



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MARITIMA Y CIENCIAS DEL MAR  
LICENCIATURA EN TURISMO**

**“BASES PARA EL DESARROLLO RESPONSABLE DEL  
ESPELEOTURISMO EN EL ECUADOR”**

**TESIS DE GRADO**

Previa la obtención del Título de:

**LICENCIADO EN TURISMO**

Presentada por:

**RICARDO JAVIER YCAZA PESANTES**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

2006

A.F. 135710



A.F. 135704

1 E 135721

## AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera muy especial al Ing. Héctor Ayón, quien me brindó sus conocimientos y apoyo incondicional durante el desarrollo de esta Tesis. Agradezco también a la Ing. Pilar Ycaza por su apoyo y guía; a los espeleólogos Leslie Molerio, R. Labegallini y Carlos Benedetto y a todos los miembros del grupo espeleológico "Iztaxochitla" quienes, a pesar de la distancia, supieron contestar todas mis dudas.

## **DEDICATORIA**

La presente tesis esta dedicada a mis padres  
y hermanos quienes siempre me han  
apoyado en todos los momentos de mi vida.

## TRIBUNAL DE GRADO

---

Ing. Enrique Sánchez  
Presidente del Tribunal

---

Ing. Rosa del Pilar Ycaza O.  
Director de Tesis

---

Msc. Fernando Mayorga  
Miembro Principal

---

Arq. Pársival Castro  
Miembro Principal

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado corresponde a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).

---

**RICARDO YCAZA P.**

## RESUMEN

La presente Tesis discurre sobre el Espeleoturismo en las cavidades subterráneas (cuevas y cavernas) del Ecuador y su desarrollo responsable, con la finalidad de garantizar la seguridad de las personas que las visitan y laboran en ellas, así como su conservación.

En el primer capítulo de la Tesis, el lector encontrará los aspectos básicos de esta actividad como su historia y situación actual en el país; con el objetivo de acercarlo y familiarizarlo con lo que significa Espeleoturismo como actividad turística.

En el segundo capítulo, encontrará los aspectos Técnicos-Científicos sobre Espeleología, que se considera necesario conocer para poder entender ese medio tan complejo en el cual se desarrolla el Espeleoturismo.

En el tercer capítulo, encontrará los conocimientos que se considera necesario poseer si se es un Guía Espeleoturístico, a fin de que, los guías que se encuentren involucrados en esta actividad, mejoren su desempeño; y a su vez que, las personas que en un futuro deseen practicar esta actividad con seguridad, conozcan el tipo de entrenamiento que deberían poseer.

En el cuarto capítulo, se analizará el proceso básico que debe existir en el desarrollo de cavidades turísticas, y de esta manera asegurar el desarrollo responsable y sobre todo la protección de las cavidades del Ecuador.

Al final, encontrará diversas recomendaciones para un mejor desarrollo de las cavidades subterráneas y anexos que le brindarán información adicional de ciertos temas tratados en la tesis, y que por su extensión no pudieron ser incluidos en el cuerpo principal de la misma.

## INDICE GENERAL

	<b>Página</b>
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO 1. Generalidades del Espeleoturismo</b>	
1.1 Definición.....	5
1.2 Historia.....	5
1.3 Atractivo Turístico de las Cavernas.....	8
1.4 Espeleoturismo en el Ecuador.....	10
<b>CAPÍTULO 2. Aspectos Técnicos-Científicos de Espeleología</b>	
2.1 Definición de Espeleología.....	16
2.2 Origen de las Cavidades Subterráneas.....	17
2.3 Clasificación de las Cavidades Subterráneas.....	20
2.3.1 Clasificación Espeleométrica.....	20

2.3.2	Clasificación Hidrogeológica.....	22
2.3.2.1	Según el funcionamiento de la cavidad.....	22
2.3.2.2	Según el origen del caudal.....	23
2.3.3	Clasificación Morfológica.....	24
2.3.3.1	Formas de Conducción.....	24
2.3.3.2	Formas de Emisión.....	25
2.3.4	Formaciones Secundarias.....	27
2.4	Aspectos Abióticos relevantes.....	31
2.4.1	Atmósfera subterránea.....	31
2.4.2	Temperatura y humedad relativa.....	32
2.4.3	Dióxido de carbono.....	33
2.4.4	Radioactividad natural.....	36
2.5	Aspectos Bióticos relevantes.....	38
2.5.1	Definición de Bioespeleología.....	38
2.5.2	Historia.....	38
2.5.3	Formas de Vida.....	41

2.5.3.1 Flora.....	41
2.5.3.2 Fauna.....	43
A. Troglobos.....	43
B. Troglófilos.....	46
C. Troglósenos.....	47
2.5.4 Condiciones de desarrollo.....	47
<b>CAPÍTULO 3. Formación del Guía Espeleoturístico</b>	
3.1 Perfil del Guía Espeleoturístico.....	52
3.1.1 Capacidades Físicas y Psicológicas.....	52
3.1.2 Conocimientos Básicos.....	53
3.2 Equipo necesario.....	54
3.3 Reglas básicas de seguridad.....	60
3.4 Peligros de la exploración.....	64
3.4.1 Normas a seguir en caso de accidente.....	64
3.4.2 Posibles Situaciones.....	66
3.4.2.1. Caídas en hoyos profundos:.....	66

3.4.2.2. Accidente por desprendimiento de rocas.....	67
3.4.2.3. Perderse en una cueva.....	67
3.4.2.4. Quedar atrapado por una inundación súbita.....	68
3.4.2.5. Sufrir de Hipotermia.....	68
3.4.2.6. Sufrir de Hipertermia.....	69
3.4.2.7. Asfixia por Gases.....	70
3.4.2.8. Rabia.....	71
3.4.2.9. Histoplasmosis.....	73
3.5 Impactos de la exploración en una cavidad.....	74
3.5.1 Impactos sobre el medio ambiente subterráneo.....	75
3.5.2 Impactos sobre el agua.....	76
3.5.3 Impactos sobre la fauna.....	77
3.5.4 Conductas ecológicas en una cavidad.....	78
 CAPÍTULO 4. Desarrollo de Cavidades Turísticas	
4.1 Definición.....	80
4.2 El Inventario Turístico.....	81

4.2.1	Identificación de la cavidad.....	83
4.2.2	Características de la cavidad.....	87
4.2.3	Valoración de la cavidad.....	96
4.2.4	Observaciones.....	98
4.3	Los Estudios Espeleológicos.....	99
4.4	Factibilidad Ambiental.....	102
4.4.1	Calidad del aire subterráneo.....	103
	a. Temperatura del aire.....	104
	b. Temperatura del suelo.....	107
	c. Temperatura de las aguas subterráneas.....	107
	d. Temperatura de la roca.....	107
	e. Temperatura, frecuencia y caudal de goteo.....	108
	f. Conductividad eléctrica del agua.....	109
	g. Índice de acidez.....	110
	h. Humedad.....	112
	i. Evaporación.....	113

j. Dirección y velocidad del viento.....	114
k. Presión atmosférica.....	116
l. Gases.....	117
4.4.2 Flora y fauna subterránea.....	120
4.4.3 Estabilidad estática y dinámica de las bóvedas y paredes, así como el equilibrio de los sistemas de bloques.....	122
4.4.4 Régimen y Calidad de las aguas.....	125
4.4.5 Utilidad de los Resultados de la Evaluación de Calidad Ambiental.....	125
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	129
GLOSARIO.....	136
ANEXOS.....	145
BIBLIOGRAFÍA.....	164

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro I: Categoría A De Dificultad.....	148
Cuadro II: Categoría B De Dificultad.....	149
Cuadro III: Nivel De Dificultad 1.....	149
Cuadro IV: Nivel De Dificultad 2.....	150
Cuadro V: Nivel De Dificultad 3.....	151
Cuadro VI: Nivel De Dificultad 4.....	152
Cuadro VII: Nivel De Dificultad 5.....	153
Cuadro VIII: Ficha para Inventario.....	163

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Fig. 1. Entrada de Cueva de Los Tayos.....	13
Fig. 2. Salón de una Caverna.....	19
Fig. 3. Estalactitas y Estalagmitas.....	28
Fig. 4. Columna.....	29
Fig. 5. <i>Steatornis Caripensis</i> .....	35
Fig. 6. Emil-George Racovitza.....	40
Fig. 7. <i>Ischyropsalis Muellne</i> .....	45
Fig. 8. Con equipo de <i>Rappel</i> descendiendo a un Pozo.....	60
Fig. 9. Murciélago.....	73
Fig. 10. Turistas en una Cavidad.....	81
Fig. 11. Entrada a la Caverna de Jumandi.....	84
Fig. 12. Espeleólogos estudiando una Cavidad.....	102
Fig. 13. Cavidad Artificialmente Iluminada.....	128
Fig. 14. Mapa de las Cavernas de Jumandi.....	146
Fig. 15. Montaje de Cuerdas.....	156
Fig. 16. Rescate de Herido.....	158

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Página</b>
ANEXO A. Mapa de las Cavernas de Jumandi.....	146
ANEXO B. Establecimiento de Niveles de Dificultad y Actitud.....	147
ANEXO C. Técnica de Salvamento.....	154
ANEXO D. Ficha para Inventario.....	163

## INTRODUCCIÓN

Durante el siglo XX y los años transcurridos del XXI, el Turismo se ha convertido en una de las principales actividades del ser humano en todo el mundo. Este fenómeno social fue causado principalmente por el desarrollo de los medios de transporte que permitieron a las personas alejarse cada vez más de sus hogares, con el afán de conocer lugares nuevos.

A lo largo del tiempo, la tendencia consumista ha variado en relación a los tipos de Turismo que las personas buscan para su distracción. Es así que aparecieron en escena el Turismo de Sol y Playa, Turismo Cultural, Turismo Religiosos y Turismo Medicinal. Al correr los años, aparecieron nuevas formas de hacer turismo cada vez más complejas y adecuadas a las necesidades del individuo, que exigía además, un servicio o producto de mayor calidad y complejidad.

A comienzos de la década de los noventa del siglo pasado, otra forma de hacer Turismo entra en escena. La nueva de generación de jóvenes, quienes poseen una mentalidad conservacionista, fomenta la aparición del Ecoturismo, donde la visita a espacios naturales con un gran sentido de conservación es el eje principal para su desarrollo. Durante este periodo los servicios turísticos son más complejos y exigen

mucha más preparación, es por eso que las personas que ahora trabajan en estas áreas comienzan a ser verdaderos profesionales del Turismo.

A finales de esta década, entra en escena otra modalidad de Turismo, el de Aventura; el cual, sigue consolidándose como una de las formas de Turismo más interesantes de la actualidad.

El Turismo de Aventura posee diversas variantes; toma el nombre dependiendo del tipo de actividad que se realice; es así que, el *rappelling*, *canyoning*, *rafting* son formas de Turismo de Aventura muy practicadas en todo el mundo.

En el Ecuador, el Turismo de Aventura no ha sido desatendido; muchas Operadoras ofrecen diversos tours de aventura en todo el país, los cuales son llevados a cabo por guías altamente capacitados en áreas especiales. Pero lastimosamente, no todas las formas de Turismo de Aventura poseen la misma preparación.

El Espeleoturismo, actividad dedicada a la visita y exploración de las cavernas, es una fuente importante de ingresos económicos para muchos países que lo practican; pero, lamentablemente, el Espeleoturismo en el Ecuador no logra obtener resultados parecidos;

debido a que, esta actividad, no se está desarrollando de una manera responsable; es decir, garantizando la seguridad del turista y a su vez, protegiendo la cavidad. Esto se debe, principalmente, a la insuficiente formación de los guías Espeleoturísticos existentes en el Ecuador, sumado al desconocimiento sobre desarrollo de cavidades turísticas en los organismos pertinentes.

Es por ese motivo que, la presente Tesis, tiene como objetivo general potenciar el desarrollo del Espeleoturismo como una actividad de atractivo internacional, y de esta manera, fortalecer el desarrollo turístico del país.

Como objetivos específicos, propone:

- Mejorar el desempeño de los Guías Espeleoturísticos, determinando y analizando los conocimientos básicos necesarios, que deberían poseer, para la práctica de esta actividad.
- Asegurar el desarrollo responsable del Espeleoturismo en el Ecuador, analizando el proceso básico que debe existir en el desarrollo de cavidades turísticas. De esta

manera, se garantiza la seguridad del turista y se promueve la conservación de la cavidad.

