estalactitas que no han crecido a favor de la gravedad*”. En general existen dos grupos: las *antoditas*, con forma de espigas o agujas, y las *helicitas*, que presenta un canal central por el que discurre la gota de agua, si bien por diferentes procesos se producen cambios en la dirección de crecimiento del espeleotema.
- *Coladas*: Se forman cuando el agua circula en régimen laminar por una superficie, provocándose la precipitación mineral recubriendo la misma.
- *Gours*: Son precipitados en forma de dique desarrolladas sobre una pendiente por la que circula agua, provocando el embalsamiento escalonado de las aguas.
- *Corales*: Constituyen una amplia variedad de espeleotemas de aspecto rugoso que se desarrollan sobre diferentes superficies y con diferente génesis. El aporte de agua puede tener lugar por filtración, por salpicadura de goteos o por un flujo sobre una superficie irregular. La precipitación se produce de modo preferente en salientes, que de esta forma acentúan su relieve y continúan creciendo.

Existen otras formas de precipitados, si bien éstas son las más comunes que vamos a encontrar en las cavidades.

4. BIBLIOGRAFÍA

BAREA LUCHENA, J.: *Geología del karst desde el punto de vista del espeleólogo*. Boletín Espeleológico SECJA, 1. 1996.

ERASO, A.; BOQUERA, J.: *El Karst. Serie Ingeniería Ambiental*, ITGE, 17 pp. Madrid 1994.

FERNÁNDEZ, E.; HERRERO, N.; LARIO, J.; ORTIZ, I.; PEIRÓ, R.; ROSSI, C.: *Introducción a la Geología Kárstica*. Federación Española de Espeleología: 202pp. Barcelona 1995.

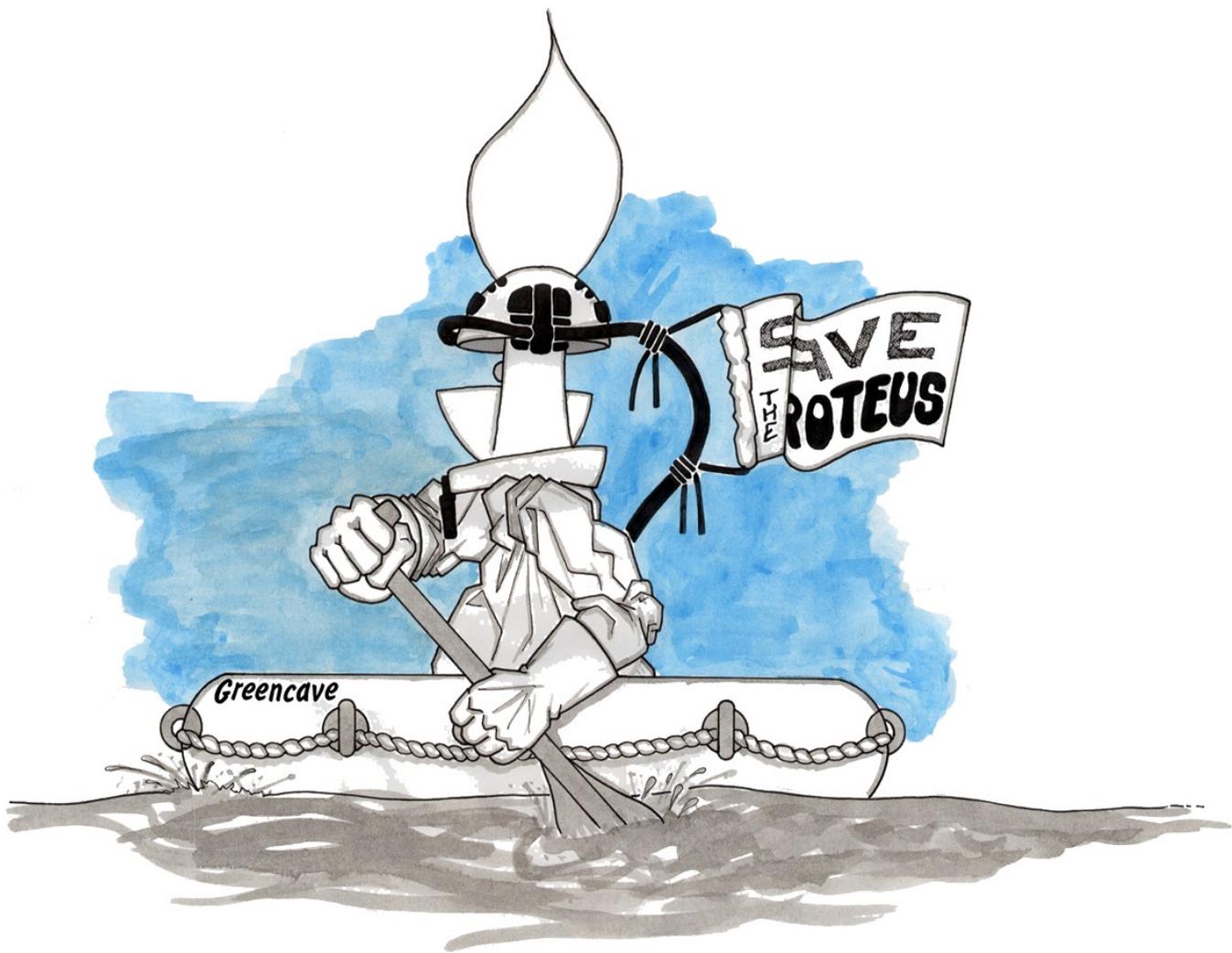
OTERO, M.A.; PIVIDAL, A.J.; FRAILE, M.J.; CENTENO, J.D.; SENDREROS, A.: *Geología*. Ediciones del Laberinto, S.L: 419pp. 1997.

Jesús Cuenca Rodríguez

Técnica y formación en Espeleología
FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE ESPELEOLOGÍA

XI

BIOESPELEOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE CAVIDADES



1. BIOLOGÍA: GENERALIDADES

1.1. LA VIDA: UNA FORMA DE PRESENTARSE LA MATERIA

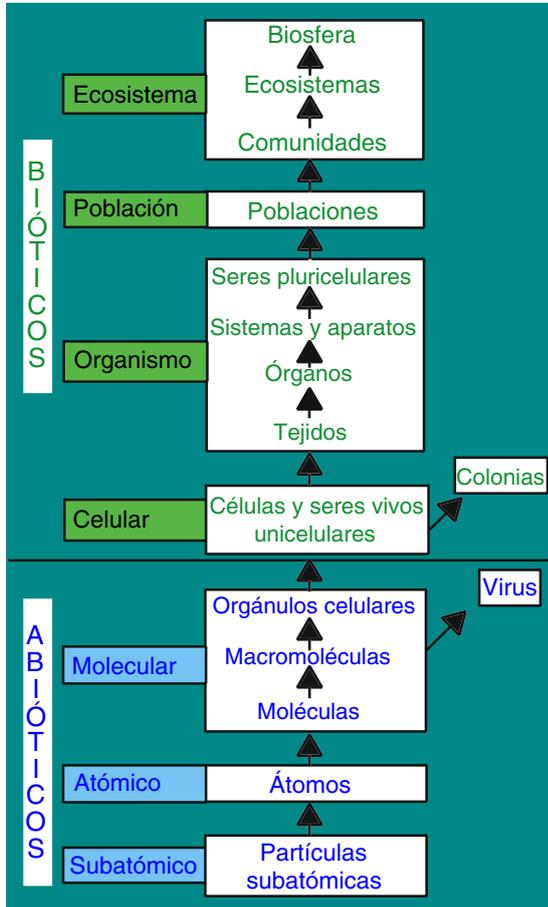


Figura 1. Niveles de organización de la materia.

A lo largo de la historia del Universo la materia se ha ido organizando progresivamente, desde los niveles más simples, menos energéticos, hasta los más complejos y con mayor consumo de energía. Así, tras el “Big Bang”, el Universo comenzaría en forma de partículas sub atómicas; posteriormente se agregarían en átomos para, con una evolución más compleja, formar galaxias, estrellas y planetas. Los átomos de los planetas darían lugar a los compuestos químicos y a los agregados moleculares.

En la Tierra primitiva, la materia inorgánica, como consecuencia de unas particulares condiciones energéticas reinantes (atmósfera reductora y grandes fuentes de energía tanto interna como externa), adquirió un grado de organización biótico, y en los bordes de los océanos aparecieron las primeras formas de vida. Su existencia supuso la síntesis abiótica de sustancias bioquímicas importantes que, bajo forma de agregados de moléculas, efectuaron la transición entre la materia inanimada y los organismo primitivos, poniéndose así en marcha la evolución.

Si bien ciertas estructuras aisladas de los organismos pueden tener una actividad bioquímica, la vida implica una regulación y una coordinación de estas actividades y, normalmente, ello sólo es posible gracias a la forma celular. La célula se define como la unidad de organización estructural de los seres vivientes.

No existen células tipo, pero todas las células tienen en común ciertos caracteres fundamentales: estar compuestas por una membrana externa que encierra cierto material de aspecto gelatinoso, llamado citoplasma, y un núcleo. El citoplasma encierra una serie de orgánulos que están

adaptados para realizar los distintos procesos vitales. Las células más primitivas carecen de núcleo (procariontas) y el material genético se encuentra disperso por el citoplasma. En las células eucariotas, el núcleo encierra el material genético que aparece condensado en estructuras denominadas cromosomas (Figura 2).

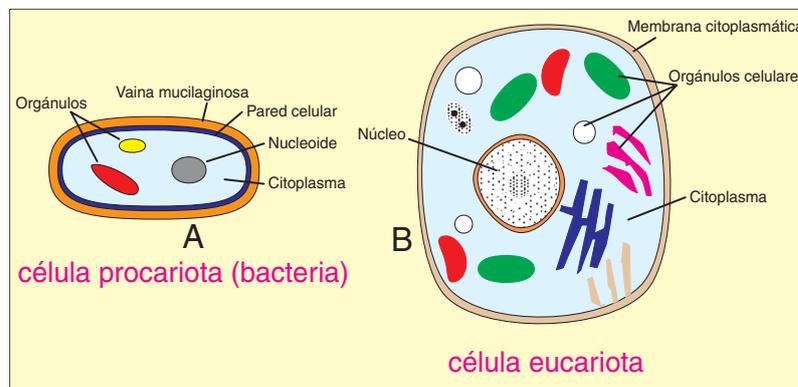


Figura 2. Estructura celular.