La presente tesis no pretende brindar todos los conocimientos necesarios para practicar esta actividad ni para desarrollar cavidades turísticas; ya que no puede, ni debe reemplazar a los Cursos de Espeleología que todo Guía debería tomar; ni mucho menos, suplir a los profesionales (Biólogos, Ingenieros, Geólogos, etc.) que deben ser participes de todo estudio para el desarrollo del Turismo en cavidades. Lo que pretende ser es sino, una ayuda para que toda persona interesada en la actividad sepa que pasos seguir para desarrollar el Espeleoturismo responsablemente.

# CAPITULO 1

## GENERALIDADES DEL ESPELEOTURISMO

### 1.1 Definición

El Espeleoturismo es una modalidad del Turismo de Aventura, cuyo objetivo constituye la visita y exploración de cavidades naturales.

Cabe recalcar que en algunos países es conocido bajo otras denominaciones tales como: Turismo Espeleológico, Turismo Subterráneo, Turismo de Cuevas, etc.

### 1.2 Historia

En un principio, las cuevas y cavernas atrajeron la atención de geólogos, biólogos, arqueólogos y muchos otros científicos, que vieron en las cavidades subterráneas, un entorno adecuado para la investigación.

Es a partir del siglo XIX, que turistas de varias partes del mundo, sin motivaciones científicas, comenzaron a visitar y explorar las cuevas y cavernas cercanas a sus hogares;



posteriormente estas personas, deseando mas aventura, viajaron cada vez más lejos con el afán de seguir su exploración de cavidades subterráneas.

El desarrollo de esta actividad, hizo que muchos países se dieran cuenta del enorme potencial económico que posee el Espeleoturismo; es por eso que, desde 1960, en Europa, se habilitaron las cuevas exclusivamente para uso turístico; desde entonces, las cuevas europeas, han recibido numerosos visitantes, contados en muchas ocasiones por centenares de miles al año. Francia, Bélgica, Italia, Suiza, Austria o Alemania son buenos ejemplos de lo dicho.

La tendencia, lejos de disminuir, ha ido en aumento, de tal manera que el sector se ha consolidado, constituyendo una de las ofertas más interesantes de Turismo de Aventura, tanto en las zonas tradicionalmente turísticas, como en aquellas otras emergentes.

España no fue ajena a estas circunstancias, se incorporó pronto a la creación de cavidades turísticas y es por hoy uno de los países que más ha impulsado el Espeleoturismo en todo el mundo; ya para la década de los 70 existían cuevas habilitadas perfectamente para su cómoda visita, además de poseer centros de formación de guías espeleoturísticos.

El gobierno español creó la Asociación de Cuevas Turísticas Españolas (ACTE) la cual reúne a 23 cuevas turísticas de la España peninsular, Baleares y Canarias. Entre los fines de esta asociación están el promocionar el Espeleoturismo y el fomentar la conservación y el uso sostenible de las cavidades turísticas.

El Espeleoturismo no sólo se ha desarrollado en Europa, países como Estados Unidos y México, han creado una gran industria de operadoras de turismo dedicadas exclusivamente a la exploración de cuevas y cavernas. Estas operadoras ofrecen a familias, parejas, grupos corporativos y estudiantes, pequeños tours de una hora, hasta verdaderas expediciones de un día completo o más, que incluyen diferentes actividades dentro de las cuevas tales como: *rappelling*, *rafting*, *camping* e incluso terapias médicas; todo esto en cavidades especialmente adaptadas para visitas turísticas, las que en algunos casos incluyen tiendas y restaurantes dentro de ellas.

En Sudamérica, el Espeleoturismo se encuentra en vía de desarrollo; países como Argentina, Brasil y Perú ofrecen tours donde su temática general se basa en visitas a cuevas y cavernas, que en su mayoría se encuentran en estado natural ya que, lamentablemente, no han sido adaptadas para su uso turístico.

### 1.3 Atractivo Turístico de las Cavernas

Para la National Speleological Society, de los Estados Unidos de América, en su libro *"Caving Basics: a Comprehensive Manual for Beginning Cavers"*, las cuevas y cavernas atraen a un sin número de personas cuyo principal interés es de carácter científico. Geólogos, biólogos, arqueólogos y muchos otros científicos, creen que las cavidades subterráneas poseen un medio adecuado para llevar a cabo investigaciones, ya que desde tiempos lejanos y hasta el presente, las cuevas han sido refugio y hábitat de muchas culturas y otras formas de vida animal o vegetal.

Para el biólogo, una cueva es también un laboratorio natural, un ambiente aislado durante miles de años, una oportunidad de observar detalles extraordinarios de evolución y adaptación.

Para el arqueólogo, una cueva puede ser como una cápsula del tiempo que trae toda clase de objetos de la antigüedad, cosas pequeñas que pueden revelar información clave para el conocimiento de culturas ancestrales. En muchas cuevas a través del mundo, se ha encontrado gran cantidad de material arqueológico como arte rupestre, vasijas, herramientas y armas; gracias a que las cuevas, no son afectadas por la rudeza de la

intemperie, mantienen condiciones estables de temperatura, humedad, presión, etc., por miles de años.

En el ámbito de la paleontología, ciencia que estudia los seres orgánicos cuyos restos o vestigios se encuentran en fósiles, es en las cuevas donde mejor se conservan los restos de especies que se encuentran extintas. Los fósiles ayudan a reconstruir la fauna que existía en el país; además, nos ayuda a entender los cambios que se han dado a través del tiempo y las posibles razones para las extinciones. Por ejemplo, se han descubierto huellas en el lodo del piso de una cueva en Tennessee que, aunque parecen frescas, se estima que tienen 4,500 años. Se han encontrado en cuevas de Europa, huesos del *Australopithecus Robustus*, antecesor primitivo del *Homo Sapiens* y del *Homo Erectus*, antecesor inmediato del *Homo Sapiens*; lo que permite conocer el modo de vida de los antepasados del hombre.

Para el Espeleo-deportista una cueva es un reto, como la montaña lo es para el alpinista. También lo invita a poner a prueba su resistencia física y emocional, de forma metódica e intensa, en el intento de conquistar una difícil cima y descubrir un mundo totalmente diferente.

Pero las cavidades subterráneas no sólo pueden ser visitadas por científicos o deportistas. Para el Turista común, las cavernas representan una oportunidad de aprendizaje y descubrimiento; al sacar ese espíritu libre que todo humano posee, lo convierte, al menos por un momento, en un explorador que satisface las ansias de aventura que de niño poseyó y que tuvo que esconder para abrirse paso en el estresante mundo de los adultos de hoy.

#### **1.4 Espeleoturismo en el Ecuador**

En los últimos años, el Ecuador ha tratado de convertirse en un destino turístico reconocido a nivel internacional, es así que los organismos pertinentes han adoptado leyes especiales para lograr ese objetivo. Lamentablemente, el sector turístico ecuatoriano se ha caracterizado por poseer poca visión innovadora; las mismas actividades se repiten una y otra vez en diferentes lugares sin tomar en cuenta que poseemos el potencial turístico suficiente para desarrollar actividades muy diferentes a las actuales y que han sido en otros países fuentes enormes de recursos económicos para las regiones que las practican.

Por suerte, existen grupos de personas que sí notan este potencial e ingenian novedosas maneras de generar turismo en diferentes localidades, aunque muchas de estas, son llevadas empíricamente, ya que la mayoría de veces son administradas por personas que a pesar de su buena voluntad, no poseen los conocimientos técnicos necesarios para ofrecer un producto de calidad.

Las nuevas tendencias turísticas en estos últimos años, indican claramente que el turista europeo y norteamericano (segmentos de mayor poder adquisitivo), prefiere actividades donde se involucra aventura y naturaleza. El Espeleoturismo se acopla óptimamente a estas nuevas tendencias; pero, para potenciar su desarrollo como una actividad de atractivo internacional, es necesario cumplir con dos aspectos fundamentales: brindar seguridad al turista y proteger la cavidad de los posibles impactos negativos que pueden surgir al practicar el Espeleoturismo en ellas.

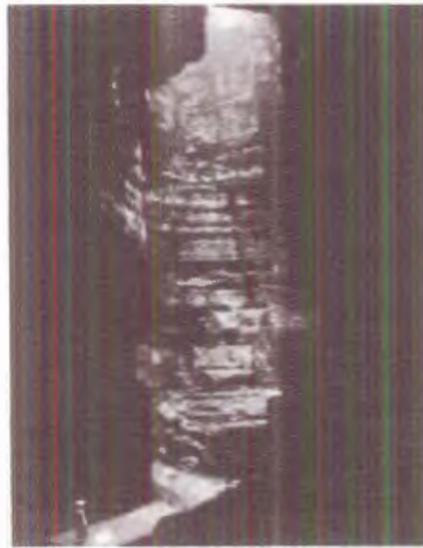
El Ecuador, debido a que se encuentra atravesado por la cordillera de los Andes, de la cual nacen numerosos ríos formadores de cavidades subterráneas, posee numerosas cavernas, de las cuales, muy pocas han sido estudiadas debidamente y menor es el número de las que son utilizadas en actividades turísticas.

Esta pequeña oferta Espeleoturística en el Ecuador, se caracteriza por ser poco técnica, ya que las diferentes personas que laboran en ella no se han preocupado de aumentar sus conocimientos y adecuar las cavidades para una actividad turística segura.

Es así, que los denominados “guías” que conducen a los turistas dentro de las cavidades no poseen, en primer lugar una certificación que los acredite como guías turísticos sino que son sólo pobladores de las áreas circundantes que han llegado a conocer el camino dentro de la cavidad; a su vez, estos denominados guías carecen de los conocimientos básicos de Espeleología, tales como definiciones de elementos propios del medio caverna, cueva, estalagmita, estalactita), desarrollo morfológico de los mismos, enfermedades a la que se exponen ellos y los turistas al explorar una cavidad, etc. Además, en la mayoría de los casos, se desconoce qué equipo es necesario para la exploración de una cavidad con seguridad; es así que muchas personas, sólo ingresan con botas de caucho y una linterna, que muchas veces ni siquiera es resistente al agua (la mayoría de las cavidades poseen ríos subterráneos).

Un ejemplo de lo anteriormente expuesto ocurre en la denominada Cueva de los Tayos, donde para ingresar hay que descender casi 60 metros en vertical usando solo simples cuerda previamente colocadas por indígenas locales, cuando lo óptimo sería utilizar los

medios propios del *rappel*, como son los arneses, mosquetones y otros elementos necesarios para garantizar la seguridad del turista.



**Fig. 1** Entrada de Cueva de los Tayos  
Fuente: [www.andesenio.net](http://www.andesenio.net)

Además, se advierte un desconocimiento general de la existencia de cavidades en el Ecuador. Muchas personas creen que el país posee pocas cavidades y otras incluso desconocen por completo su existencia, aunque la realidad es muy diferente.

Se conoce la existencia de muchas cavidades en todo el país, especialmente, en la Provincia de Morona Santiago. Lamentablemente, estas cavidades no han sido debidamente identificadas ni mucho menos catalogadas (caverna o cueva) debido a la escasez de un organismo responsable y especialista en ello, como lo son las Sociedades Espeleológicas que existen en la mayoría de países, incluso de Sudamérica.

Otro de los problemas que afronta esta actividad es la falta de desarrollo de verdaderas Cavidades Turísticas (adecuadas especialmente para la actividad turística).

En el Ecuador, las cavidades utilizadas en actividades turísticas, como por ejemplo: Los Tayos, Mera, Logroño y Jumandi, no poseen los estudios que garanticen al turista que la cavidad visitada no corre riesgo de derrumbes ni inundaciones súbitas; peor aún, no garantizan si existe o no riesgo de asfixia o contagio de enfermedades como la rabia. A su vez, no poseen las adecuaciones necesarias que faciliten el recorrido y maximicen la calidad de la experiencia de exploración y su aprendizaje; lo que ha causado un deterioro de las mismas, disminuyendo en gran medida su capacidad de convertirse en atractivos que impulsen el desarrollo turístico del Ecuador.

Practicando el Espeleoturismo de una manera segura y responsable, podría convertirse en un producto turístico de atractivo internacional que fortalezca la actividad turística del país.

## CAPITULO 2

# ASPECTOS TÉCNICOS-CIENTÍFICOS DE ESPELEOLOGÍA

### 2.1 Definición de Espeleología

El Diccionario de la Lengua Española, define a la Espeleología como una rama de la Geología que estudia la naturaleza, el origen y formación de las cavidades, así como su fauna y flora.

Este término fue acuñado a fines del siglo XIX por el prehistoriador francés, Emile Rivière, quien realizó estudios de arte rupestre en cavernas y descubrió que estas podían ser motivo de estudios (1)

---

(1) Grassi, Lorenzo: *Espeleología*, Editorial Grijalbo. Primera Edición. Madrid 2000.

## 2.2 Origen de las Cavidades Subterráneas

Para poder explicar el origen de las cuevas y cavernas se debe conocer que son los Fenómenos Cársicos.

En su libro "*Espeleología*", Lorenzo Grassi expone que los Fenómenos Cársicos, son un conjunto de fenómenos y procesos que ocurren bajo la acción del agua en las zonas de rocas solubles; este nombre proviene de la meseta caliza del Carso o Karst, situada entre las fronteras de Italia y Yugoslavia.

Las regiones cársicas se caracterizan por el predominio de los procesos de corrosión o disolución, donde la red de drenaje superficial es prácticamente inexistente porque la mayor parte del avenamiento se realiza por conductos subterráneos.

La mayor parte de los Fenómenos Cársicos se dan en las rocas calizas, las cuales contienen una gran cantidad de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Las rocas calizas son impermeables; pero cuando están agrietadas, dejan pasar el agua con facilidad; y, al ir ésta cargada de anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), reacciona con el  $\text{CaCO}_3$  para dar bicarbonato cálcico  $[(\text{CO}_3\text{H})_2 \text{Ca}]$ .

El agua saturada de bicarbonato cálcico no tiene poder para disolver las calizas, pero si está sobresaturada, las corroe, aumentando así su acción erosiva. La cantidad  $\text{CO}_2$  que puede llevar el agua en disolución depende de:

- a) La relación entre la superficie de intercambio y el volumen de agua, por cuya razón, este intercambio será mayor cuando el agua está en forma de pequeñas gotas. El agua de lluvia contiene abundante  $\text{CO}_2$ , y, por lo tanto, la caliza es atacada con mayor facilidad, formando unas superficies irregulares llamadas lapiaz.
- b) La temperatura del agua.- La caliza es mas soluble en agua fría y se precipita con facilidad en agua caliente.

Al principio, el agua circula por el interior del manto calizo a través de las grietas, pero pronto la acción disolvente del agua cargada de  $\text{CO}_2$ , va ensanchándolas y llega a formar canales. Entonces, el agua filtrada tiene doble acción erosiva por la disolución de las calizas y por desgaste mecánico.

Puede ocurrir que, a medida que va avanzando el proceso, se formen cavidades en el interior del macizo calizo, que se notan en la superficie por hundimientos más o menos circulares de los estratos calizos superiores, formando así las torcas y dolinas. (2)



**Fig. 2** Salón de una Caverna  
Fuente: [www.laserrania.org](http://www.laserrania.org)

---

(2) López Ranz, María del Mar; Equipo Cultural: *Ciencias Naturales*. Enciclopedia Autodidacta 2000. Editorial Cultural S.A. España 2000.

## 2.3 Clasificación de las Cavernas Subterráneas

El Modelo de Clasificación expuesto a continuación es el utilizado por la Sociedad Espeleológica Cubana, una de las mejores a nivel mundial y que ha realizado grandes avances en el desarrollo de la Espeleología, ya sea a nivel científico o turístico.(3)

### 2.3.1 Clasificación Espeleométrica

En el campo de la espeleología, existen diferentes formas de clasificación que consideran diversos factores.

El tipo de clasificación comúnmente utilizado es el Espeleométrico, el cual determina el tipo de caverna según el tamaño de la misma.

---

(3) *Cuevas y Carsos*. Sociedad Espeleológica de Cuba. Editorial Militar. La Habana, 1984.

La clasificación es la siguiente:

- **Abrigo rocoso.-** Cuando la cavidad deja guarecer a un hombre o grupo de estos.
- **Gruta.-** Cuando se trata de un salón subterráneo.
- **Cueva.-** Se refiere a una cavidad más o menos extensa, formada por varios salones y galerías hasta un largo total que no exceda de un kilómetro.
- **Caverna.-** Aquella cavidad cuyas galerías y salones poseen más de un kilómetro de largo y no exceden los diez kilómetros.
- **Gran caverna.-** Es una cavidad cuyas galerías y salones pasan de los diez kilómetros de largo.
- **Sistema subterráneo.-** Cuando se trata de cavidades abiertas, a veces sin comunicación subterránea, en una región cársica y que poseen unidad geológica y geomorfológica.

- **Cuenca con cauces y galerías.-** Cuando se trate de zonas cársicas de una cuenca fluvial atravesada por cuevas y ríos subterráneos, originados por el río maestro o sus tributarios.

### **2.3.2 Clasificación Hidrogeológica**

Esta tipología considera dos factores: el funcionamiento de la cavidad y el origen del caudal.

#### **2.3.2.1 Según el funcionamiento de la cavidad:**

Esta clasificación considera el carácter de flujo hídrico a través de los conductos, considerado en el tiempo y se divide en:

- **Permanentes.-** Incluye aquellas cavidades por las cuales fluye el agua durante todo el año.
- **Intermitentes.-** Son cavidades donde el agua corre y deja de fluir en forma alterna.

- **Estacionales.-** Comprende cavidades que drenan las aguas durante la época de lluvias.
- **Ocasionales.-** Son cuevas ocupadas excepcionalmente por las aguas durante grandes lluvias.
- **Inactivos.-** Son aquellas cavidades por las cuales no fluye actualmente el agua en ninguna época del año.

#### **2.3.2.2 Según el origen del caudal**

Esta clasificación considera que si el agua que fluye por la cavidad procede de la región donde se encuentra la cavidad o si tiene su origen en un área situada fuera de esta.

Se divide de esta manera:

- **Autóctonas.-** Cavidades por donde fluye el agua producida por las precipitaciones que han caído sobre el macizo cársico.

- **Alóctonas.-** Cavidades por donde corre agua procedente de fuera del macizo cársico.
- **Mixtas.-** Cuevas donde fluye agua en parte procedente del macizo y en parte precipitada directamente sobre él.

### **2.3.3 Clasificación Morfológica**

Según su morfología, se considera las formas de conducción y las formas de emisión.

#### **2.3.3.1 Formas de Conducción**

Según su distribución espacial en la estructura se subdividen en:

- **Predominantemente horizontales.-** Son cavidades sin grandes desniveles o sólo con desniveles o escalones locales.

- **Predominantemente verticales.-** Conocidas también como pozos naturales.
- **Inclinadas.-** Cavidades cuyo perfil obedece a razones estructurales y sigue planos de estratificación inclinados, o que por encontrarse en regiones montañosas su perfil es predominantemente inclinado.

### 2.3.3.2 Formas de Emisión

Su subdivisión considera:

#### 1) Origen del caudal:

- **Surgencias.-** Manantiales que emiten las aguas autóctonas de un macizo cársico producido por las precipitaciones.
- **Resurgencias.-** Resolladeros de aguas predominantemente Alóctonas, que han atravesado el macizo, al cual, generalmente, penetraron ya organizadas como río o arroyo.

- **Mixtas.-** Formas de emisión generadas por un caudal producido por la combinación de aguas Autóctonas y Alóctonas.

## 2) Régimen de flujo:

- **Libres.-** Cavidades donde la corriente tiene un espacio entre las bóvedas y la superficie del agua.
- **A presión.-** Donde el agua ocupa la cavidad y circula en conducción forzada.
- **Mixtas.-** Formas de emisión donde el flujo, estacional u ocasional, presenta una u otra de las características anteriores.

## 3) Tipo morfológico y/o número de la cavidad emisiva:

- **Horizontal.-** La salida es por una grieta horizontal o entre estratos
- **Vertical.-** Donde predomina la altura sobre el ancho del conducto
- **Sencilla.-** El agua brota por una sola cavidad

- **Múltiple.-** Fluye por varias cavidades grandes y pequeñas

#### 2.3.4 Formaciones Secundarias

En su libro, "*Speleology: The Study of Caves*", George Moore y Nicholas Sullivan, espeleólogos estadounidenses, indican que Espeleotemas, es el nombre general que se le da a todas las distintas formaciones naturales dentro de una cavidad subterránea, y son conocidas también como Formaciones Secundarias. Estas formaciones son esculturas naturales que el agua deposita utilizando principalmente el mineral calcita.

Los Espeleotemas se forman cuando el agua ácida, que disolvió la roca caliza, sale de la roca y se encuentra con la atmósfera de la cueva, liberando el dióxido de carbono que la hace ácida y depositando así, la calcita que estaba disuelta.

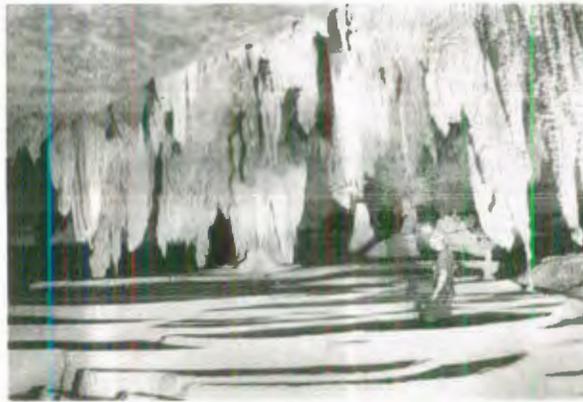
Las formaciones secundarias se clasifican según su posición dentro de las cavidades:

- **Cenitales.-** Cuando se forman en la bóveda o techo de la cavidad.
- **Parietales.-** Cuando se forman en las paredes de la cavidad.

- **Pavimentarias.-** Cuando se forman en el suelo de la cavidad.

Las Estalactitas, una forma secundaria muy conocida, pertenece a las formas Cenitales, su nombre proviene del vocablo griego *estalacto* que significa “gota a gota”. Estas formaciones, casi siempre, presentan formas verticales debido a que su crecimiento fue afectado por la fuerza de gravedad; se forman debido al goteo de las aguas cargadas de carbonato de calcio que al resbalar por las paredes, dejan tras sí estas sales.

Las Estalagmitas, son formaciones Pavimentarias que crecen hacia arriba, debido a la acumulación de las mismas sales dejadas por las aguas carbonatadas.



**Fig. 3 Estalactitas y Estalagmitas**  
Fuente: [www.pirineoglobal.com](http://www.pirineoglobal.com)

En algunas ocasiones, las Estalactitas y Estalagmitas se unen y forman las denominadas Columnas.



**Fig. 4 Columna**  
**Fuente: [www.pirineoglobal.com](http://www.pirineoglobal.com)**

Los Gours, formas Pavimentarias, son piscinas naturales en la piedra colada. Se forman donde el agua tiende a fluir en película por una pendiente del piso cavernario. Por lo general los Gours, son barreras naturales dentro de las cavernas y pueden llegar a poseer alturas que van desde unos cuantos centímetros hasta varios metros.

Las Paletas, son formaciones Parietales que toman su nombre debido a su parecido con las paletas de los pintores, forman como discos circulares adosados a las paredes de la cavidad por una de sus partes, quedando el resto en el aire, casi siempre toman posición horizontal pero las hay también verticales e inclinadas.

Las Excéntricas o Helictitas, son formaciones secundarias que pueden crecer en el techo, paredes y suelo de la cavidad, su crecimiento se desarrolla en espiral cerrándose en círculos, formando las mas variadas figuras; el nombre proviene del vocablo griego *helic* que significa espiral.

Además de estas formas secundarias antes descritas, existen muchas otras que toman su nombre según la forma que tome la calcita.

## 2.4 Aspectos Abióticos relevantes

### 2.4.1 Atmósfera subterránea

Carlos Galán, miembro de la Federación Espeleológica de América Latina, en su artículo "*Características del Ambiente Hipogeo*" indica que en la atmósfera subterránea, aunque mantiene unas condiciones climáticas relativamente constantes, puede existir una marcada variabilidad en los parámetros meteorológicos según se trate de zonas bien ventiladas (con importante intercambio y renovación de aire) o de zonas confinadas (con un régimen de aire estancado). Esto depende en gran medida del tamaño de los conductos, del patrón de la red de galerías de la cueva, del carácter y extensión de la interacción entre las atmósferas exterior e interior, y de las características del sistema hidrogeológico de drenaje.

Los factores que deben ser estudiados en la climatología subterránea fueron descritos por un científico llamado Martel en 1894. Posteriores observaciones le permitieron formular los cuatro principios básicos que gobiernan la meteorología de las cavernas.

- La temperatura del aire subterráneo no es constante por razones topográficas y meteorológicas.
- La temperatura del aire varia de un punto de la cavidad a otro a causa de la forma, dimensiones y de las diferencias de altitud de las galerías.
- La temperatura del agua esta sujeta a tantas variaciones como la del aire.
- Cuando el agua y el aire penetran con diferentes velocidades por simas o abismos profundos, de varias centenas de metros, sus temperaturas son bastantes discordantes.