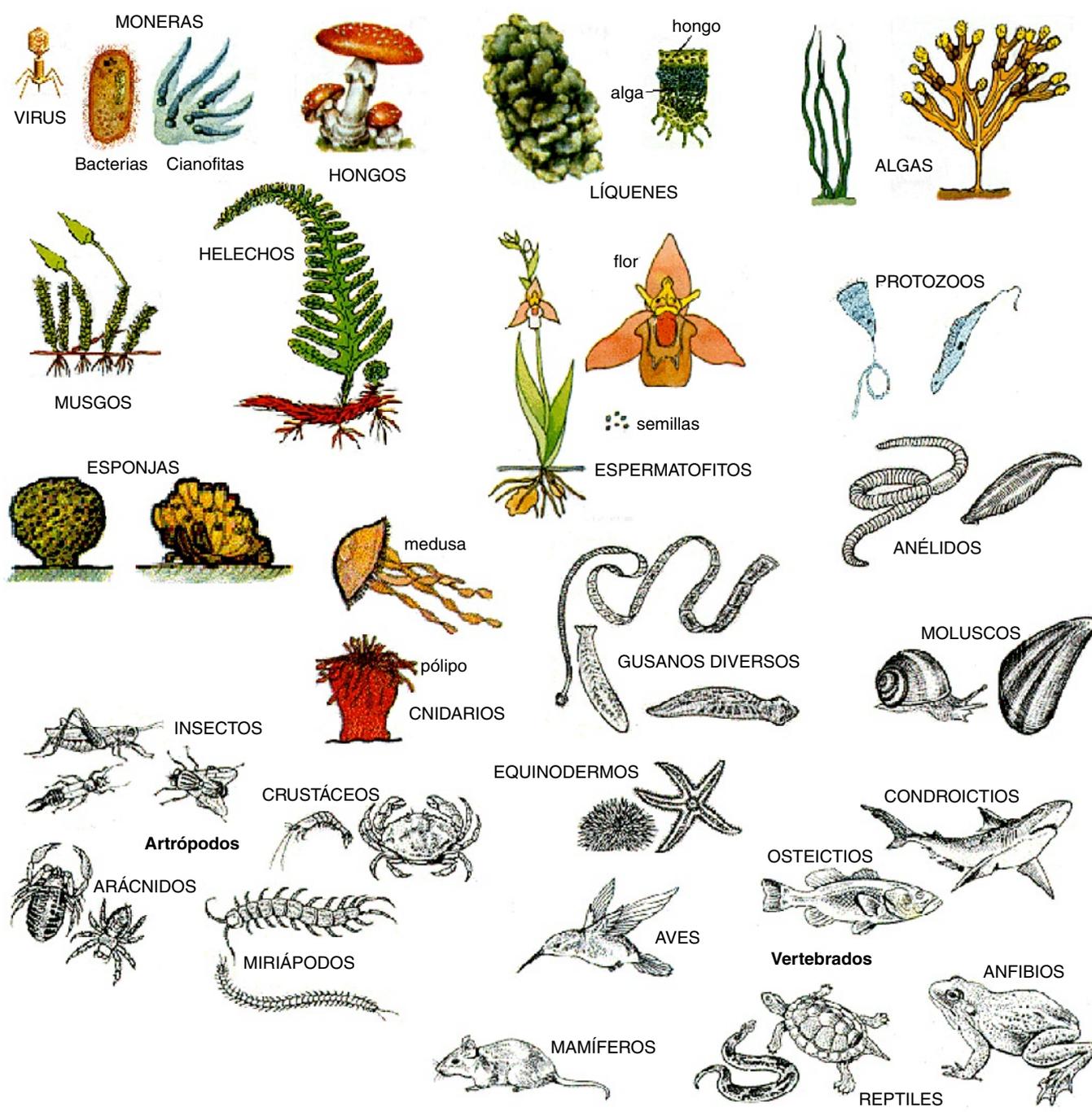


Figura 3. Principales grupos de seres vivos.

1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SERES VIVOS

La Taxonomía se encarga de la clasificación de los seres vivos, y los grupos de seres vivos que establece se llaman **taxones**. Los principales taxones son: reino, filum / división (según se trate de animales o vegetales), clase, orden, familia, género, especie y subespecie.

En este sistema de clasificación, un reino engloba todos los tipos que son parecidos, un filum abarca todas las clases que son parecidas, y así sucesivamente. En caso necesario, se introducen subgrupos (subfilum, superclase, subclase, etc.).

El taxón más importante es la **especie**, que se define de forma sencilla como un **conjunto de individuos que proceden de antecesores comunes y que son capaces de reproducirse entre sí y de dar lugar a una descendencia fértil**.

De la denominación de las diferentes especies se encarga la Nomenclatura. En la actualidad se utiliza la **nomenclatura binomial**, inventada por Linneo hacia mediados del siglo XVIII. En la nomenclatura binomial cada especie se denomina con dos nombres en latín, el primero para designar el género y el segundo para designar la especie. El primer nombre se escribe siempre con mayúscula y el segundo con minúscula.

Si es preciso, se añade el nombre del autor que descubrió la especie, seguido del año en que lo hizo. Por ejemplo, el nombre científico completo del murciélago común es *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774).

El uso de los nombres científicos en latín no es una complicación innecesaria, sino algo imprescindible, ya que los nombres vulgares varían de una región a otra y de un país a otro.

1.3. OBTENCIÓN DE MATERIA Y ENERGÍA POR PARTE DE LOS ORGANISMOS

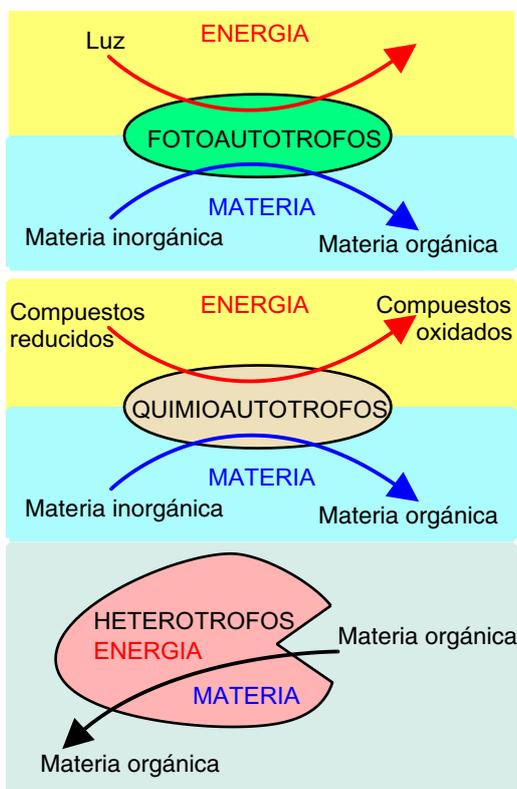


Figura 4. Organismos autótrofos y heterótrofos.

A lo largo de la evolución, los organismos han desarrollado complejos mecanismos para captar y utilizar la energía. Según el mecanismo utilizado, se pueden dividir en dos grupos principales: **autótrofos** y **heterótrofos**.

Los organismos autótrofos pueden sintetizar su propio alimento a partir de sustancias inorgánicas (agua, dióxido de carbono, sales minerales) y una fuente externa de energía. Según la fuente de energía se distinguen dos grandes grupos de organismos autótrofos: **fitótrofos** y **quimiótrofos**. Los fitótrofos transforman la energía luminosa en energía química útil, mediante la fotosíntesis; los quimiótrofos, utilizan para sus actividades anabólicas energía dependiente de la catálisis de reacciones exérgicas, generalmente de tipo oxidativo.

Los quimiótrofos utilizan diversos sustratos para obtener la energía: nitratos, nitritos, óxido ferroso, sulfuros, etc. Estos organismos son bacterias que pueden vivir en condiciones aerobias (con oxígeno) y anaerobias (sin oxígeno).

Los organismos heterótrofos no pueden sintetizar sus propios alimentos a partir de moléculas simples inorgánicas, por no poseer sistemas de transformación de energía externa. Por tanto, deben vivir a expensas de la materia sintetizada por los autótrofos. La materia orgánica que toman del medio la utilizan como fuente de energía y materia (Figura 4).

1.4. METABOLISMO

Se conoce por metabolismo aquellos procesos químicos que se desarrollan en el interior de un organismo, o en alguna de sus partes. Comprende la desintegración de los compuestos orgánicos desde formas complejas a otras más sencillas (catabolismo) con liberación de energía que queda disponible para las múltiples actividades orgánicas, y la elaboración de compuestos orgánicos complejos a partir de otros más simples (anabolismo) utilizando la energía liberada por el catabolismo y, en el caso de los organismos autótrofos, la energía de fuentes externas no orgánicas (especialmente la de la luz solar).

Las reacciones metabólicas están controladas por metabolitos. Muchos metabolitos son producidos por el organismo en el curso del metabolismo; otros son captados del ambiente, porque el organismo es incapaz de elaborarlos por sí mismo; en otros casos parte de la cantidad de metabolito usada por el organismo es elaborada por éste y parte es absorbida del medio. Los organismos autótrofos sólo necesitan tomar del medio metabolitos inorgánicos (agua, dióxido de carbono, nitratos y determinados oligoelementos). Los organismos heterótrofos precisan, además de los metabolitos inorgánicos, una amplia gama de metabolitos orgánicos del medio, que varía mucho de unas especies a otras, pero que comprende diversos aminoácidos y vitaminas.

1.5. REPRODUCCIÓN

La reproducción es el mecanismo por el cual un organismo da origen a otro organismo semejante a él, sea por procesos mitóticos (división celular), por escisión o mediante la formación de un cigoto.

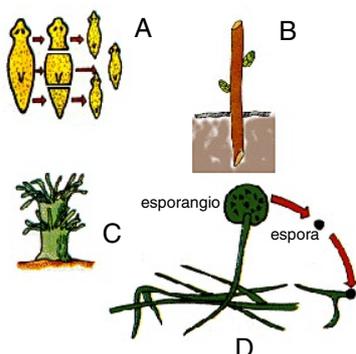


Figura 5. Reproducción asexual. Vegetativa: A, participación en planaria; B, esqueje en espermatofito; C, escisión en pólipo. Formación de esporas: D, esporangio y esporas en hongo.

Se distinguen básicamente dos tipos de reproducción: la asexual y la sexual. La reproducción asexual supone un proceso en el que el ser se divide o se escinde en dos o más seres que al desarrollarse son iguales al que les dio origen. Se diferencian dos formas fundamentales de reproducción asexual: vegetativa y por esporas. En la reproducción vegetativa, los nuevos organismos proceden de una parte del progenitor. Las esporas son elementos unicelulares, formadas en estructuras especiales denominadas esporangios, que en condiciones favorables pueden desarrollarse convirtiéndose en nuevos seres (Figura 5).

La reproducción sexual se caracteriza por la unión de dos células sexuales especializadas denominadas gametos (con dotación cromosómica simple, n) que al unirse mediante el proceso de fecundación originan un huevo o cigoto (con dotación cromosómica doble, $2n$) que por sucesivas divisiones da lugar a un nuevo ser. La reproducción sexual conlleva una serie de consecuencias de gran importancia: asegura no sólo el aumento del número de individuos, sino también una renovación constante de las combinaciones genéticas del patrimonio hereditario (Figura 6).

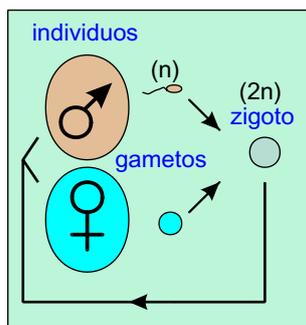


Figura 6. Reproducción sexual.

En algunos grupos biológicos, la reproducción también se lleva a cabo por partenogénesis. Este proceso consiste en el desarrollo del óvulo sin fecundación dando origen a un nuevo individuo. Es corriente en algunas plantas y animales (pulgon, rotíferos), que pueden carecer de machos. Los óvulos desarrollados de esta manera suelen ser diploides ($2n$), y los descendientes son genéticamente idénticos al progenitor. Con frecuencia en tales animales se da de vez en cuando la reproducción sexual, que proporciona una recombinación genética, junto a una actividad biológica de los machos.