#### **2.4.2 Temperatura y humedad relativa**

Este parámetro es de gran interés para la comodidad humana, puesto que, cuanto mayor sea la capacidad del aire para absorber el vapor, mejor funciona el sistema de evapotranspiración, mecanismo de regulación de la temperatura del cuerpo; aunque si es excesivamente baja, se secan las mucosas (nariz, boca) y se es más propenso a la entrada de microbios patógenos. El grado de humedad, según Galán, más adecuado para la

comodidad del ser humano está comprendido entre 40-70, pero esto dependerá de las características físicas de cada sujeto.

En la atmósfera subterránea las diferencias de temperatura y humedad relativa pueden alcanzar 5-6° Celsius y 30% de humedad relativa en galerías y cuevas ventiladas, pero generalmente son mucho menores en la zona profunda, pequeños espacios y en cuevas con restringido intercambio de aire. En estos casos, el régimen es isotérmico, con temperatura prácticamente constante y equivalente a la temperatura media anual de la región en donde se ubica la cavidad; con humedad relativa de 100% y frecuentes casos de sobresaturación y condensación. Este régimen puede ser influido por variaciones en la temperatura del agua, normalmente con valores inferiores en 1-2° Celsius a la temperatura del aire.

#### **2.4.3 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

En la zona profunda de las cuevas, la concentración del dióxido de carbono es más elevada que en galerías ventiladas, debido al menor intercambio de aire, y la concentración de CO<sub>2</sub> puede alcanzar valores del 10% en volumen o incluso superiores. Este incremento en la concentración de CO<sub>2</sub> es un proceso normal y ampliamente extendido en la zona vadosa del Carso y es un resultado simple de la disolución de la

roca caliza por las aguas de infiltración; el CO<sub>2</sub> en exceso aporta su agresividad a las aguas de infiltración para proseguir la disolución de la roca en la zona saturada del Carso.

La concentración de CO<sub>2</sub> y otros gases puede ser mucho mayor localmente, en zonas poco ventiladas y con rellenos de materia orgánica. El CO<sub>2</sub> proviene de la descomposición de materiales vegetales aportados por las crecidas o de la fermentación de materia orgánica contenida en el limo y sedimentos de zonas bajas de galerías hidrológicamente activas.

La fermentación de depósitos de Guano de quirópteros, que suelen constituir un importante relleno en cuevas tropicales, normalmente libera amoníaco y gases nitrogenados, además de CO<sub>2</sub>. En lugares donde la concentración de murciélagos es elevada (varios miles a decenas de miles de individuos), el calor liberado por sus cuerpos eleva la temperatura del aire en varios grados, generando zonas y puntos "calientes", como es común en muchas "cuevas calientes" de Cuba y costa norte de Venezuela.

El Guano de las aves conocidas como Tayos (*Steatornis caripensis*), es depositado en galerías amplias bien ventiladas, por lo que raramente enrarece la atmósfera subterránea. Este sustrato es fundamentalmente un residuo vegetal formado por semillas de lauráceas,

burseráceas y palmas, siendo rico en fósforo, nitrógeno y materia orgánica, y su pH decrece con la profundidad, albergando una artropofauna abundante en la superficie. (4)



**Fig. 5 *Steatornis caripensis***  
**Fuente: [www.home.helnet.net](http://www.home.helnet.net)**

---

(4) López Zavala, Iraís: "*Biología de Murciélagos*". Taller Biología de Suelo y Cuevas. Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Dpto. de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM. México, 04510.

#### 2.4.4 Radioactividad natural

Las principales rocas carsificables (caliza, dolomita, yeso) pueden contener pequeñas cantidades dispersas de uranio. Uno de los miembros de la serie de desintegración del uranio, el gas radón, es capaz de difundirse en el interior de las cavernas a una tasa considerable, y la atmósfera subterránea puede contener altas concentraciones en comparación con la atmósfera externa.

Si bien pueden existir diferencias en la tasa de emanación, las concentraciones de radón son altamente dependientes del flujo de aire y, por lo tanto, de su renovación en la caverna o parte de ésta. Las más altas concentraciones son alcanzadas invariablemente en las zonas profundas o más pobremente ventiladas.

Según la US Environmental Protection Agency, concentraciones por encima de 500 Bq/m<sup>3</sup> son consideradas dañinas para la salud humana. (5)

---

(5) Bq: Becquerel, medida utilizada para la radiactividad. Su nombre proviene de Antoine Henri Becquerel (1852-1908), premio Nóbel quien descubrió accidentalmente la radiactividad. Wikipedia, The Free Encyclopedia: [http://en.wikipedia.org/wiki/Henri\\_Becquerel](http://en.wikipedia.org/wiki/Henri_Becquerel)

Se ha especulado sobre el posible efecto nocivo del aire de las cuevas para espeleólogos, el cual es considerado bajo debido al escaso tiempo de permanencia en las mismas; sin embargo, es admitido que una permanencia continua bajo tales condiciones podría acarrear severas consecuencias.

De igual modo las aguas subterráneas son influidas por la radioactividad natural y sustancias minerales disueltas; en los gours y pequeños cuerpos de agua (a menudo aislados periódicamente de la red de drenaje normal) es común un bajo contenido de oxígeno disuelto.

En otras ocasiones, el ácido sulfúrico ha tenido considerable importancia en la espeleogénesis y las aguas cársicas pueden contener altos tenores de sulfatos generando extensos recubrimientos de epsomita, espeleotemas de yeso y basanita; en estas aguas, prácticamente saturadas en sulfatos, habitan, no obstante, cavernícolas acuáticos.

La incidencia de estos factores sobre las formas de vida cavernícolas no ha sido estudiada. Pero la alta radioactividad natural y las características del aire podrían incrementar la adversidad del ambiente profundo para los organismos que lo habitan, con la potencialidad de alterar las tasas de mutaciones y recombinación genética, traduciéndose posteriormente en cambios fenotípicos.

## 2.5 Aspectos Bióticos relevantes

### 2.5.1 Definición de Bioespeleología

En su libro “*Espeleología*”, Lorenzo Grassi expone que la Bioespeleología es una rama de la Espeleología y se dedica al estudio de las formas y condiciones de vida en los ambientes hipogeos, incluida su evolución.

### 2.5.2 Historia

El afán de conocer los procesos naturales ha empujado a los investigadores a explorar lugares casi inaccesibles como el fondo del océano, los polos helados o los densos bosques tropicales; y, naturalmente, no podían faltar los atrevidos que se introdujeran por cualquier agujero o grieta de las montañas a la búsqueda de mundos fascinantes. Grassi indica que en el año de 1768, se publicó la primera descripción científica de un animal cavernícola, *protens anguinus*, que no resultó ser un dragón habitante de los lagos subterráneos de Eslovenia, como contaban las narraciones populares, sino un pequeño anfibio, blanquecino y ciego.

En el siglo XIX, y especialmente en la segunda mitad, las expediciones bioespeleológicas fueron más numerosas, aunque se centraron en unas pocas áreas de estudio: los Balcanes, los Pirineos y el sur de los Estados Unidos. En aquella época apareció también la novela de ciencia ficción *Viaje al centro de la Tierra* (1864) del francés Julio Verne, seguramente estimulada en parte por los descubrimientos espeleológicos y, quizá, estimuladora también de nuevos retos de estudio del mundo subterráneo. Pero la sugerente y espectacular visión del autor francés, con océanos repletos de dinosaurios gigantes, no sería del todo correspondida por los resultados de las investigaciones. Quitando el mencionado anfibio y unos pocos peces estrictamente cavernícolas, las estrellas de este mundo serían los invertebrados. Eso sí, algunos de ellos con un origen posiblemente más antiguo que los mismos dinosaurios.

La Bioespeleología moderna puede decirse que se inició a principios del siglo XX con los trabajos del rumano Emil-Georges Racovitza, quien contribuyó notablemente a organizar a los investigadores con la creación de institutos de investigación y con la publicación de monografías sobre la fauna subterránea.

Racovitza propuso una división de los animales cavernícolas en tres categorías, según su adaptación y dependencia del medio subterráneo: Troglobios, Troglófilos y Troglósenos.



**Fig. 6 Emil-George Racovitza**  
Fuente: [www.cit.astate.edu](http://www.cit.astate.edu)

### 2.5.3 Formas de Vida

#### 2.5.3.1 Flora

La "*Encyclopedia Biospeologica II*" de Juberthie y Decu, miembros de la Sociedad Espeleológica Francesa, indica que las especies vegetales presentes en los hipogeos son limitadas en número y en la superficie que ocupan. Son más frecuentes en la zona más cercana al exterior, donde el nivel de iluminación es bastante alto. Generalmente son estériles y de dimensiones reducidas comparadas con los ejemplares que crecen en el exterior y a menudo presentan modificaciones en la forma de las hojas y en la densidad de clorofila. Los helechos son las plantas más difundidas en los hipogeos y son capaces de desarrollarse también en ambientes iluminados artificialmente.

Se puede realizar una clasificación general basándose en determinadas características como:

- **Características de las células:** Célula procariota (tipo bacteriano) caracterizada por una ausencia de núcleo y en célula eucariota (característica de todos los otros organismos) en la cual se encuentra un núcleo.

- **Número de células:** Monocelulares, son los órganos constituidos por una sola célula; y pluricelulares cuando constituidos por más de una célula.
  
- **Tipo de metabolismo:** se encuentran entonces divididos en:
  - **Autótrofos:** Cuando los organismos se nutren por si mismos.
  
  - **Quimiosintéticos:** Cuando usan la energía química proveniente de las reacciones químicas de la oxidación de los compuestos inorgánicos y orgánicos.
  
  - **Fotosintéticos:** Cuando usan la energía luminosa para descomponer los compuestos orgánicos.

### **2.5.3.2 Fauna**

#### **A. Troglobos**

Poseen las siguientes características:

Morfológicas:

- Ceguera o microftalmia (ojos mas pequeños de lo normal)
- Alas más pequeñas o soldadas
- Despигmentación
- Falsa fisiogástrica (aumento de las dimensiones del abdomen) y especialmente de los órganos sensoriales
- Alargamiento de los miembros anteriores y posteriores
- Aumento del volumen de los huevos

- Aumento de la variación genética

#### Fisiológicas y etológicas:

- Relajamiento del metabolismo
- Baja fecundidad
- Alta longevidad
- Reproducción en la gruta

Los troglobos son por lo tanto, generalizando, los organismos que tienen como antepasados las comunes especies epigeas, pero sobre los cuales se ha manifestado la evolución en ambientes cerrados mediante la aparición de mutaciones genéticas y la selección de los órganos más necesarios para el ambiente en el cual viven. Según Juberthie y Decu, entre los factores que favorecen el perdurar de una mutación, especialmente importante, es el aislamiento. Todas las características mencionadas anteriormente, se deben a mutaciones acaecidas en tiempos remotos y encima de las cuales intervino la selección natural, es decir la supervivencia del más apropiado al

ambiente en cuestión. Además si se considera que las reacciones químicas aumentan de velocidad a medida que aumenta la temperatura (hasta un máximo de 50° c), no debe sorprender que el metabolismo experimente un retraso y que por tanto la vida sea más larga.



**Fig. 7 *Ischyropsalis muellneri***  
**Fuente: [www.grottedivillanova.it](http://www.grottedivillanova.it)**

## **B. Troglófilos**

Son los animales que viven en las grutas, pero que pueden encontrarse también en el exterior, en ambientes que ofrecen condiciones ecológicas análogas.

Las características de tales organismos son:

- Se alimentan de animales de procedencia externa o directamente en el exterior
- Pueden pasar en la gruta un largo periodo de tiempo o algunas estaciones (letargo invernal)
- Pueden reproducirse incluso dentro de la gruta

Se dividen en Subtroglófilos y Eutroglófilos:

**Subtroglófilos.**- Entran en la gruta en determinados momentos, pero no están especialmente adaptados para vivir en ella. Forman parte de esta categoría los mosquitos, los cuales entran en ambientes hipogeos en verano porque el clima

exterior es demasiado seco y en invierno para pasar el letargo y las arañas que en cambio, se encuentran cerca de la entrada porque cazan.

**Eutroglofilos.-** Pueden presentar algunas adaptaciones al ambiente hipogeo. Carecen de pigmentación, pueden tener los ojos de dimensiones más reducidas, y también las alas más pequeñas.

### **C. Troglosenos**

Viven en las grutas ocasionalmente, entrando en ella de manera accidental. Son por tanto terrestres o animales de agua dulce, mientras que los animales marinos, salvo alguna notable excepción no se encuentran en ellos.

#### **2.5.4 Condiciones de desarrollo**

En el libro "*Fauna Cavernícola e Intersticial de la Península Ibérica y las Islas Baleares*", Belles X. miembro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Mallorca explica las condiciones de desarrollo a la que se ve expuesta las formas de vida existentes en una cavidad. Él explica que en las cavernas, la severidad del medio se acrecienta al profundizar en el, desde la superficie hacia el interior de la roca. Para

adaptarse al ambiente subterráneo los organismos tendrán que superar una serie de gradientes o barreras, físicas y ecológicas.

La primera barrera, según Belles, la constituye la oscuridad total. Algunos invertebrados Troglosenos dotados de quimiorreceptores o vertebrados dotados de ecolocación, pueden superar esta barrera y desplazarse en la zona oscura; pero la inmensa mayoría de los animales no está dotado de mecanismos de orientación que les permitan desenvolverse en oscuridad total. Los animales con de visión nocturna en realidad están adaptados a utilizar bajas intensidades luminosas, pero son incapaces de ver en oscuridad total.

La segunda barrera es trófica. Desde un punto de vista alimentario, los cavernícolas son detritívoros (o carnívoros que predan sobre éstos). Incluso los considerados carnívoros son omnívoros o parcialmente detritívoros, al menos durante parte de su ciclo de vida.

Los cavernícolas se alimentan en realidad de fragmentos de materia orgánica, de origen vegetal y animal, que ingresan por gravedad y arrastre por las aguas de infiltración, especialmente coloides, solutos depositados por las aguas percolantes y depósitos de crecida. En el medio intersticial y en el edáfico normalmente está presente un cierto porcentaje de algas y vegetales, a diferencia de las cavernas donde no se encuentran. Por

ello, muchos representantes del suelo o del intersticial, aparentemente capaces de desenvolverse en oscuridad, resultan excluidos de las cavernas por razones tróficas.

La tercera barrera, para los cavernícolas terrestres, la constituye la elevada humedad relativa, con valores de saturación o próximos. En invertebrados terrestres, la adaptación al ambiente húmedo de las cuevas requiere de intercambios gaseosos a través de la piel y de un incremento de la permeabilidad relacionada con el control del balance hídrico corporal, ya que la humedad relativa está por encima del valor de equilibrio de sus fluidos corporales. Los cavernícolas terrestres prácticamente viven en un ambiente acuático.

Los cavernícolas acuáticos pueden desplazarse de unos a otros cuerpos de agua gracias a que la atmósfera subterránea permanece saturada de vapor de agua. Esta condición anfibia se presenta en general entre los cavernícolas estrictos. Adicionalmente, grandes extensiones de las redes subterráneas pueden resultar inundadas de modo rápido e impredecible; y los cavernícolas (terrestres y acuáticos) sobreviven a las inundaciones.

Los movimientos de masas de aire en el interior de las cuevas son en cambio un factor desfavorable, ya que su acción desecante produce la deshidratación: mínimas cantidades

de aridez son letales para los troglobios. La reducción de la cutícula y pérdida de estructuras tegumentarias (asociada al control del balance hídrico) afecta a ojos y pigmentación, y es en parte independiente de requerimientos energéticos. Muchas de las reducciones de los cavernícolas están pleiotrópicamente relacionadas y son controladas por vía genética y hormonal. La elevada humedad de las cavernas juega así un importante papel en la adaptación de los organismos al ambiente hipogeo.

Barreras adicionales las constituyen las habilidades de los organismos para desenvolverse en el ambiente profundo, donde se acrecientan las condiciones adversas: recursos tróficos dispersos y escasos; red tridimensional y laberíntica de vacíos (a menudo con superficies rocosas húmedas y resbaladizas); atmósfera saturada con mezcla de gases; elevada radioactividad natural; niveles subóptimos de CO<sub>2</sub> y oxígeno en el aire, y bajo contenido de oxígeno en los cuerpos de agua. Los cavernícolas deben adaptarse a vivir en estas condiciones de severo stress. La reducida tasa metabólica de los cavernícolas probablemente es uno de los mecanismos involucrados para sobrevivir bajo tales condiciones. Pocos animales pueden explotar el bioma subterráneo, aún cuando, paradójicamente, los recursos tróficos puedan ser importantes.

El hábitat subterráneo es creado y ampliado progresivamente. Este proceso de creación de vacíos, llamado carsificación, va acompañado del hundimiento del drenaje y de la

formación de galerías aéreas con atmósfera saturada de vapor de agua. Para los organismos epigeos de la vecindad inmediata y de medios transicionales se ofrece un nuevo hábitat, con cierta cantidad de recursos tróficos, que han sido sustraídos de los ambientes superficiales. Como toda área nueva, esta se ofrece a la colonización de aquellos organismos que sean capaces de utilizar dichos recursos y posean la aptitud necesaria para desenvolverse en el nuevo medio. Este es comparativamente más adverso a medida que se profundiza en él. Pero a la vez es un medio climáticamente estable, capaz de excluir a predadores epigeos y parásitos, y que proporciona recursos que no están siendo utilizados por otros organismos (baja competencia). Estas ventajas pueden resultar atractivas para los potenciales colonizadores.

## **CAPITULO 3**

### **FORMACIÓN DEL GUÍA ESPELEOTURÍSTICO**

#### **3.1 Perfil del Guía Espeleoturístico**

Debido a que el Espeleoturismo es una actividad que posee cierto riesgo para los visitantes, sobretodo si están visitando una cavidad al natural; es necesario que los turistas sean guiados por personal altamente calificado, que posea el conocimiento y experiencia suficiente para garantizar la seguridad de ellos así como la protección de la cavidad.

##### **3.1.1 Capacidades Físicas y Psicológicas**

El Guía Espeleoturístico debe ser poseer un excelente estado físico que le permita moverse ágil y seguramente sobre la superficie irregular de la cavidad, además debe estar en la capacidad de llevar cargas sin problema. Es preferible que sea de contextura delgada debido a que en ciertas ocasiones tendrá que atravesar pasajes muy estrechos. No hay lugar para claustrofobia ni para problemas respiratorios. Saber nadar es un requisito indispensable ya que muchas cavidades poseen cuerpos de agua. El guía debe ser una persona segura de sus conocimientos y habilidades que brinde confianza al grupo que

está dirigiendo; no debe temer el tener que afrontar situaciones de peligro y toma de decisiones que pueden desembocar en vida o muerte de una persona.

### 3.1.2 Conocimientos Básicos

García Fuente, Ángel, en su artículo "*Establecimiento de Niveles de Dificultad y Actitud*", publicado en el Internet, en Marzo 23 del 2003, explica sobre los niveles de dificultad que se pueden encontrar al explorar cavidades subterráneas y como el nivel de los Guías deben estar acorde a ellas (Anexo A). Gracias a esto, se puede determinar que todo Guía Espeleoturístico debe:

- ✓ Conocer el proceso básico de formación de cavidades
- ✓ Saber reconocer los diferentes Espeleotemas y su proceso de formación
- ✓ Conocer las características bióticas de las cavidades
- ✓ Conocer que equipo es necesario llevar en cada cavidad y usarlo con efectividad
- ✓ Conocer y dominar técnicas de progresión vertical

- ✓ Conocer si existe riesgo de hipotermia o inundaciones en la cavidad a visitar
  
- ✓ Conocer el uso de botes neumáticos y trajes neoprenos
  
- ✓ Saber leer cartografía o conocer muy bien la cavidad visitada
  
- ✓ Conocer técnicas de salvamento en simas o abismos (Anexo B)
  
- ✓ Poseer amplio entrenamiento en primeros auxilios

### **3.2 Equipo necesario**

Hacer espeleología con seguridad requiere que el conocimiento de una persona, su equipo y capacidades estén preparados para el ambiente subterráneo, donde puede surgir cualquier situación inesperada.

George Marbach, en su libro "*Técnicas de Espeleología Alpina*" indica que existe cierto equipo básico que se debe poseer para toda exploración, otros artículos dependerán de las características inherentes de cada cavidad. Se recomienda el uso del siguiente equipo:

1. Casco tipo espeleólogo, de preferencia con barbiquejo no elástico y de fácil colocación: El casco en la espeleología es un elemento indispensable, puesto que además de funcionar como soporte para la lámpara, brinda una protección vital por los resbalones, y pequeñas o grandes caídas que pudieran llegar a ocurrir, así como en potenciales derrumbes.
2. Una luz (carburo o eléctrica) capaz de ser montada en el casco: El carburo que se utiliza es el carburo cálcico. En combinación con el agua genera un gas llamado acetileno que es el que combustiona y proporciona luz.
3. Al menos otras dos fuentes de luz, llamadas de emergencia.
4. Chaleco salvavidas en cavidades con cuerpos de agua, ya que pueden existir Gours o piscinas con gran profundidad.
5. Botas altas con suelas de goma y que tengan soporte para el tobillo.
6. Ropa que se conserve caliente aún si estuviera mojada: La capa cercana a la piel debe ser de lana o polipropileno, la capa externa de lana o polar. Se debe planear las capas de ropa para un medio lodoso y húmedo con temperaturas bajas.

Es aconsejable utilizar siempre un traje de neopreno para exploraciones largas en cavidades con cuerpos de agua helada a fin de evitar la hipotermia.

7. Comida con alto contenido de energía y agua potable, nunca tomar el agua de una cavidad aunque luzca limpia, no se sabe con certeza que bacteria pueda tener.
8. Al menos un estuche de primeros auxilios por grupo, incluyendo fuente de calor y tabletas de purificación para el agua, (si no hay otra opción que beber el agua de la cavidad).
9. Guantes, rodilleras y coderas para protección en casos de caída y si la persona tiene que arrastrarse en pasaje estrechos.
10. Al menos un silbato por grupo, aunque es mejor uno por persona; sirve para enviar señales sonoras en caso de pérdida.
11. Al menos 10 metros de cuerda de espeleología por grupo. Aunque en su libro *Marbach* no especifica que tipo de cuerda usar, es preferible anotar que: Existen 2 tipos de cuerdas, las dinámicas y las estáticas, para escalada en roca se usan las dinámicas por su gran capacidad de absorción, en espeleología se usan las

estáticas por el hecho de que son más duras, tienen menos elongación (esto es útil cuando hay que realizar ascensos), y resisten más la humedad. Es quizá el componente más importante dentro de los de seguridad. Su vida útil dependerá de su desgaste y se recomienda seguir las recomendaciones del vendedor. Su medida en general para las cuerdas simples es de 10.5 mm. a 11.5 mm. de grosor.

12. Un cambio de ropa para el viaje a casa

13. Una bolsa de plástico grueso de tamaño grande, que servirá para retirar todo los desperdicios que produzca la expedición.

14. Equipo de Escalada, dependerá de las características de cada cavidad. (6)

- **El arnés de cintura.-** Es el elemento por el cual se asegura el espeleólogo a la cuerda, ya sea por medio de un mosquetón o directamente a la cuerda con un nudo ocho tejido. Su duración depende directamente al uso y desgaste, estos pueden llegar a durar más de 5 años siempre y cuando no haya un deterioro imprevisto. Los expertos recomiendan revisar todas las costuras de vez en cuando, o antes de su uso, para una mayor seguridad.

Entre la espeleología hay diferentes modelos, de mayor o menor comodidad, además de la diferencia entre marcas.

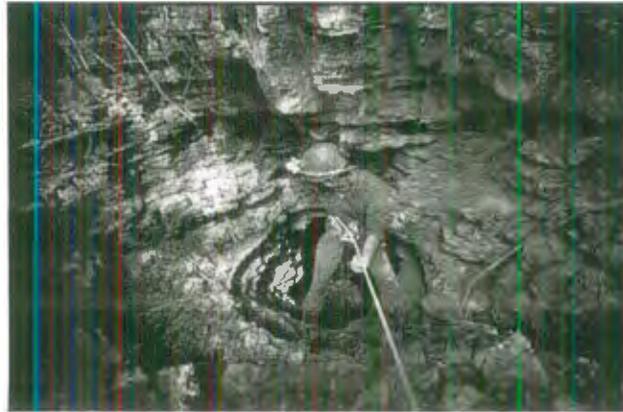
- **Los Ochos y otros sistemas como los ATC.-** Son instrumentos para asegurar de forma dinámica. Se fabrican con aleaciones de poco peso y alta resistencia, existen varios tamaños y con variadas formas, se recomienda un tamaño estándar, ya que si no, es difícil de manejar y/o exige mucho esfuerzo cuando este es muy pequeño, por su pequeño radio de giro. Se usan para los descensos cortos y con poca carga; para los descensos largos y pesados se usa la Marimba por su mayor comodidad.
  