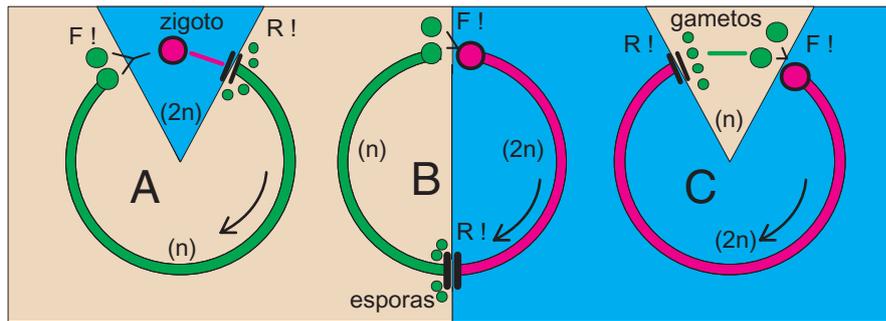


Figura 7. Tipos de meiosis: A, zigótica; B, esporogénica; C, gametogénica.

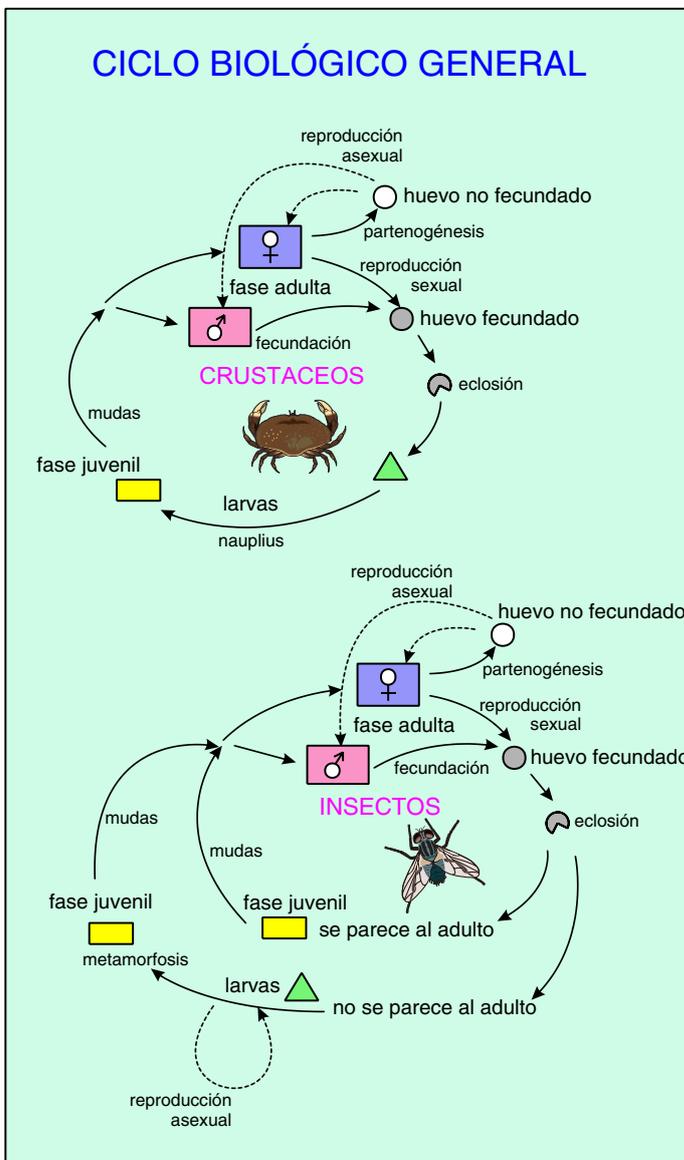


Figura 8. Ciclo de vida general en crustáceos e insectos.

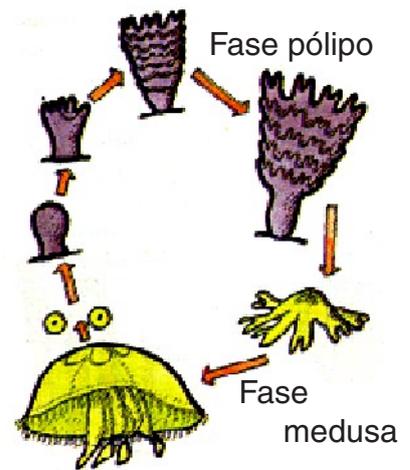


Figura 9. Alternancia de generaciones en cnidarios. La fase medusa se reproduce por vía sexual.

2. HISTORIA DE LA BIOESPELEOLOGÍA

Probablemente, la primera cita bibliográfica de un “habitante de las cuevas” se deba al Padre Tauste que, en 1678, menciona la existencia de un ave que vive en cuevas de Venezuela, el Guácharo. Pero no es hasta un siglo después cuando Humboldt explora la cueva de los Guácharos y describe al ave con el nombre de *Steatornis caripensis*.



Figura 10. Anfibio cavernícola:
Proteus anguinus.

Por su parte, J. N. Laurent, en 1768, describe la existencia de un anfibio en cuevas de Slovenia, el *Proteus anguinus* (Figura 10).

Los primeros precursores de la Bioespeleología hay que buscarlos entre un nutrido grupo de naturalistas y zoólogos, que se dedicaron a llevar a cabo prospecciones sistemáticas, tanto espeleológicas como bioespeleológicas, a lo largo del siglo XIX, en diferentes regiones de Europa (Península Balcánica, Pirineos) y América (Estados Unidos).

Es un período de nombres aislados y estudios aislados, con resultados enfocados a cuestiones taxonómicas, y con ideas derivadas de conceptos Neolamarckistas.

En 1907, El zoólogo rumano E.G. Racovitza publica “*Essai sur les problèmes biospéléologiques*”, documento base para comprender el sentido y el interés de la Bioespeleología. Además fue un manifiesto que representó el certificado de nacimiento de la Bioespeleología. Racovitza, junto con el entomólogo francés R. Jeannel fundó una Asociación denominada “Biospeologica”, establecida originalmente en el laboratorio de Arago, en Banyuls-sur-Mer (Francia), y después en Rumanía, con la creación del Instituto de Espeleología, en Cluj.

En EE.UU., los estudios bioespeleológicos durante la primera mitad del siglo XX fueron muy escasos. Es de destacar la monografía de la cueva de Mayfield, publicada por A. M. Banta en 1907 y el libro de C. H. Eigenmann sobre los vertebrados cavernícolas americanos. Por el contrario, en Europa, se incrementó notablemente el conocimiento sobre la fauna cavernícola. Numerosos taxonomistas trabajaban en diferentes grupos, y al igual que Jeannel y Vandel en Francia, en otros países se organizaban investigaciones bioespeleológicas (F. Español, en España).

También se iniciaron estudios ecológicos y, así, en los años 60 no sólo proliferaban los estudios sistemáticos, sino también los ecológicos y fisiológicos.

Problemas biológicos como la colonización de las cuevas y la evolución de los organismos acuáticos dieron origen a significativos y controvertidos estudios; asimismo, la división en especies de los animales cavernícolas también atrajo la atención de especialistas.

Dos trabajos sintetizan e integran las ideas de esta época: “*Biospéléologie*”, de Vandel (1964) y “*Cave ecology and the evolution of troglobites*”, de Barr (1968). En lo concerniente a la evolución, existen serias discrepancias entre ambos. Vandel interpreta la evolución de las especies cavernícolas a través de su particular teoría ortogénica, que concebía a los troglobios como fósiles vivientes. Barr, por el contrario, considera la evolución de los troglobios según las teorías Neodarwinistas, siguiendo los conceptos evolutivos propugnados por E. Mayr (1963).

En 1979, se funda en Moulins (Francia) la *Société de Biospéléologie*, con una vocación internacional, donde desaparecen las ideas Neolamarckistas y hay una adhesión a las ideas Neodarwinistas.

Actualmente, el medio cavernícola se considera mucho más extenso, incluyendo no sólo a las cuevas calcáreas, sino también a las fracturas, grietas, tubos de lava, etc.

La Bioespeleología como ciencia se dedica al estudio de todos los medios subterráneos que puedan proporcionar un hábitat a los organismos vivos. Las cuevas, es decir, los huecos naturales accesibles al

hombre que se encuentran en cualquier tipo de material geológico, constituyen una parte insignificante de los espacios que encierra el medio subterráneo, que además está formado por fisuras, grietas, poros y conductos, que contienen aire o agua.

3. CLASIFICACIÓN DEL MEDIO SUBTERRÁNEO

El medio subterráneo se divide en terrestre y acuático. En ocasiones, resulta difícil delimitar los medios terrestres y acuáticos, ya que en medios saturados totalmente de humedad se pueden encontrar especies típicamente acuáticas moviéndose en biotopos subaéreos y viceversa.

Con excepción de los Murciélagos, el Guácharo, el Proteo y ciertos peces ciegos, los vertebrados están ausentes del medio subterráneo; sólo algunos grupos de invertebrados, como los arácnidos, insectos, y principalmente crustáceos se mueven libremente por él.

3.1. MEDIO SUBTERRÁNEO TERRESTRE

Está formado por las cuevas con todos sus hábitats y microhábitats (fisuras, grietas, minas, oquedades, etc.) y el medio hipógeo con su red de microcavernas, grietas, huecos más o menos grandes y poros (Figura 11).

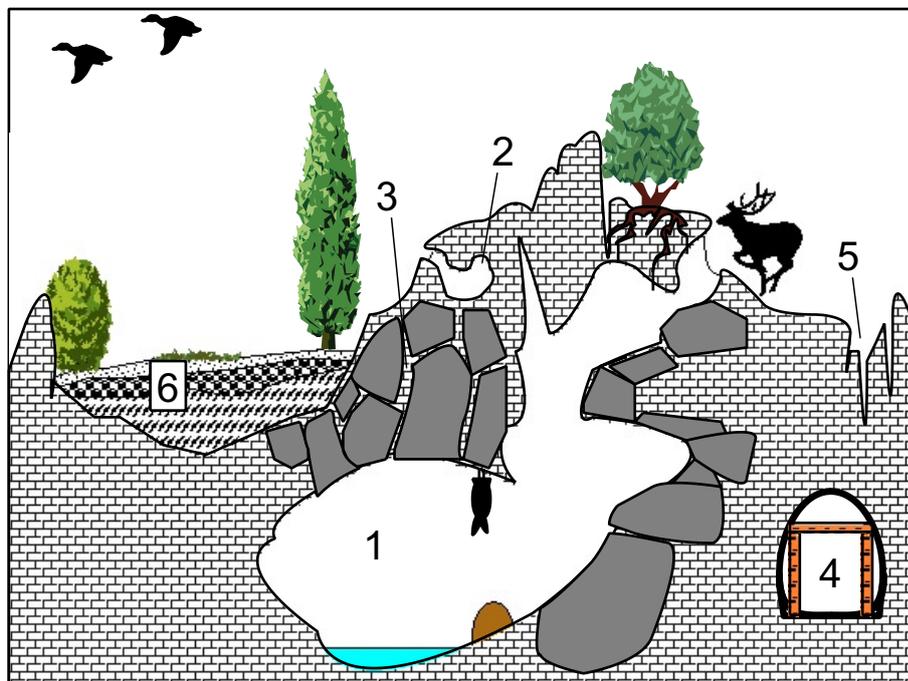
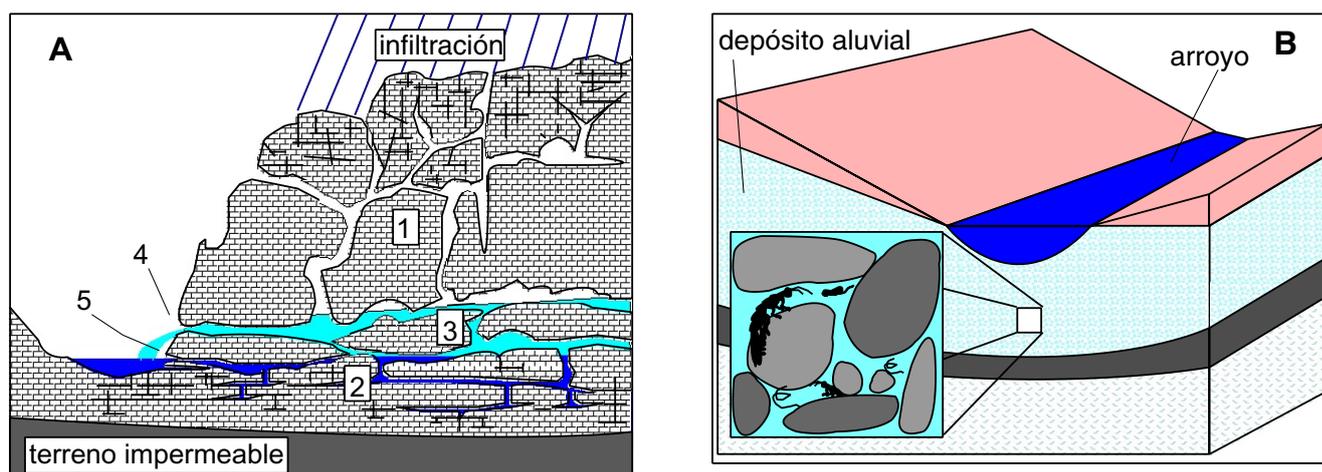


Figura 11. Medio subterráneo terrestre. 1, cuevas, simas; 2, microcavernas; 3, oquedades; 4, minas; 5, fisuras, grietas; 6, suelo.

3.2. MEDIO SUBTERRÁNEO ACUÁTICO

Los terrenos por los que circulan las aguas subterráneas se pueden dividir en dos grandes grupos (Figura 12): los terrenos permeables en grande (TPG) o ecosistema kárstico (A), y los terrenos permeables en pequeño (TPP) o ecosistema intersticial (B). En ellos, el agua circula de manera fundamentalmente diferente. Los TPP se caracterizan por una permeabilidad de intersticios y la variación de carga es lenta y continua; por el contrario, los TPG se caracterizan por una permeabilidad de fisuras y conductos y la variación de carga es rápida y discontinua.



A. Ecosistema kárstico: 1, zona vadosa; 2, zona freática; 3, zona de inundación; 4, Trop plein; 5, Surgencia. B, Ecosistema Intersticial.

B. Ecosistema intersticial

Figura 12

4. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO SUBTERRÁNEO

El medio subterráneo no es más simple que cualquier medio superficial. Está compuesto por un mosaico de microhábitats, cada uno con sus propias peculiaridades.

El aislamiento del medio subterráneo es relativo, ya que se encuentra conectado con la superficie a través de fisuras, grietas, microfisuras, galerías, cuevas, etc., que permiten el tránsito de materia y energía. Las cuevas no son más que una pequeña parte de la totalidad del medio subterráneo.

La aparente estabilidad del medio subterráneo es ficticia. Por ejemplo, una cueva es estable si la comparamos a gran escala con el medio exterior; sin embargo, se producen oscilaciones anuales y diarias en los diferentes microhábitats que se encuentran en ella. La temperatura en el interior de la cueva depende de la ventilación, la topografía y el clima exterior. En general, la humedad en la cueva es relativamente constante, y próxima al nivel de saturación, aunque hay mucha variación a nivel local, dependiendo de las corrientes de aire y de la temperatura. Estas características se refieren al medio subterráneo terrestre, pero se pueden hacer extensivas al medio subterráneo acuático. En este último medio, la estabilidad es sólo aparente, ya que depende del régimen pluviométrico del exterior, de la macro y microtopografía de la cavidad y de la naturaleza del material por el que discurre el agua. Estos factores también afectan al volumen, a la velocidad de flujo del agua y a sus características químicas.

La predictibilidad del medio subterráneo está condicionada por el medio exterior cercano, con una cierta demora en los efectos con respecto al exterior.

El único factor predecible y estable, en el medio subterráneo, es la falta de luz. También, la falta de luz es una característica fundamental que separa a las cuevas de los demás medios biológicos de la superficie terrestre. Muchos de los animales que carecen de la estimulación lumínica, no se ven afectados por los ritmos circadianos, fotoperiodicidad y ritmos estacionales, que tienen un papel tan importante en la vida exterior.

En los seres epígeos, la pigmentación de la piel tiene un papel protector contra la radiación solar, mientras que en el mundo subterráneo carece de significado.

El clima del interior de las cuevas es mucho menos variable que el reinante en la superficie externa. La temperatura es aproximadamente igual a la media anual de la región, por lo que las cuevas de grandes altitudes o altas latitudes pueden tener hielos permanentes, mientras que las cuevas tropicales se caracterizan por sus altas temperaturas. Los animales cavernícolas son capaces de resistir variaciones térmicas considerables, aunque las especies acuáticas prefieren las aguas frías. La atmósfera de los medios cavernícolas es muy húmeda. Los índices de evaporación generalmente son bajos, pero el aire no está siempre inmóvil. Pueden existir corrientes de aire y aún fuertes vientos a grandes distancias de la entrada, activados por efectos de chimenea o cambios en la presión barométrica.

En cada cueva y en cada zona de su interior, el aire tiene un valor higrométrico que varía con el tiempo. Dependiendo de las estaciones, el agua que entra o sale, el nivel higrométrico y la temperatura, se producen evaporaciones o condensaciones que cambian de forma significativa la concentración de vapor de agua en las diferentes zonas.

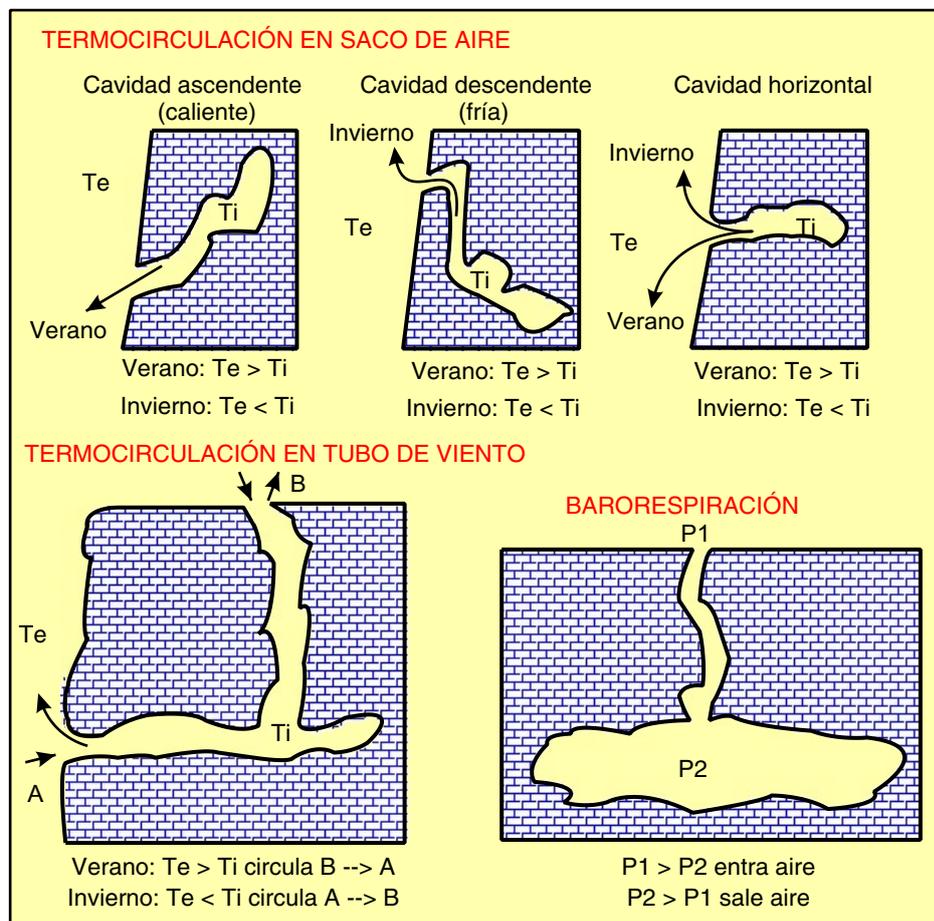


Figura 13. Movimiento de aire en las cuevas.

El medio acuático, formado por corrientes de agua o estanques, que son alimentados por filtraciones de agua, se caracterizan por un elevado ph, altas concentraciones de carbonatos disueltos, baja concentración de materia orgánica y una fauna escasa. Las corrientes de agua con conexiones externas, tienen un ph más bajo, poseen concentraciones más bajas de carbonatos y tienen una fauna más rica.

La cantidad de oxígeno disuelto en un agua cualquiera, es la proporción resultante entre un aporte externo y su utilización en la respiración de los seres acuáticos y también de las oxidaciones de sustancias químicas disueltas. La materia orgánica disuelta en un agua natural proviene normalmente de las deyecciones y de la descomposición de la fauna y de la flora después de su muerte.

En el medio intersticial, el tamaño de poro se convierte en un factor limitador para la vida de los animales. Existe un tamaño mínimo por debajo del cual la vida no es posible.

5. FAUNA CAVERNÍCOLA

5.1. CLASIFICACIÓN DE LA FAUNA CAVERNÍCOLA

La fauna cavernícola ha sido objeto de numerosas clasificaciones siguiendo diferentes criterios. Las clasificaciones más antiguas utilizan criterios como el grado de iluminación y la naturaleza del sustrato (Schiödte), o etológicos (Schiner-Racovitza), es decir, de comportamiento de la fauna ante un ambiente determinado (en este caso la cueva).

La clasificación de Schiödte (1849) establece cuatro grupos: animales de sombra, animales de luz tenue, animales de zonas oscuras y animales de zonas oscuras de concreciones estalagmíticas; mientras que la de Schiner-Racovitza (1907) contempla tres: troglóxenos (huéspedes ocasionales que llegan a las cuevas atraídos por la humedad o el alimento; no viven constantemente en ellas, ni tampoco se reproducen allí), troglófilos (animales que viven en el medio subterráneo, pero prefieren las zonas próximas al exterior donde a menudo se reproducen; poseen adaptaciones para llevar una vida en la oscuridad) y, troglóbios (animales que viven exclusivamente en el medio subterráneo, en las zonas más profundas de las cuevas; poseen mayores adaptaciones y modificaciones a la vida en la oscuridad).