- **Mosquetones.-** Deben de estar en buenas condiciones, ya que es otro instrumento dentro del equipo de aseguramiento. Su uso es el de ser seguros intermedios, se les llama así, porque son los que van del clavo a la cuerda durante la escalada. Por medio de los mosquetones, pasa la cuerda en cada seguro dentro de la ruta, y en caso de caída, estos harán que la cuerda permanezca en el último seguro.

---

(6) Paci, Paolo: *Curso Básico de Alpinismo*. Editorial De Vecchi S.A. Barcelona, España 1993.

Los mosquetones con cierre de seguridad tienen usos similares que los mosquetones normales, la diferencia radica en que en su cierre hay menor probabilidad de que la cuerda vaya a salirse por alguna manipulación. Existe una gran variedad de formas y tamaños, los cuales recomiendan según su utilidad.

- **Spits.-** Son argollas que se atornillan a la pared, y sirven para evitar las caídas.
  
- **Los ascensores.-** Son sistemas de autobloqueo usados para el ascenso en cuerdas, en tiros verticales, para asegurar un descenso, o simplemente para jalar algo, pues el sistema permite a la cuerda correr en un sentido, pero no regresar, a menos que el seguro sea abierto.
  
- **Polea.-** Se usa en múltiples ocasiones, especialmente en rescates, su característica principal radica en que su construcción está diseñada para resistir grandes tensiones sin lacerar la cuerda.



**Fig. 8** Con equipo de *rappel* descendiendo a un pozo  
Fuente: [www.turismoenveracruz.com](http://www.turismoenveracruz.com)

### **3.3 Reglas básicas de seguridad**

La seguridad tanto del guía como de los turistas o exploradores es indispensable si se desea un convertir esta actividad en atractivo internacional; las siguientes reglas básicas deben ser aplicadas por el guía, en sí mismo y en el grupo con el que esta explorando.

William Halliday, en su libro "*American Caves and Caving: Techniques, Pleasures and Safeguards of Modern Cave Explorations*", explica diferentes técnicas, reglas y consejos para practicar con seguridad la exploración de cavernas.

A continuación se expone las reglas consideradas como básicas cuyo incumplimiento puede desembocar en una situación de peligro.

1. Estar en buena condición física, que a su mejor entender le permita participar en estas actividades.
2. No intentar pasos más allá de sus habilidades, hay que respetar sus propios límites y los de su equipo.
3. Por lo menos 24 horas antes de la actividad no ingerir alcohol o estar bajo los efectos de drogas (legales o ilegales). No fumar dentro de la cueva.
4. Para cualquier exploración el grupo debe ser de por lo menos cuatro personas. La persona más experimentada deberá servir como líder y será quien tomará las decisiones en cualquier momento y a su juicio; de ser necesario detendrá la misma y regresará con el grupo. Cualquier miembro de la exploración que, por las razones que sea, no se sienta capacitado para continuar en un punto específico, deberá informar al líder y al grupo inmediatamente. El grupo regresará como una unidad. Una vez notificada la petición, ningún otro miembro del grupo deberá incitarlo a continuar con la exploración.

5. Es indispensable que al menos uno de los miembros del grupo lleve consigo un equipo actualizado de primeros auxilios básicos, convenientemente ajustado a las condiciones inherentes de la cueva. Los miembros del grupo deberán tener conocimientos en reanimación cardiopulmonar y en primeros auxilios.
6. Pedir autorización antes de ingresar a una cavidad si es que esta se encuentra en propiedad privada.
7. Notificar a alguien de confianza el itinerario a seguir y cumplirlo. Al salir notifique inmediatamente.
8. Utilizar chaleco salvavidas en cuevas con cuerpos de agua.
9. Asegurarse de que el guía cuente con adiestramiento adecuado, además del equipo, en técnicas de progresión vertical y de exploración. Conocer cómo es el ambiente de las cavidades y cómo nos puede afectar.
10. Ser considerado con los compañeros.
11. Evitar correr o saltar dentro de la cavidad.

12. Permanecer en un lugar seguro si se agotan las fuentes de luz. Protegerse de la hipotermia. Utilizar un silbato a intervalos regulares. No moverse del área, de esta manera no se complicará el rescate.
13. En cualquier actividad, es requisito estar alerta, por nosotros mismos y por nuestros compañeros, tratando de cumplir lo objetivos trazados.
14. Estar atento de cualquier lluvia, aguacero o algún otro cambio atmosférico que pudiera afectar la cueva o el viaje a casa.
15. Nunca trastornar la vida animal o las formaciones de la cavidad.
16. Pensar en las secuelas de una herida mientras se avance.
17. Nunca asumir que la cueva es roca sólida.
18. Llevar a casa todos los desperdicios no nativos (humanos), basura, etc.
19. Procurar no dejar restos de comida.

20. Recordar siempre que en cualquier momento puede suceder lo inesperado.

### 3.4 Peligros de la exploración

Como en toda actividad humana en la cual se requiere ciertos conocimientos, la exploración espeleológica puede resultar peligrosa sin el debido entrenamiento o guía adecuado. La exploración de cuevas es un trabajo de equipo, en donde cada participante debe tener un sentido de disciplina y cooperación.

#### 3.4.1 Normas a seguir en caso de accidente

La “*Guía de Emergencia en Espeleología*”, emitida por el Gobierno Vasco en 1995, indica que, cualquier persona que practica un deporte, cuya práctica activa entraña ciertos riesgos como los del Espeleoturismo, debería conocer ciertas normas básicas de actuación, pues la ayuda que pueda prestarle a un accidentado dependerá de su preparación.

Se recomienda seguir estos pasos para que la ayuda llegue pronto al herido y sus probabilidades de supervivencia sean mayores:



LICTUR - BIBLIOTECA

1. Conservar la calma, valorar la situación, averiguar lo ocurrido y poner los medios para que la situación no empeore. El objetivo es que la situación quede al menos como está después del accidente. Acciones precipitadas pueden empeorar la situación.

2. Acceder hasta el accidentado y prestarle los primeros auxilios (si se puede). La efectividad de esta ayuda dependerá de nuestros conocimientos en esta materia. Es conveniente para cualquier persona la realización de un curso de primeros auxilios a cargo de profesionales de la medicina de urgencia.

Una vez estabilizado el accidentado, se lo acomodará de la mejor manera posible, en espera de ayuda para evacuarlo.

3. Ir en busca de ayuda, teniendo una idea clara sobre:

Lugar exacto donde se encuentra el accidentado: nombre de la cavidad y cómo se accede a ella; nombre de la galería donde se encuentra, qué obstáculos hay hasta ella (pozos, pasajes angostos, etc.); hora aproximada a la que se produjo el accidente; qué ha ocurrido, qué lesiones evidentes presenta el accidentado y si ha recibido los primeros auxilios.

### **3.4.2 Posibles Situaciones**

#### **3.4.2.1. Caídas en hoyos profundos:**

Si algún miembro del equipo sufre una caída y no se produce lesión se puede tratar el rescate en ese mismo instante; si se sospecha de fracturas en la columna o cuello, se deberá esperar al equipo de rescate sin mover al herido, solo deberá bajar algún otro compañero a inmovilizarlo y curar heridas como hemorragias.

Sólo se deberá evacuar al herido si él u otros miembros del equipo corren peligros mayores.

La probabilidad de accidentes en la exploración de cuevas es mayor cuando se carece de un entrenamiento adecuado. No se recomienda que se visiten las cuevas en su estado natural, sin poseer la preparación y el equipo necesario para realizar dicha actividad de una manera segura o sin contar con un guía experimentado.

### 3.4.2.2. Accidente por desprendimiento de rocas

Los miembros del equipo que se encuentren ilesos deberán iniciar el rescate de las personas siempre y cuando la remoción de rocas no signifique peligro de nuevos derrumbes.

### 3.4.2.3. Perderse en una cueva

George Marbach, en "*Técnicas de Espeleología Alpina*" indica que, el perderse en una cueva, es uno de los grandes temores de los exploradores de cavidades subterráneas, ya que al quedarse aislado y en algunos casos a oscuras, las personas se desesperan y cometen muchos errores que los lleva a la muerte.

Si esto sucede, se deberá permanecer en el lugar sin moverse, así se facilitará el rescate; hay que conservar la energía, el calor, racionar los alimentos y el agua ya que se desconoce cuanto tiempo podría pasar hasta ser rescatado. El primer día, nada de agua, el cuerpo es una reserva y cuenta con un depósito. Día dos a cuatro, 0.4 litros de agua si hay disponible. Día 5 y sucesivos, de 0.1 a 0.25 litros diariamente, dependerá del clima y agua disponible. Cuando beba, humedezca los labios, lengua y garganta. Recuerde que la persona a la que usted notifico su exploración dará aviso a las autoridades pertinentes. (7)

#### **3.4.2.4. Quedar atrapado por una inundación súbita**

Ante esta catástrofe no hay mucho por hacer; lo mejor es previsión, saber si la caverna a explorar puede sufrir de avenidas o no. Si se da el caso, tratar de buscar cápsulas de aire y regular la respiración, mantenerse ahí hasta que pase, si el nivel del agua sigue subiendo y sabemos que el salón quedara completamente bajo el agua, hay que tratar de salir buceando en busca de un salón con cápsulas de aire. Cabe aclarar que si se llega a este extremo hay pocas posibilidades de salir vivo.

#### **3.4.2.5. Sufrir de Hipotermia**

Jhon Wiseman, instructor de supervivencia, en su libro "*The SAS Survival Handbook*" indica que la Hipotermia, es un estado en el que el cuerpo no puede generar calor con la misma rapidez con que lo pierde y la temperatura corporal desciende por debajo de los niveles normales.

---

(7) Wiseman, Jhon: *Manual de Supervivencia*. Título original: *The SAS Survival Handbook*. Editorial Acanto S.A. Barcelona, España 2002.

Si una persona sufre de los efectos de la hipotermia otros miembros del grupo pueden comenzar a sufrirlos. Los síntomas mas comunes son: Conducta irracional, tipificada por súbitos ataques de energía seguidos de apatía, la capacidad de respuesta a preguntas e instrucciones disminuye, temblores súbitos e incontrolables, perdida de coordinación, jaquecas, visión borrosa, dolor abdominal y perdida de conocimiento. Si estos síntomas aparecen se deberá administrar líquidos calientes y alimentos azucarados, cambiar la ropa mojada por seca una prenda a la vez, aplique calor a: boca del estomago, región lumbar, axilas, nuca, muñecas, entre los muslos. Hay que evacuar al paciente lo más rápido posible.

Dentro de una cavidad se puede dar si una persona permanece mucho tiempo en contacto con aguas heladas sin la debida vestimenta, esto puede ser mortal y deberá tratarse tan pronto de detecta.

#### **3.4.2.6. Sufrir de Hipertermia**

De igual manera, Jhon Wiseman explica que, al contrario de la Hipotermia, la Hipertermia es el aumento exagerado de la temperatura corporal además de la perdida de la capacidad corporal de enfriamiento. La persona con Hipertermia presenta un nivel de conciencia alterado, pudiendo estar confundido, agresivo e incoherente, además puede

ocurrir la pérdida de conciencia; es común que ocurran calambres por falta de sales minerales y agua. La primera acción a ser tomada es llevar a la víctima a un lugar más fresco y ventilado, enfriándolo con mucho agua fría en el cuerpo, además se deberá hacer beber agua a la víctima pero sólo si lo puede hacer sin problemas.

Esto puede ocurrir en una caverna debido a que, el aire encerrado a mayor presión y humedad, pueden subir la temperatura ambiental a grados intolerables para el hombre si permanece por largo tiempo en ella.

#### **3.4.2.7. Asfixia por Gases**

Camila Claristianini, en su artículo "*Como se livrar dos males que atingem os aventureiros*" publicado en la Web el 22 de Marzo 22 de 2005 indica que, debido a las características ambientales de las cavidades, existe la probabilidad de encontrar salones con elevada cantidad de gases nocivos para el hombre tales como Monóxido (CO) y Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), u otros más peligrosos como el Radón, el cual es radiactivo, o el Metano (CH<sub>4</sub>), el cual es combustible.

Estos tipos de gases pueden causar la muerte por asfixia. Los síntomas son parecidos a los efectos del alcohol en un individuo, la memoria y el juicio se ven afectados, la

confianza aumenta y no se mide el peligro. En una cavidad con mucho CO las llamas se vuelven alargadas y delgadas o en casos extremos sale disparada hacia el techo. Las medidas a tomar son evacuación inmediata y ventilación urgente.

#### **3.4.2.8. Rabia**

La Rabia, es la zoonosis viral, conocida, más antigua, cuya importancia radica en una letalidad cercana al 100%. El virus pertenece a la familia *Rhabdoviridae*, género *Lyssavirus* tipo 1.

La rabia se transmite a través de mordedura o contacto directo de mucosas o heridas con saliva del animal infectado (murciélagos), o por aerosol en cavidades contaminadas con guano.

La rabia se manifiesta por un periodo prodrómico que dura de dos a diez días con signos y síntomas no específicos como cansancio, cefalea, fiebre, anorexia, náusea, vómito y parestesias (perdida de sensibilidad) en el sitio de la herida, seguidas de dificultad para la deglución, hidrofobia entre el 17 y 50% de los casos, desorientación, alucinaciones visuales u olfatorias, crisis convulsivas focales o generalizadas, periodos de excitabilidad y aerofobia.

En el 20% de los casos aproximadamente, la rabia puede manifestarse como una parálisis flácida; estas manifestaciones clínicas son seguidas por un periodo de coma y eventualmente el fallecimiento en la gran mayoría de los casos.

El tratamiento comúnmente utilizado para evitar el contagio de esta enfermedad es el siguiente: Se debe administrar 3 dosis intramusculares de un ml. o 3 dosis intradérmicas de 0,1 ml. de vacuna humana de células diploides; dependiendo del grado de riesgo deben realizarse pruebas serológicas con intervalo de seis meses a dos años. Puede presentarse efectos secundarios esporádicos como artralgia, angioedema, y síntomas generales.

Si se es mordido por un murciélago se debe, inmediatamente, lavar la herida con agua y jabón para luego acudir al centro médico más cercano; el medicamento comúnmente es la Inmunoglobulina Antirrábica Humana (IGRH). (8)

---

(8) Harrison: *Principios de medicina interna*. 15ava. Edición. Interamericana España.



**Fig. 9 Murciélago**

Fuente: [www.servicios.diariosur.es](http://www.servicios.diariosur.es)

#### **3.4.2.9. Histoplasmosis**

Es una infección micótica (hongos) ocasionada por el *Histoplasma Capsulatum*. Las manifestaciones clínicas, en la mayoría de los casos, es asintomático o cuando más, se presenta con leves manifestaciones catarrales que pasan inadvertidas y el paciente ni se entera que ha sufrido esta enfermedad. Otros casos menos frecuentes muestran una sintomatología grave, con fiebre elevada, tos con expectoración mucosa, hepatoesplenomegalia (inflamación del hígado y el bazo), lesiones en ambos campos pulmonares, etc. No se conoce la forma de contagio.

El medicamento comúnmente utilizado es el fungicida *Anfotericina B*, su administración es por vía endovenosa en dosis inicial de 0.25 mg. por kilogramo de peso al día, que puede irse aumentando gradualmente; los resultados favorables se observan en cuatro a

ocho semanas de tratamiento. También se puede utilizar *Itraconazol* por vía oral 200 mg. al día. (9)

### 3.5 Impactos de la exploración en una cavidad

William Halliday, en su libro "*American Caves and Caving: Techniques, Pleasures and Safeguards of Modern Cave Explorations*" indica que, una cavidad es el resultado de una serie de procesos físico-químicos, los cuales ha conformado un ecosistema muy sensible a los cambios. La mera presencia del hombre altera el equilibrio que hace que la cavidad siga viva.

A continuación se expone cuales los principales impactos que, según Halliday, producen las visitas y exploraciones humanas a una cavidad subterránea, además de consejos para minimizar sus efectos.

---

(9) Fernández, Telmo: *Medicina Tropical*. II Edición. Universidad de Guayaquil. 1998 Guayaquil- Ecuador.

### 3.5.1 Impactos sobre el medio ambiente subterráneo

Las visitas masivas a una cavidad hacen que aumente en ellas, tanto la temperatura, como el nivel del  $\text{CO}_2$ . Este aumento del nivel de  $\text{CO}_2$  puede favorecer la corrosión de las rocas carbonatadas, con lo que su deterioro aumenta considerablemente. El aumento de la temperatura puede acarrear efectos irreversibles en los procesos de cristalización de algunos minerales. Al subir la temperatura, aumenta la evaporación. Esto supone que el agua “se marcha” de la roca, que al quedar con menores niveles de hidratación, se cristaliza.

Abrir accesos artificiales provoca, en cierto modo, algo parecido. Al posibilitar entrada de aire desde el exterior, si ya existe alguna más en la cavidad, se generan corrientes. Estas pueden secar la humedad de la cavidad, por lo que también afecta a los procesos de cristalización y corrosión además altera la formación de precipitados de carbonato cálcico. Además, al secarse la roca, esta pierde el brillo y el color de sus formaciones.

La destrucción y el saqueo de las formaciones, obviamente deterioran de forma irreversible el entorno. Primero, porque elimina la belleza de la cavidad, y segundo, porque afecta sobre manera a su desarrollo si esta es una cavidad viva.

Los restos de carburo, también afectan sobremanera la normalidad de la cavidad. El carburo que se utiliza es el carburo cálcico. En combinación con el agua genera un gas llamado acetileno que es el que combustiona y proporciona luz. El resto, que queda en el carburero, es el hidróxido de cal. En principio, el acetileno no es un gas tóxico para el hombre, aunque en cantidades elevadas puede producir somnolencia. Ahora bien, que no sea tóxico para el hombre, no significa que afecte de la misma manera a la fauna de la cavidad. El hidróxido de carburo, por su parte, aumenta el ph del agua, lo que afecta a su toxicidad en relación con algunas especies e influye en los procesos de cristalización y precipitación.

### **3.5.2 Impactos sobre el agua**

La travesía de grupos grandes y continuos por arroyos, lagunas y gours, afectan a las características físico-químicas al agitar lodos, arenas y depósitos.

Las baterías abandonadas son un foco grande de contaminación del agua al desprender, principalmente mercurio y cadmio, elementos, ambos, de gran toxicidad.

Como se ha señalado antes, las purgas de carburo aumentan el ph del agua.

Las latas, botellas, plásticos y restos orgánicos (cáscaras de frutas, etc.), contaminan gravemente las aguas.

### 3.5.3 Impacto sobre la fauna

La toxicidad de las aguas contaminadas, como hemos dicho antes, provoca envenenamientos en los animales cavernícolas.

Hacer fotos con "flash" a un murciélago, tocarlo, espantarlo o molestarlo de cualquier forma, es condenarlo probablemente a muerte. Los murciélagos, especialmente durante su hibernación, se mantienen de las reservas energéticas producto de su alimentación en periodos de actividad. Obligarle a moverse es hacerle gastar esa energía necesaria para sobrevivir en un momento en el que posiblemente no esté en condiciones de conseguir comida por sí mismo. En periodos de reproducción, también es importante molestarles lo menos posible.

Acabar con algún espécimen cavernícola supone una grave ruptura de la cadena alimenticia, lo que produciría una gran alteración en los hábitos de vida de todos los habitantes de la cavidad, llegando a morir de hambre o viéndose obligados a emigrar por falta de alimento.

Se dijo anteriormente que dejar basura en la cavidad contamina las aguas. Pero además, esta basura podría convertirse en trampas para algunos animales. Por ejemplo, todo material que sea viscoso puede atrapar a muchos insectos, condenándolos a morir ahí.

El incremento (desperdicios, visitas masivas, apertura de pasos artificiales) o disminución (cierre de alguna entrada) de aportes orgánicos favorece a ciertas especies y modifica, en algunas ocasiones fatalmente, el equilibrio del ecosistema subterráneo.

#### **3.5.4 Conductas ecológicas en una cavidad**

1. Siempre añadir al equipo bolsas de plástico en las que se cargarán los desperdicios hasta el exterior, no dejar nunca ningún tipo de residuo en la cavidad.
2. Evitar los grupos muy grandes. El recorrido por una cueva siempre será más ilustrativo si se hace con grupos pequeños, ya que al intentar pasos un poco complicados, se tardará mucho menos, con lo que se ahorrará calor y tiempo, y se disfrutará mucho más de la actividad.

3. Respetar al máximo todos los Espeleotemas. Sólo en los casos de exploración, investigación o socorro está justificado romper algo.
4. No abrir accesos artificiales innecesarios y, si es posible, obstruirlos al salir.
5. Mantener sin obstruir los accesos naturales de una cavidad.
6. No romper nada para llevarlo al exterior
7. Cualquier resto arqueológico o paleontológico que se encuentre es patrimonio cultural del estado
8. Si se va a topografiar, no pintar la cavidad. Se puede utilizar otros métodos para demarcar como un lápiz labial o hitos de piedra.
9. Si se observa basura contaminante abandonada por otros, se la debe llevar al exterior.

## **CAPITULO 4**

### **DESARROLLO DE CAVIDADES TURÍSTICAS**

#### **4.1 Definición**

Las Cavidades Turísticas son aquellas cavidades subterráneas que han sido debidamente adecuadas para uso turístico, a fin de garantizar la seguridad y satisfacción del visitante, así como la protección y conservación de la cavidad en sus niveles físicos, químicos y biológicos.

A continuación se explicará los aspectos básicos que deben ser tomados en cuenta en el desarrollo de cavidades turísticas, y para su mejor comprensión, se utilizará como ejemplo práctico a la Caverna de Jumandi, la cual está localizada en el Oriente ecuatoriano.



**Fig. 10 Turistas en una Caverna**  
Fuente: [www.nops.gov](http://www.nops.gov).

## 4.2 El Inventario Turístico

El Inventario de Turístico es la cuantificación y cualificación de los recursos turísticos de un territorio determinado; por lo que el primer paso a seguir para desarrollar el Espeleoturismo en el país, es realizar un Inventario Turístico de las cavernas naturales que posee el Ecuador. El desconocimiento del público en general sobre la cantidad y calidad de cavernas incide directa y negativamente en el progreso de esta actividad. Muchas personas creen que el Ecuador solo posee dos o tres cavernas (Tayos, Jumandi, Mera), cuando lo cierto es que existen muchas cavernas en todo el Ecuador,

especialmente en el Oriente Ecuatoriano, de las cuales, muchas poseen la belleza suficiente como para convertirse en atractivos turístico de demanda internacional.

El Inventario de las cavidades subterráneas consta de dos partes fundamentales, la primera que corresponde a la búsqueda de fuentes de investigación; de ellas va depender la localización de la mayoría de las cavidades; y la segunda, que corresponde a la realización del propio inventario destacando los aspectos de cuantificación y distribución.

La falta de una Sociedad Espeleológica Ecuatoriana entorpece en gran medida la obtención de información que facilite la realización del Inventario, es por eso que la búsqueda de datos referentes a la existencia de cavidades tendrá que hacerse en diferentes tipos de recursos bibliográficos.

Una vez conocida la existencia y localización de la mayor cantidad posible de cavidades, es permisible comenzar con la realización del inventario, con el registro de la información y evaluación del atractivo de la caverna.

Diego López Olivares, en su libro “*La Ordenación y Planificación Integrada de los Recursos Territoriales Turísticos*” presenta una ficha muy completa para todo tipo de recursos, la cual es presentada a continuación con ciertas adaptaciones (Anexo C) especiales para el inventario de cavidades, en este caso la Caverna de Jumandi.

#### **4.2.1 Identificación de la cavidad**

1. Atractivo o recurso: en este apartado va el nombre de la cavidad a ser estudiada:

- Caverna de Jumandi

2. Área: área funcional en la que se encuentra la cavidad.

- Las Cavernas de Jumandi se encuentran ubicadas en la Provincia del Napo, en el Cantón Archidona, entre las poblaciones de Cotundo y Archidona, al norte de la ciudad de Tena.

3. Coordenadas:

- Las coordenadas geográficas de la Caverna de Jumandi son:  $0^{\circ} 52' 31''$  latitud Sur y  $77^{\circ} 47' 30''$  longitud Oeste.

4. Foto: una fotografía de la cavidad, preferentemente de la entrada



**Fig. 11** Entrada a la caverna de Jumandi  
Fuente: [www.vistazo.com](http://www.vistazo.com)

5. Categoría: las cavidades corresponden a la categoría de Sitios Naturales

6. Tipo: corresponde a Cavidades Naturales

7. Subtipo 1: determinada por la clasificación según el tamaño

- Jumandi, según su tamaño, es una Caverna, debido a que supera el kilómetro de extensión, alrededor de 1200 metros.

8. Subtipo 2: determinado por el nivel de dificultad de la cavidad. Puede ser de categoría A o B (Anexo A)

- La Caverna de Jumandi pertenece a la Categoría A, ya que presenta curso de agua activo en la zona a visitar, sin aguas profundas y sin riesgo de sifonarse.