Otras clasificaciones más recientes, como la de Christiansen (1962), siguen criterios morfológicos e, incluso, ecológicos como la de Chapman (1986). La primera establece cuatro categorías: troglóxenos (viven en cuevas accidental o regularmente, sólo durante una fase de su existencia; no muestran adaptaciones a la vida en cuevas), epimorfos (viven y se reproducen en las cuevas, pero no muestran cambios morfológicos debido a su conducta de vida), ambimorfos (conservan la mayor parte de los caracteres de los animales epígeos, pero muestran algunas modificaciones a la vida subterránea), troglomorfos (formas que modifican enteramente su morfología para la vida cavernícola).

En la clasificación de Chapman, se considera que el único factor común a todas las cuevas, que tiene un profundo significado biológico para los organismos que viven allí, es la ausencia de luz. En base a ello, se establecen dos categorías: huéspedes de la oscuridad (animales de vida libre que viven en hábitats oscuros, "estigobios") y visitantes de la oscuridad (animales que realizan visitas a los hábitats oscuros, "estigoxenos").

Actualmente se tiende a sustituir este tipo de clasificaciones, y en especial la clásica de Schiner-Racovitza, y utilizar términos como edafóbios (suelo), freatobios (zona freática), guanobios (guano) que dan más información sobre la biología del animal y el hábitat en que vive.

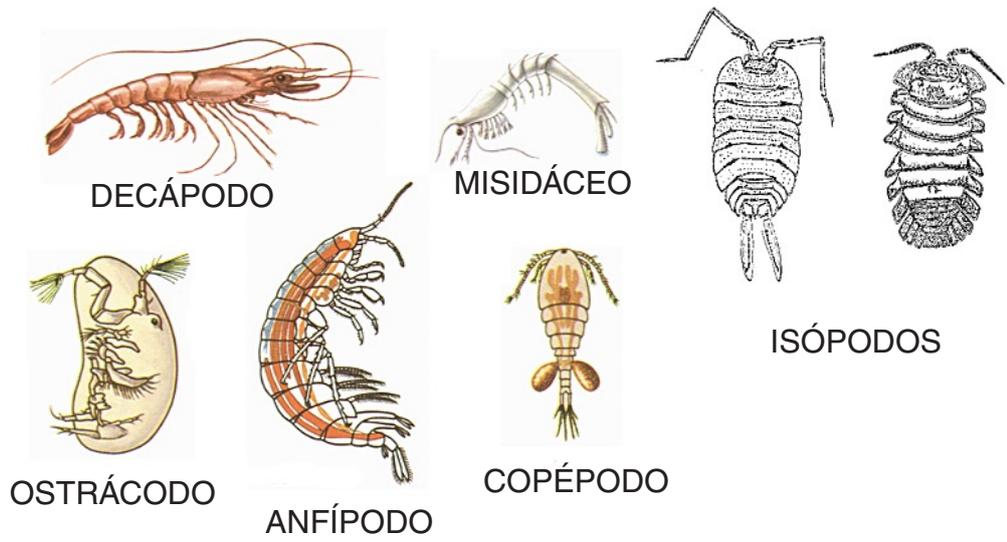


Figura 14

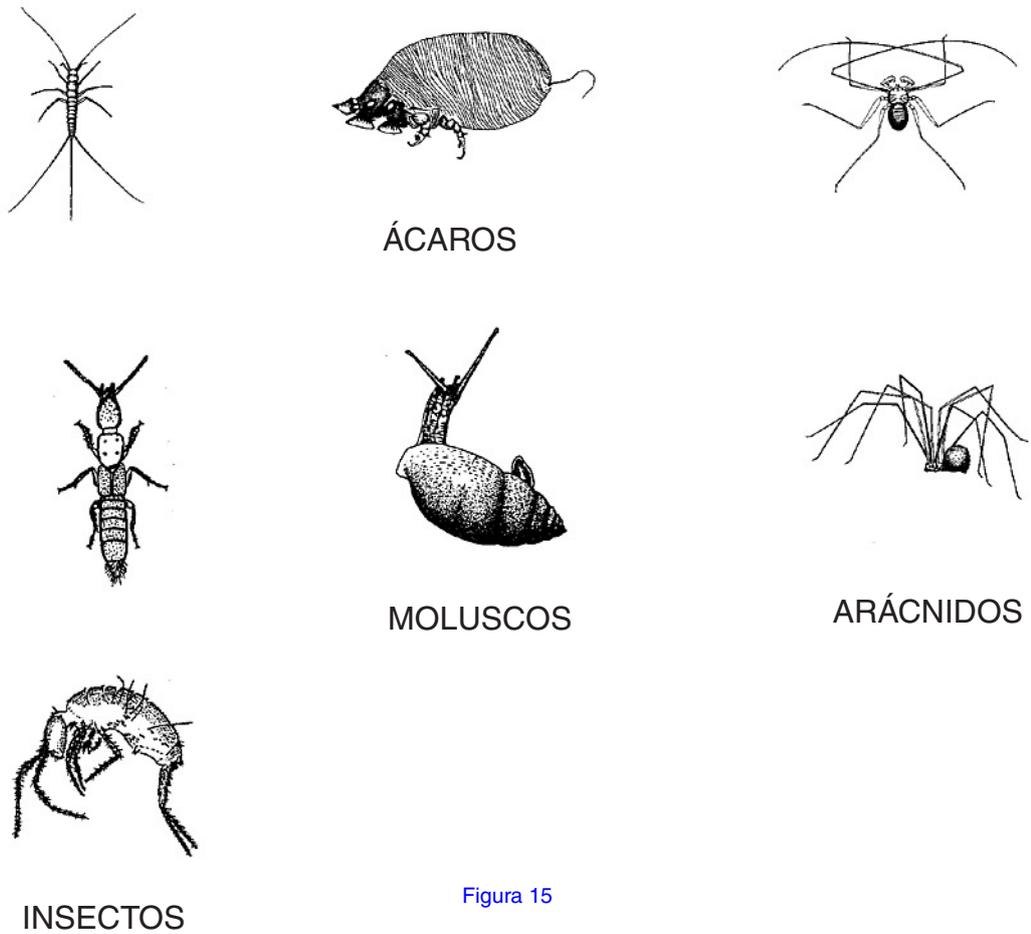


Figura 15

6. FLORA CAVERNÍCOLA

La luz, indispensable para la fotosíntesis de las plantas verdes (fotoautótrofos), está por completo ausente en las profundidades de las cuevas, por ello no se puede hablar de una flora propiamente cavernícola. En ocasiones se llegan a encontrar ejemplares que han sido arrastrados accidentalmente por las corrientes de aire, agua o por los visitantes, pero no pueden sobrevivir. También se pueden hallar pequeñas plantas recién germinadas mostrando los cotiledones.

Las únicas plantas verdes se localizan en la zona de entrada, hasta una profundidad tal que la intensidad de luz incidente no permite la fotosíntesis. En el exterior se sitúan espermatófitos más o menos esciófilos (de sombra) y, en general, plantas propias de la vegetación próxima. En sucesivas franjas hacia el interior, y siempre que existan unas condiciones de humedad adecuadas, se disponen helechos, briófitos y algas.

7. HONGOS Y BACTERIAS

Es fácil encontrar micelios de hongos e, incluso, carpóforos en el interior de las cuevas; siempre asociados a restos de materia orgánica. En algunos casos, los hongos llegan a ser muy abundantes, como en las cuevas donde existen depósitos de guano.

Las bacterias cavernícolas son de interés para la supervivencia de animales troglobios. Se encuentran en las arcillas y en el agua.

8. LOS MURCIÉLAGOS

Los murciélagos son mamíferos voladores de hábitos nocturnos, que durante el día y en los períodos de cría o hibernación se refugian en diversos lugares resguardados de la luz, como minas, túneles, troncos huecos, cuevas, etc. (Figura 16).



Figura 16.

El ciclo biológico de los murciélagos cavernícolas de las regiones templadas viene determinado principalmente por la estacionalidad climática (Figura 17).

Al final del verano los individuos de ambos sexos se dedican a comer abundantemente para acumular las reservas grasas necesarias para pasar el invierno. Durante el otoño, se trasladan desde las localidades de verano a los refugios de invierno (cuevas) donde tiene lugar el apareamiento. En casi todas las especies las hembras acumulan el esperma en órganos especializados hasta la primavera, cuando se produce la fecundación y la gestación. El murciélago de cueva, *Miniopterus schreibersi*, es una excepción a esta tónica, ya que en éste el desarrollo del embrión se inicia inmediatamente y se detiene en fase temprana hasta la primavera, cuando se reactiva. Durante la época invernal hay poco o ningún alimento disponible (insectos). Los murciélagos entran entonces en hibernación, sobreviviendo en base a las reservas acumuladas durante el otoño.

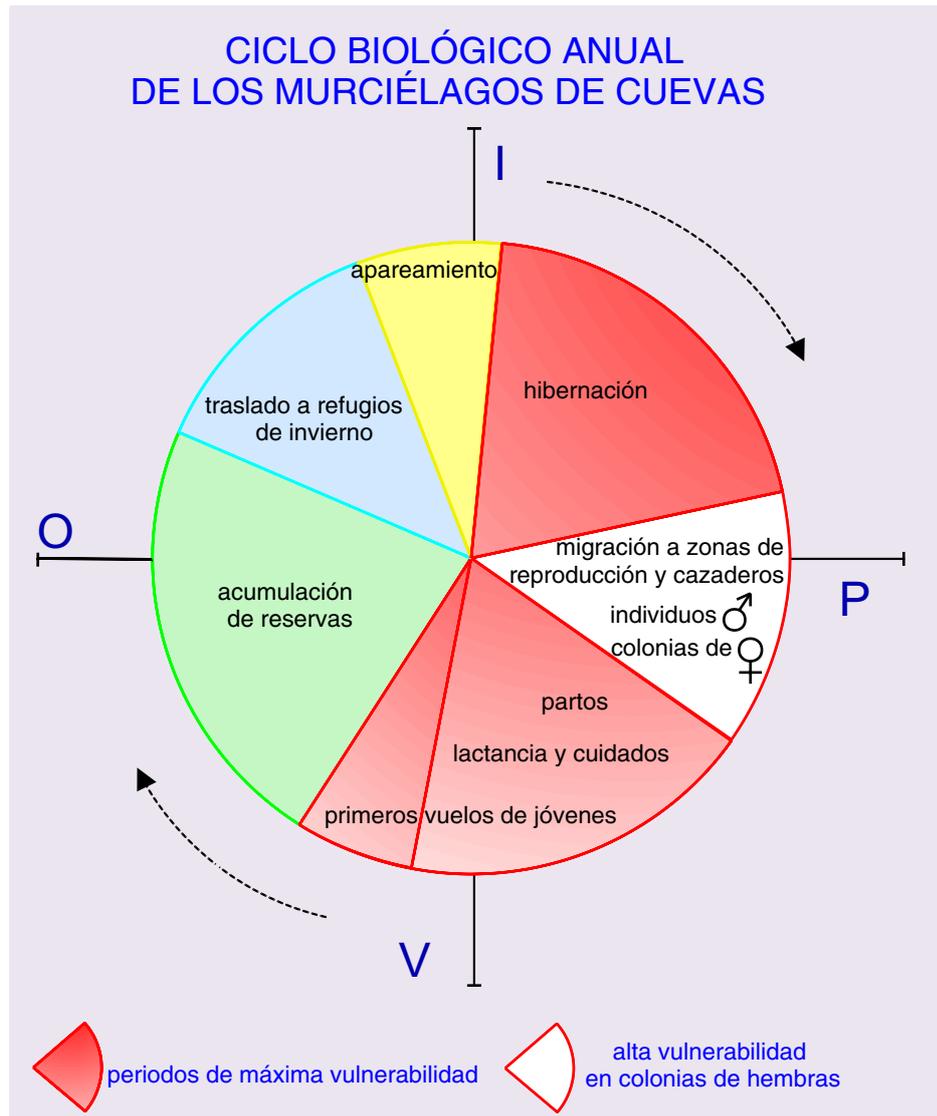


Figura 17. Ciclo biológico anual de los murciélagos de cuevas.

La hibernación está precedida por cambios que alteran la química del cuerpo en varios aspectos. Luego, cuando la temperatura ambiental desciende a un punto crítico, el animal se retira a un refugio que tiene temperaturas frías (entre 2 y 14 °C) y estables, y cae en un profundo sueño, durante el cual la respiración es apenas perceptible y el ritmo cardíaco desciende considerablemente. El ritmo de pérdida de peso corporal está íntimamente ligado con la temperatura del refugio, y existen temperaturas óptimas para cada especie, y una masa crítica dependiendo de la temperatura por debajo de la cual los individuos no sobreviven a la hibernación.

En la primavera los murciélagos migran hacia las zonas de reproducción. Las hembras forman entonces colonias generalmente unisexuales en cuevas y minas cálidas próximas a ricos cazaderos, donde las altas temperaturas optimizan los procesos digestivos y el rápido desarrollo de fetos y jóvenes. Los machos se suelen encontrar entonces más o menos dispersos en territorios menos ricos en presas. La época de reproducción varía según la especie y la latitud: en Andalucía los partos tienen lugar entre principios de mayo y finales de junio, y los jóvenes vuelan entre mediados de junio y principios de agosto.

Durante los periodos de cría e hibernación, los murciélagos son extremadamente sensibles a las perturbaciones. Las molestias durante la época de reproducción rebajan la producción de jóvenes, y si son reiteradas, pueden llegar a causar el abandono de la reproducción. En las colonias de hibernación, el gasto energético que comporta cada despertar, puede llegar a agotar prematuramente las reservas energéticas que permiten a los animales sobrevivir durante el invierno (Figura 18).



Figura 18. Conductas a seguir ante el encuentro con murciélagos.

Actualmente son veinticinco las especies de quirópteros que existen en la Península Ibérica, a las que hay que sumar dos propias de las Islas Canarias, de las siete que allí se encuentran.

9. ECOLOGÍA

Una cavidad, desde el punto de vista ecológico, es un ecosistema extremadamente sensible a la contaminación.

Contaminación, en sentido amplio, es introducir cualquier sustancia extraña en un medio dado.

La definición de conservar es: tener cuidado de algo, impidiendo que sea alterado o destruido.

El ecosistema cavernícola está determinado por dos factores, abióticos y bióticos.

9.1. FACTORES ABIÓTICOS

Son los aspectos no biológicos. Los más importantes en el caso que nos ocupa son: la ausencia de luz, la alta humedad relativa (próxima al 100%) y una temperatura más o menos constante (Figura 19).

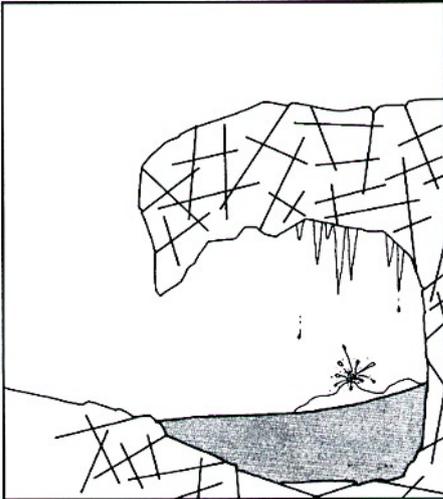


Figura 19.

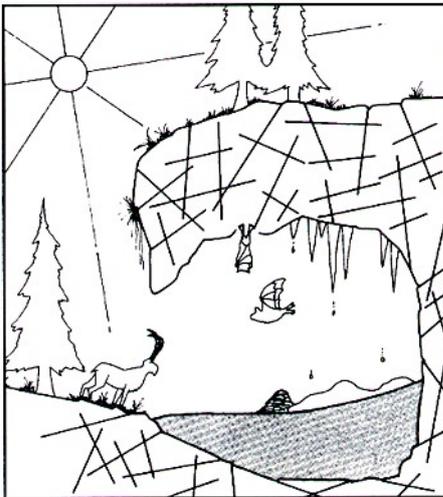


Figura 20.

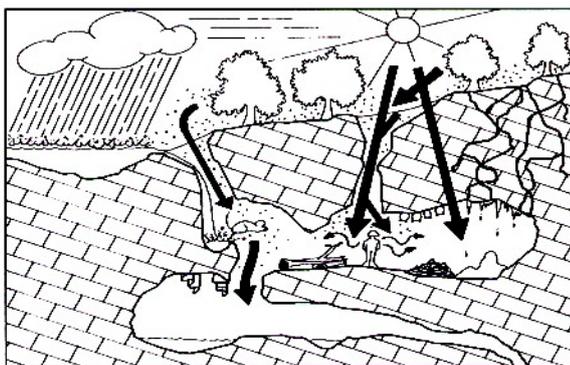


Figura 21.

9.2. FACTORES BIÓTICOS

Estos factores vienen determinados por los flujos de energía (sol-productores-consumidores). En el caso de las cavidades no existe la luz y por consiguiente los productores primarios no son las plantas, como en el exterior. Por lo tanto, la cadena trófica de la cavidad depende mucho de los aportes de materia orgánica del exterior (Figura 20).

La entrada de materia orgánica de una cavidad tiene como principales vehículos (Figura 21):

- Corrientes de agua o de aire.
- Caída de restos animales y vegetales.
- Entrada de animales.
- Agua de goteo.
- Visitantes habituales (murciélagos, EL HOMBRE).

10. CONSERVACIÓN DE CAVIDADES

El ecosistema cavernícola mantiene unos estrechísimos márgenes de estabilidad, por lo que la entrada del hombre provoca graves daños, mayores cuantas más personas entren, y que se multiplican cuando éstas no son respetuosas con el medio. Como ejemplo podemos citar las pinturas rupestres de *Lascaux* (Dordoña, Francia) que han permanecido intactas durante 10.000 años y en tan sólo 16, la cueva ha tenido que ser cerrada al público, tardando dos años en recuperar su régimen climático normal.

Debemos evitar la visita a los lugares donde conozcamos la existencia de colonias de murciélagos durante los meses fríos, ya que si los despertamos de su letargo probablemente muchos no sobrevivan.

Los residuos que podemos ver en las cavidades son: Plásticos y latas, que pueden permanecer indefinidamente debido a la ausencia de luz solar, y que en el exterior pudiera llegar a degradarlos con rapidez. El carburo es otro, y de los más peligrosos, pues además de contener compuestos altamente venenosos y metales pesados, elevan

el pH del agua. Las pilas son otro de los grandes contaminadores del medio, vertiendo peligrosísimos metales pesados en grandes cantidades.

Por otro lado, un karst no filtra el agua, sino que ésta circula por las fisuras del mismo. Esto significa que cuando el agua penetra en él contaminada, o lo hace en su interior, saldrá al exterior sin depurar (Figura 22). Esta contaminación puede venir:

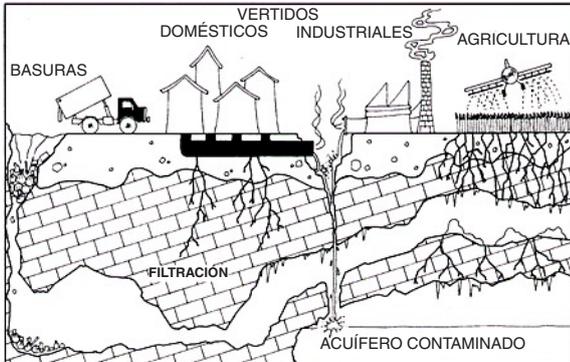


Figura 22.

- Por arrojar animales muertos en las cavidades.
- Por filtraciones de pesticidas y aguas fecales.
- Por vertidos de basura, etc.

Otro tipo de agresión que sufren las cavidades son las pintadas. Las pinturas rupestres son el fruto del esfuerzo de unos hombres que preparaban concienzudamente sus aglutinantes y pigmentos, los instrumentos y los soportes. Todo hace suponer que se trataba de la gente más adelantada y culta de aquellas comunidades. Las pintadas de la actualidad, hechas con la llama del carburo o con un spray,

son rápidas, sin preparación, y no son precisamente indicadoras del “alto” nivel cultural e intelectual de quienes las realizan.

Tampoco las formaciones se ven libres de agresiones. Los espeleotemas no sólo son algo bonito que existe dentro de las cuevas, son además objetos de estudio de los que los expertos pueden sacar gran cantidad de datos sobre tiempos pasados, referidos al clima, períodos de sequía o glaciaciones, existencia o no de vegetación en superficie, etc. Si rompemos una formación que el tiempo y el agua se encargaron de crear, no sólo podemos estar cerrando el paso al conocimiento de tiempos pasados, sino que en cuanto la saquemos del ambiente húmedo y oscuro en que se encuentra, perderá toda su belleza y atractivo.

Como conclusión a todo lo expuesto, podemos deducir que la filosofía con la que debemos afrontar la actividad espeleológica se resume en:

- NO DEJAR NADA.
- NO SACAR NADA.

11. APÉNDICE

Aminoácido. Compuestos orgánicos que contienen simultáneamente grupos básicos amino (NH₂) y ácido carboxilo (COOH). Son los compuestos que forman las proteínas.

Circadiano. Se aplica a ciertos fenómenos biológicos que ocurren rítmicamente en un periodo de aproximadamente 24 horas.

Diploide (2n). Los cromosomas se presentan en pares, siendo homólogos los miembros de cada par, de forma que hay dos juegos de cromosomas.

Endergónica. Reacción química que requiere energía, como la síntesis de compuestos orgánicos.

Epígeo. Que se encuentra por encima de la superficie terrestre.

Exergónica. Reacción química que libera energía, como la oxidación de la glucosa hasta dióxido de carbono y agua durante la respiración.

Fisiología. Estudio de los procesos que se desarrollan en los seres vivos.

Haploide (n). Que posee un solo juego de cromosomas en el núcleo.

Hipogeo. Que se encuentra por debajo de la superficie terrestre, subterráneo.

Metabolito. Sustancia que interviene en los procesos metabólicos.

Oligoelemento. Elemento necesario para el desarrollo normal de un organismo aunque en pequeñísima cantidad.

Oxidoreducción. Reacción química en la que se produce una transferencia de electrones entre un elemento que los pierde (se oxida) y otro que los acepta (se reduce).

ph. Expresión de la acidez o la alcalinidad de una disolución. La escala abarca de 0 a 14, correspondiendo la neutralidad al ph 7; el ph inferior a 7 indica acidez, y el superior a 7, alcalinidad.

Sistemática. En sentido amplio abarca la identificación, clasificación y nomenclatura de los seres vivos.

Vitamina. Sustancia orgánica imprescindible en pequeñas cantidades para el metabolismo de los organismos, que no puede ser sintetizada por éstos y debe ser tomada del medio en que viven.

Zigoto. Huevo, óvulo fecundado.

12. BIBLIOGRAFÍA

BELLES, X.: *Fauna cavernícola i intersticial de la península Ibérica i les Illes Balears*. 207 pp. C.S.I.C. Edit. Moll. 1987.

BENZAL, J.; DE PAZ, O.: *Los murciélagos de España y Portugal*. 330 pp. Icona. 1991.

CAMACHO, A. I. (editora): *The natural history of biospeleology*. 680 pp. Museo Nacional de Ciencias Naturales. 1992.

GINET, R.; DECOU, V.: *Initiation à la biologie et à l'écologie souterraines*. 345 pp. Jean-Pierre Delarge. 1977.

HOFFMANN, A.; PALACIOS, J.; MORALES, J.: *Manual de Bioespeleología*. 272 pp. Universidad Nacional Autónoma de México. 1986.

LUSARRETA FERNÁNDEZ, J. J. y cols.: *Descenso deportivo de cañones (Apuntes del I Curso Estatal para monitores e instructores)*. Federación Española de Espeleología, Badalona 1993.

ORTIZ I COMERMA, J.; LÓPEZ I MATEO, F. X.: *Ecología y conservación de cavidades*. PP 94. Centre de Protecció de les Cavernes i Entorn. Barcelona 1990.

ORTIZ I COMERMA, J.; LÓPEZ I MATEO, F. X.: *Ecología y conservación de cavidades*. Federación Española de Espeleología. Barcelona 1991.

RIVALTA, G.: *Introduzione alla biospeleologia*. 60 pp. Civico museo di storia naturale. 1985.

VOGEL, G.; ANGERMANN, H.: *Atlas de biología*. 564 pp. Omega. 1979.

José Carlos Fernández Cainzos

PRESENCIA HUMANA EN LAS CAVIDADES



1. EL MEDIO CAVERNÍCOLA, SU UTILIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO

Está demostrado que el ser humano, a lo largo y ancho de toda su dilatada existencia, hizo uso de las cavidades por motivos muy variados, particulares o especiales, dependiendo de las circunstancias, hábitat y áreas geoclimatológicas.

Tanto el hombre como los animales salvajes utilizaron las cuevas como refugios para escapar de los implacables rayos del sol, a la sombra que les proporcionaban los primeros metros de desarrollo de la cavidad, o para huir de los rigores del invierno, de la lluvia, de la nieve o de las tormentas.

La presencia y visita durante un tiempo prolongado de un grupo animal (mamíferos rumiantes, pongamos por caso) a una cavidad, puede y pudo modificar con sus pisadas y deposiciones, el piso originario de ese lugar, ocultando en muchos casos, evidencias de la actividad humana de un pasado remoto o restos óseos de cierta madurez cronológica.

También, y conocido es, que los mamíferos carnívoros solían y suelen usar las cuevas para devorar a sus presas en la tranquilidad que les ofrece el hábitat. Y ya no digamos la importancia que han tenido las cavernas para el *Ursus spelaeus* durante todo el período Pleistoceno, puesto que ellas les ofrecían un lugar de temperatura uniforme, aunque baja, tanto para su fase de hibernación como para parir y criar a sus cachorros.

También hemos de contar con un factor que es esencial: una cavidad es un cúmulo de diversos fenómenos geológicos, cuyas conclusiones depositarias se hallan allí en forma de sedimentos. En este caso, podemos encontrarnos con dos situaciones diferentes. Por un lado, podemos hallar una gruta en la que las evidencias culturales del ser humano o restos de animales de cierta antigüedad se hallen descansando directamente sobre la superficie del piso de esa gruta. Este sería un caso idílico para poder estudiar "in situ" y sin barreras sedimentarias un yacimiento cavernícola. Pero por otra parte, y lo normal en la mayoría de las veces, nos encontramos con sedimentaciones de piedras, arcillas o tobas (travertinos) que modifican y tapan el piso primogénito de la cavidad, secuestrando en muchos casos las evidencias culturales que quedan aprisionadas en los fondos de esos estratos sin poder ser rescatadas por el investigador.

Durante el período Paleolítico, sobre todo en su fase superior, el hombre comienza a utilizar las grutas, existiendo una relación directa entre el medio subterráneo y las primeras comunidades sociales humanas. Los clanes paleolíticos, aunque eran grupos nómadas, hallan en las cuevas un lugar donde podían desarrollar muchas de sus actividades, pues no sólo los servían de habitación y les resguardaban de los fenómenos climáticos adversos, sino que también en ellas encontraban un lugar idóneo donde poder llevar a cabo sus ritos iniciáticos, creencias mágico-religiosas, etc., representadas en toda la amplia gama y ejemplos de arte rupestre que podemos encontrar en no pocas cavidades de la Europa meridional y, particularmente, en nuestro país.

La relación de los primeros pueblos y civilizaciones que arriban a nuestra península (Íberos, Celtas, Tartessos, etc.) con las cuevas, es un tema bastante desconocido por el momento para el investigador. Sí se puede afirmar que, puntualmente, estas gentes obtuvieron agua y otros recursos del medio hipógeo. Basta con hacer mención de la cueva del Agua de Iznalloz en Granada para poder comprobar esta relación.

Tanto los griegos, romanos, como los pueblos germánicos, nos ofrecen una relación bastante evidente con el mundo cavernícola, sobre todo en el ámbito mitológico y minero.

Dentro del vasto período medieval, las cavidades eran habitáculos tabú para las mentalidades del pueblo en general. Sólo aquellos grupúsculos sociales marginados como alquimistas, brujas, hechiceros y anacoretas, encontraban en ellas, lugares propicios para proyectar sus magias y ritos prohibidos por aquel entonces, o para poder aislarse del aspecto "contaminante" que para ellos tenía aquella sociedad y

encontrar en la soledad y oscuridad de las galerías un acercamiento mayor al primitivismo y sencillez de sus creencias doctrinales.

Un ejemplo de ello lo encontramos en la cueva de Zugarramurdi en Navarra, lugar de encuentro de brujas, hechizos y encantamientos, cuya tradición y celebración ha llegado inclusive a nuestros días.

Los árabes obtienen de las grutas un uso práctico y a la vez mágico. Práctico, pues las bocas de éstas servían de refugio al ganado. Mágico, puesto que ellas eran “moradas de genios y escondite de tesoros fabulosos”. Cabe citar entre todas, la cueva del Higuero en Málaga.

A lo largo de toda la etapa moderna española (siglos XV al XVIII), seguramente las cavidades fueron utilizadas con fines también ganaderos y otros usos, datos difíciles de comprobar por la insuficiencia de testimonios a este respecto.

Y por último, en nuestra edad contemporánea, la relación entre el hombre y las cavernas nos ofrece un amplio abanico de situaciones. Desde el sentido profundo de atracción del hombre de la etapa romántica del siglo XIX por el mundo subterráneo, reflejado en la pintura de esta época y en su literatura, hasta nuestros días, podemos ceñir mucho más esta íntima relación. Actualmente ésta viene definida en multitud de polaridades, entre las cuales podemos citar y destacar:

- Uso deportivo espeleológico (red del Silencio y sistema Cueto-Coventosa en Cantabria, sistema del Hundidero-Gato en Málaga, cueva del Piscarciano en Burgos ...).
- Uso turístico (cueva de Valporquero en León, cuevas del Drach y de San Martín en Mallorca, cueva de Nerja en Málaga ...).
- De interés antropológico y paleontológico (cuevas de Atapuerca en Burgos, cueva de Val de Abraira en Galicia, cueva de la Carihuela en Granada, cueva Morín en Cantabria ...).
- De interés pre y protohistórico y arqueológico (cueva de Altamira en Cantabria, cuevas de Nerja y de la Pileta en Málaga, cueva de Tito Bustillo en Asturias, cueva Remigia en Castellón...).
- Uso agropecuario [quesos, champiñones, vinos, ganado...] - (cuevas del área de Cibrales en Asturias...).
- Uso civil y militar [túneles, polvorines, aprovechamiento de tipo hidroeléctrico.
- Uso científico (cueva del Agua de Iznalloz en Granada...).
- Vertederos de basuras y almacén de residuos (sima de Barx en Valencia...).

Éstos son algunos de los usos que hoy en día obtenemos del mundo subterráneo, utilidades que, en ocasiones, se entrelazan dos o más de ellas y que coinciden en una misma cavidad o sistema subterráneo. Para mayor información a este respecto, se puede consultar el estudio de J.J. Durán y J. López-Martínez titulado *Usos y aprovechamientos de cavidades y paisajes kársticos* (El Karst en España, monografía 4, S.E.G., Madrid, 1989).

Cierto es que muchos de estos usos encierran sus pros y sus contras. Si nos paramos a pensar en el beneficio que nos depara el estudio arqueológico o paleontológico de una cavidad, como pueda ser la de Atapuerca, ofreciéndonos día a día una mayor información y conocimiento de cómo eran nuestros antepasados, simplemente para poder cuestionarnos la tan manida pregunta ¿de dónde venimos?.

Pensemos que determinados yacimientos arqueológicos de determinadas épocas (sobre todo si miramos el período Paleolítico), los encontramos en la mayoría de los casos y con mucha más facilidad en el mundo cavernícola que en otros medios, pues al ser éste un área mejor protegida que el propio mundo

exterior donde desarrollaban toda su existencia estas gentes, las pruebas o los testimonios arqueológicos se conservan infinitamente mejor dentro de una cavidad que con todas las mutaciones que puedan sufrir a la intemperie. No digamos cuando nos encontramos con un asentamiento humano dentro de una cueva fósil o estabilizada a nivel geológico e hídrico, ya que de esta forma, podemos hallar y estudiar toda una serie de estructuraciones sedimentadas y estratigráficas del paso cronológico de la actividad humana en ese hábitat cavernícola.

Así, de esta manera y en líneas generales, podemos desglosar los restos que pueden aparecer en una cavidad arqueológicamente fértil en siete grandes apartados:

- 1º. Restos óseos humanos y de animales.
- 2º. Utensilios (cerámicas, en piedra, en hueso y astas, en madera...).
- 3º. Restos de “estructuras arquitectónicas” y sepulcrales.
- 4º. Manifestaciones artísticas (pinturas rupestres, grabados y arte mobiliario).
- 5º. Restos alimenticios (conchas marinas, huesos, etc.).
- 6º. Restos de hogueras (carbones).
- 7º. Otros vestigios (pólenes, etc.).

Parémonos también a pensar un momento en el beneficio que nos puede suponer la obtención de otros datos científicos cuando convertimos a una cueva, como la de Iznalloz por ejemplo, en un laboratorio natural, o el propio beneficio puramente personal, cuando como deportistas exploramos cualquier cavidad con el fin de saber algo más, de buscar más allá, de poder contactar varios sistemas subterráneos, topografiarlos, darlos a conocer...



Foto 1. Yacimiento antropológico

Como contrapartida, muchos de estos usos y utilidades nos ofrecen su rostro negativo. Sistemas subterráneos de excepcional belleza litogénica o santuarios rupestres convertidos en cuevas turísticas, en las que, en algún caso determinado y debido a la destrucción del entorno por las obras de acondicionamiento, a la contaminación por los focos de luz artificial, y a las visitas turísticas desmesuradas, dan

como consecuencia una degradación paulatina del microclima cavernícola, de la propia integridad de los paneles de arte rupestre o a la total desaparición de la fauna del mundo hipógeo.

La nula concienciación de algunas personas ajenas al mundo espeleológico que, por desconocimiento o comodidad, convierten el primer pozo de una sima en un basurero natural de objetos y desperdicios. O la propia contaminación generada por nuestra actividad espeleológica, demostrada en no pocas ocasiones al contemplar purgas de carburo, restos de comida, rotura de formaciones, y una amplia lista de etcéteras que pueden ser más criticables, si cabe, que el ejemplo anteriormente descrito.

Es por ello que, durante las exploraciones subterráneas, debemos poner la máxima atención y respeto en aquellas evidencias arqueológicas u otras de cualquier otro tipo que nos podamos encontrar, siendo preciso adoptar las máximas precauciones para evitar algún deterioro en el propio yacimiento. En este sentido y resumiendo las normas básicas de actuación indicadas en el *Manual de Iniciación a la Espeleología* (F.E.E. pág. 40) ante el descubrimiento de cualquier prueba o yacimiento arqueológico, podemos recordar:

- 1º. NO TOCAR, para que de esta forma no dañemos los restos arqueológicos. Es importantísimo este apartado, puesto que con ello evitaremos el deterioro parcial o total del yacimiento, para que posteriormente, sean los especialistas los que efectúen el estudio científico y sistemático del mismo.
- 2º. DENUNCIAR ante las autoridades competentes (centros de Patrimonio de cada Comunidad Autónoma, Departamentos de Prehistoria y Arqueología de las Universidades, etc.), el descubrimiento del yacimiento o hallazgo fortuito en un plazo lo más breve posible.

2. LEGISLACIÓN APLICADA AL ÁREA

Hay que tener siempre presente que no solamente todo yacimiento arqueológico, cavernícola o no, sino cualquier hallazgo material suelto, está sujeto a la Ley de Patrimonio Histórico Español (Ley 131/1985 del 26 de Junio, BOE nº 155, del 29 de Junio de 1.985).

En su desglose, podemos citar textualmente algunos artículos de interés para su conocimiento y que nos afectan a todos los ciudadanos sin excepción:

TÍTULO PRELIMINAR, Artículo primero, Punto segundo:

“Integran el Patrimonio Histórico Español los inmuebles y objetos muebles de interés artístico, histórico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico. También forman parte del mismo el patrimonio documental y bibliográfico, los yacimientos y zonas arqueológicas, así como los sitios naturales, jardines y parques, que tengan valor artístico, histórico o antropológico”.

TÍTULO PRELIMINAR, Artículo cuarto:

“A los efectos de la presente Ley se entiende por expoliación toda acción u omisión que ponga en peligro de pérdida o destrucción todos o alguno de los valores de los bienes que integran el Patrimonio Histórico Español o perturbe el cumplimiento de su función social...”.

TÍTULO PRELIMINAR, Artículo octavo, Punto primero:

“Las personas que observen peligro de destrucción o deterioro en un bien integrante del Patrimonio Histórico Español deberán, en el menor tiempo posible, ponerlo en conocimiento de la Administración competente, quien comprobará el objeto de la denuncia y actuará con arreglo a lo que en esta Ley se dispone”.

TÍTULO SEGUNDO, Artículo quince, Punto quinto:

“Zona arqueológica es el lugar o paraje natural donde existen bienes muebles o inmuebles susceptibles de ser estudiados con metodología arqueológica, hayan sido o no extraídos y tanto si se encuentran en la superficie, en el subsuelo o bajo las aguas territoriales españolas”.

TÍTULO QUINTO, Artículo cuarenta, Punto segundo:

“Quedan declarados Bienes de Interés Cultural por ministerio de esta Ley las cuevas, abrigos y lugares que contengan manifestaciones de arte rupestre”

TÍTULO QUINTO, Artículo cuarenta y dos, Punto primero:

“Toda excavación o prospección arqueológica deberá ser expresamente autorizada por la Administración competente, que mediante los procedimientos de inspección y control idóneos, comprobará que los trabajos están planteados y desarrollados conforme a un programa detallado y coherente que contenga los requisitos concernientes a la conveniencia, profesionalidad o interés científico”.

TÍTULO QUINTO, Artículo cuarenta y dos, Punto tercero:

“Serán ilícitas y sus responsables serán sancionados conforme a lo dispuesto en la presente Ley, las excavaciones o prospecciones arqueológicas realizadas sin la autorización correspondiente...”.

TÍTULO QUINTO, Artículo cuarenta y cuatro, Punto primero:

“... El descubridor deberá comunicar a la Administración competente su descubrimiento en el plazo máximo de treinta días e inmediatamente cuando se trate de hallazgos casuales...”.

3. DETERIORO Y CONSERVACIÓN DE LOS YACIMIENTOS CAVERNÍCOLAS

Y siguiendo con el hilo patrimonial y conservacionista, podemos echar un vistazo superficial al estudio llevado a cabo por Emilio Muñoz Fernández en su trabajo *Deterioro de los yacimientos prehistóricos en las cuevas de Cantabria* (Monografía de la A.C.D.P.S. nº 3:35-48), que demuestra que las destrucciones en el ámbito arqueológico y paleontológico en los yacimientos cavernícolas cántabros, supera, bajo mi punto de vista, las previsiones mínimas “aceptables” que se puedan asumir en niveles de conservación de nuestro patrimonio.

El autor estudió 461 cavidades de Cantabria, de las cuales 422 eran poseedoras de un yacimiento arqueológico en mayor o menor cuantía o importancia, y las restantes 39, eran cavidades en las que habían aparecido restos aislados a nivel arqueológico. De todas ellas, sólo 47 poseían un estado intacto o bueno de conservación en su yacimiento, lo que suponía el 12,70% de todas las grutas estudiadas en dicho informe.

Emilio Muñoz reflejaba también una doble compartimentación en su estudio, diferenciando por un lado las destrucciones ocasionadas sin fines arqueológicos en las cuevas estudiadas (cuevas destruidas por voladuras de particulares, destruidas por el avance de las canteras, alteradas debido a la extracción de tierras, etc.). Por otro, destrucciones ocasionadas en las cavidades con fines arqueológicos (prospecciones antiguas, prospecciones y excavaciones ilegales de particulares con afán coleccionista o de grupos arqueológicos de aficionados, excavaciones de urgencia, etc.).

En este mismo sentido, Peter Smith en su trabajo *Deterioro del arte rupestre* (Monografía de la A.C.D.P.S. nº 3:49-65), apunta aquellos deterioros más frecuentes encontrados en las cuevas de la comunidad cántabra, tierra de fortísima y potencial fertilidad del arte rupestre del período paleolítico.



Foto 2. Pintura rupestre

Si extraemos un breve resumen de su informe podemos comprobar lo que a continuación sigue:

- Cavidades dañadas con grafitis de carburo 19
- Cavidades con rayados en sus pinturas..... 12
- Cavidades con arte rupestre difuminado con la mano 11

Smith apunta otros tipos de deterioro en los paneles de arte rupestre que no vamos a entrar ahora a analizar.

El total de grutas o abrigos estudiados para llevar a cabo este informe y esta estadística está en el orden de las 44, de las cuales pasa a analizar y describir el grado general de su conservación. Veamos pues:

- Cavidades prácticamente intactas 10
- Cavidades con una buena conservación 19
- Cavidades con una regular conservación 5
- Cavidades con una mala conservación..... 10

Tras el análisis y comprobación de estos dos estudios, el panorama general en niveles conservacionistas de nuestro patrimonio histórico en las cavidades cántabras, no resulta muy halagüeño, atreviéndome a decir lo mismo si hacemos mención y referencia a todos los yacimientos cavernícolas en suelo hispánico. Son muy pocos a los que podríamos ponerles la etiqueta de: “¡posee un estado de conservación óptimo!”.

Por desgracia, un alto porcentaje de los destrozos en los yacimientos, sean del tipo que sean, vienen ocasionados por la negligencia, o por el total desconocimiento o la falta de precaución de muchos individuos que visitan el mundo subterráneo, ya sea de modo casual o como práctica deportiva continuada.

Y a este nivel hay que ser escrupuloso, respetuoso y prudente. Por una “metedura de pata”, incluso asimilada a nivel textual, podemos contaminar en parte o totalmente un yacimiento que, a la postre, no sólo es para el deleite de los especialistas como si ello fuera un coto privado de caza, sino que es un bien cultural, patrimonio de todos y de cada uno de nosotros, ya seamos espeleólogos o no. Y como en todos estos casos cuando se habla de la ecología y el conservacionismo de cualquier paraje natural, podemos aplicar las frases tan formuladas que todo el mundo reconoce cuando salen divulgadas en cualquier medio informativo, pero aplicarlas de verdad, no sólo para nuestro propio disfrute, sino para el de las generaciones venideras.

4. BIBLIOGRAFÍA

CUENCA RODRIGUEZ, J.; CÉSPEDES CAMPOS, M.: *Manual de Iniciación a la Espeleología*. Federación Española de Espeleología. Barcelona, junio 1995.

DURÁN, J. J.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.: *Usos y aprovechamientos de cavidades y paisajes kársticos*. El Karst en España, monografía nº 4, S.E.G.. Madrid 1989.

LEY DEL PATRIMONIO HISTÓRICO ESPAÑOL (ley 13/1985 del 25 de junio. B.O.E. nº 155 del 29 de Junio de 1985).

MUÑOZ FERNÁNDEZ, E.: *Deterioro de los yacimientos prehistóricos en las cuevas de Cantabria*. Monografía nº 3 de la A.C.P.P.S., pp. 35-48. Santander 1988.

SMITH, P.: *Deterioro del arte rupestre*. Monográfico nº 3 de la A.C.D.P.S. pp.49-65. Santander 1988.

CUADRO SECUENCIAL DE LA PRE Y PROTOHISTORIA EUROPEA

TIEMPO EN AÑOS	GLACIACIONES ALPINAS E INTERGLACIACIONES	DIVISIONES ARQUEOL.	INDUSTRIAS LITICAS	HOMBRES	DIVISIONES GEOLOGICAS
450 a.C. 750		Edad del Hierro	La Tène Hallstat	Hombres del tipo actual	
2100		Edad del Bronce	Bronce		
2500		Calcolítico	Cobre		
4000		Neolítico	Megalítico Pulimento		
8000		Mesolítico	Asturiense Aziliense Microlitos		
10000		P A L E O L I C O	Magdaleniense	Cromagnon Chancelade	+ Pleistoceno Reciente
15000			Solutrense Gravetiense	Neántropos (Hombres del tipo moderno)	
20000			Aurifiaciense		
30000		P A L E O L	Chatelperrón (Perigordense)		
35000			Musteriense	Paleántropos (Neandertales)	
50000 60000 75000	Interglaciación Riss-Würm				+ Pleistoceno Medio
100000 120000	 RISS				
200000 250000	Interglaciación Mindel-Riss	P I N F E R I O R	Achelense	Homo Erectus	+ Pleistoceno Antigo Villafranchiense
300000	 MINDEL				
400000	Interglaciación Günz-Mindel				
500000	 GÜNZ				
600000	DONAU				
700000 800000			Gujarros tallados "Pebble culture"	Homo Habilis	
900000				Australopithecus	
1 millón	?				
2 millon.	?	BIBER?			

Las cronologías deben ser tomadas como relativas y generales, puesto que no en todas las zonas del continente europeo se dan en el mismo tiempo cronológico industrias y secuencias culturales.