9. Nivel: determinado por la dificultad del recorrido. Puede ir del Nivel 1 al Nivel 5 (Anexo A)

- La Caverna de Jumandi corresponde al Nivel de dificultad 2 ya que el tiempo de travesía no supera las ocho horas. No corresponde al Nivel 1, ya que sí posee cursos activos de agua y no es completamente horizontal el recorrido.

10. Jerarquía: según la OMT existen cinco categorías, estas son las siguientes:

- a) **Jerarquía I:** Recursos que no tienen valor por si mismos si no que complementan a otros recursos, o que forman un recurso de mayor rango entre varios de esta misma categoría
- b) **Jerarquía II:** Recursos que motivan corrientes turísticas locales
- c) **Jerarquía III:** Recursos que motivan corrientes turísticas regionales
- d) **Jerarquía IV:** Recursos o atractivos a nivel nacional
- e) **Jerarquía V:** Recursos o atractivos excepcionales a nivel internacional

La cantidad y calidad de los Espeleotemas que contenga la caverna son factores determinantes para establecer su jerarquía, así como, la presencia de agua y las dimensiones de las salas.

- La Caverna de Jumandi, podría entrar en la Jerarquía IV, ya que posee interesantes formaciones secundarias y un curso de agua activo en su interior que hace de su travesía una gran experiencia. Lastimosamente debido a una infraestructura inadecuada y a una operación turística deficiente, no podría entrar a la Jerarquía V, aunque posee el potencial para hacerlo.

11. Organismo responsable: organismo responsable o propietario del terreno donde se asienta la cavidad; esto es muy importante a la hora de activar la cavidad según tenga un sentido u otro.

- La Caverna de Jumandi es administrada por el Consejo Provincial del Napo.

#### **4.2.2 Características de la cavidad**

1. Descripción general de la cavidad: se hará aquí una descripción de la cavidad y sus características externas e internas.

- Las Cavernas de Jumandi se encuentran ubicadas en la Provincia del Napo, entre las poblaciones de Archidona y Cotundo, al norte de la ciudad de Tena. A una altura aproximada de 623 msnm. y cuentan con una temperatura aproximada de 23° Celsius. Su nombre hace honor al cacique amazónico Jumandi, el cual dirigió una rebelión contra los españoles en 1578, para luego esconderse de los conquistadores en estas cavernas.

Las Cavernas de Jumandi, es un conjunto de tres cavidades, enclavadas en la ladera de una montaña con densa selva. Son cavidades naturales de rocas calcáreas permeables que con el paso del tiempo han permitido la formación de estalagmitas y estalactitas. Una de estas cavidades es atravesada por un río, lo que proporciona un recorrido de gran interés para los turistas.

La caverna de Jumandi fue formada por un río que recorre su interior y que con el transcurso de los siglos fue excavando en la roca calcárea, salones de diversos tamaños. La entrada posee un envergadura de 4 a 5 m de ancho y de 6 a 7 m. de alto además posee una extensión conocida de 1900 m.

Los primeros metros son fácilmente transitables, el río posee poca profundidad. En esta parte podemos apreciar las primeras formaciones secundarias del recorrido, los llamados Gours, que son como pliegues que forma la roca y atrapa el agua.

A continuación, la exploración se va haciendo más difícil a medida que nos adentramos a la caverna, ya que el terreno se vuelve mucho más irregular. En repetidas ocasiones, hay que sortear diversos obstáculos evitando caerse, algunos de estos, además de ser los denominados Gours, son también rocas de gran tamaño de desprendimientos ocurridos a lo largo del tiempo. Después de unos minutos de recorrido, se llega al primer obstáculo considerable, donde existe un pozo de 4 m. de profundidad con unos 12 m. de largo y cinco de ancho, donde el cruce a nado es obligatorio.

Siguiendo con el recorrido de la caverna, unos metros más se encuentra una bifurcación hacia la izquierda, es un brazo de la caverna de unos 30 m. que no presenta conexión con el exterior pero sí hermosas formaciones secundarias como Altar del Coliflor, del Brócoli, Cacho del Diablo,

Galería de Estalactitas, Pene de Jumandi, nombres muy curiosos que se deben a las raras formas que adopta la roca por la erosión.

Volviendo al túnel principal y metros más adelante, existe un gran desnivel en el suelo de la caverna, lo que provoca la formación de una pequeña caída de agua conocida como Cascada del Amor, la cual forma tres posas en la parte baja: la primera de 1.50, otra de 2 y la última de 4.50 metros de profundidad. Siguiendo el recorrido, se llega a otro ramal, que es un brazo de la caverna que se conecta con el exterior y es utilizado como salida por los turistas que entran sin guía; hasta este punto del recorrido se cuenta con la iluminación artificial antes mencionada, por lo que el recorrido se lo hace sólo con la luz de las linternas.

A partir de aquí comienza la sección del recorrido que sólo es posible hacer con los guías, ya que como no se cuenta con luz artificial, el peligro es mayor. Las características del terreno se mantienen, obstáculos como posas, piedras hay que sortear en repetidas ocasiones; además de encontrar diversas estalactitas y estalagmitas de variadas formas. Después de unos metros de recorrido, se localiza otro ramal secundario hacia la izquierda que desemboca a una pequeña salida en forma de claraboya.

Continuando el recorrido por el ramal central, se llega a una sala conocida como Sala de Baile, ya que sus dimensiones son mayores, no presenta irregularidades en el terreno y además posee estalactitas como si fueran candelabros.

Metros más adelante se encuentran un conjunto de tuberías que sirven para la captación de agua de Archidona y poblaciones cercana. El trayecto continúa y se encuentran ramales con las mismas características, pero sin salida al exterior.

Luego de esto, el explorador se aproxima al trayecto final de la caverna. En esta parte del trayecto se observan curiosas estalagmitas, estalactitas y columnas, una de estas es conocida como Estalactita de la Virgen por el parecido que posee con Ella. Al final, se llega un salón grande que repentina mente se reduce, dejando espacio sólo para el río, por lo que es imposible continuar. Es aconsejable descansar un rato para lo que será un extenuante pero emocionante retorno al exterior. (Anexo A)

2. Especificidad: se indicara en caso de que la cavidad tenga una utilidad turística singular, por ejemplo en algunos casos existen cavidades donde se puede observar cierto tipo de fauna o recibir terapia debido a sus aguas termales.

- En este caso, la especificidad de la caverna no pasa de ser la exploración turística. Existe presencia de murciélagos, pero es escasa; además existen ciertos tipos de camarones y peces en el agua, pero nada digno de considerarse un atractivo por si solo. El agua posee minerales ya que el río viene bajando la cordillera, pero no son de ningún modo termales.

3. Accesibilidad (relación espacio/tiempo respecto a centro emisores): se señalará la condición general de los accesos para llegar hasta la cavidad. A la hora de valorar la accesibilidad se tendrá en cuenta, sobre todo, la proximidad a una carretera (o pista forestal) y la calidad de esta, el tiempo de desplazamiento, y la proximidad o lejanía a los principales centro emisores.

- La accesibilidad a las cavernas de Jumandi podría calificarse como Regular, debido a que aunque existen suficientes vías de comunicación, estas en algunos sectores se encuentran en mal estado, debido a las constantes lluvias que soporta la región en toda época del año. Como



punto favorable es que se encuentra al pie de una carretera principal por lo que los visitantes pueden llegar a ellas en sus carros, sin tener que entrar a caminos vecinales o caminar. El tiempo de viaje para llegar a ellas es un poco largo, si se toma como punto de salida las ciudades de Guayaquil y Quito (aproximadamente 12 horas) , aunque si se lo hace tomando como punto inicial poblaciones como Baños de Ambato, el tiempo se reduce considerablemente (5 – 6 horas aproximadamente).

4. Infraestructura Turística: en este campo se tomará en cuenta lo siguiente:

**a. Señalización:** se valorará la señalización que nos indique la ubicación de la cavidad y de los servicios que con este puedan relacionarse.

- La señalización se puede señalar como Mala, ya que esta es casi nula, sólo existe un letrero que indica la existencia de la Caverna en la carretera que queda justo al pie del balneario.

**b. Servicios de información:** se valorará la existencia de servicios de información tanto cerca como en la cavidad.

- Para el caso en cuestión, se podría señalar como Buena, ya que se puede obtener información turística visitando las subsecretarías regionales o los municipios.

**c. Equipamiento y servicios:** se valorará la existencia de equipamiento y servicios turísticos siguiendo el sistema señalado anteriormente. (Senderos, iluminación, soportes).

- En lo que se refiere a estos campos, se podría calificar como Inexistente, ya que las Cavernas no poseen un sendero dentro de ella que delimite el recorrido de los turistas, ni está dividido en zonas tangible o intangible según sea su sensibilidad ecológica, o peor aún no cuentan, con soportes que aseguren la estabilidad de la caverna. Con respecto a la iluminación, esta se señalaría como Mala, ya que solo existe los primeros 300 metros del recorrido y son sólo cables sujetos a la roca con clavos y tornillos que se valen de bombillos comunes y corrientes para iluminar el recorrido.

5. Alojamiento e infraestructura general: se especificaran las infraestructuras turísticas existentes que puedan relacionarse de un modo directo con la cavidad.

- Las cavernas de Jumandi cuentan con un balneario en su exterior, cuya entrada tiene un precio de 2 dólares para adultos y 1 dólar para los niños. Por este precio, se puede hacer uso de las diferentes instalaciones existente como: piscinas, toboganes, discoteca, restaurante y acceso a la caverna (sin guía, los primeros 300 metros). También el balneario cuenta con cabañas que se alquilan a módicos costos (6 por persona o 10 por pareja). Existen paquetes promocionales de 25 dólares que incluyen hospedaje alimentación y visita guiada a toda la caverna, además incluye linterna y botas de caucho.
6. Actividades complementarias: se especificarán las actividades complementarias que puedan realizarse relacionadas con la cavidad. En algunas cavidades poseen espacios donde acampar, hacer picnic y observación de cierta flora o fauna en el exterior.
- Debido a que las cavernas se encuentran en medio de la selva, se puede aprovechar la visita para realizar caminatas en ella y apreciar su flora y fauna característica.

7. Grado de Planificación: si existe ya una ordenación del recurso se valorará según escala (Anexo 2)

- El grado de planificación se puede calificar como Regular ya que, aunque el Consejo Provincial ha hecho un gran esfuerzo en la administración de este centro turístico, no se ha realizado ningún estudio que promueva la conservación de la caverna ni una operación turística eficiente.

#### 4.2.3 Valoración de la cavidad

1. Características deseables (aprovechamiento y utilización): este apartado tendrá especial interés en las cavidades que se encuentran en una fase de potencialidad, se especificarán posibles utilidades y modos de explotación.

- La Caverna de Jumandi se encuentra, en la actualidad, siendo explotada turísticamente, lamentablemente, no en la forma correcta; lo ideal sería que esta cuente con un adecuado programa de manejo que determine la capacidad de carga de la cavidad y delimite zonas tangibles e intangibles para asegurar la conservación de las áreas más sensibles; además, es recomendable delimitar los senderos por donde transiten los turistas. En lo

que corresponde a infraestructura, sería aconsejable contar con un centro de interpretación donde se explique lo concerniente a la caverna y sus formas de vida, con el fin de que esta información sea un complemento enriquecedor en la experiencia de exploración de la cavidad.

2. Conflictos de uso: se señalarán los posibles conflictos por usos diversos de la cavidad. Si existieran objetivos de preservación preexistentes sobre una cavidad deberá contemplarse si no se planteará un conflicto con el uso turístico que dificulte o limite la actividad. Tampoco deberá comprometer la integridad de yacimientos arqueológicos o paleontológicos.
  - No existen problemas de conflictos de uso en las Cavernas de Jumandi, ya que no presenta yacimientos arqueológicos ni antropológicos: ni tampoco algún elemento que pueda ser explotado comercialmente salvo su valor como recurso turístico.
3. Relación con otros recursos: se especificarán los nombres de otros recursos con los que la cavidad posee relación directa, ya sea por su proximidad o bien por afinidad tipológica y aprovechamiento común.

- Existen otras cavernas en la zona que pueden ser aprovechadas para generar una sola gran oferta espeleoturística

#### 4.2.4 Observaciones

1. Este apartado queda abierto a puntualizaciones, opiniones o datos de interés no especificados anteriormente.
  - Las Cavernas de Jumandi debidamente explotadas, podrían convertirse en el catalizador de una actividad espeleoturística responsable en la zona, que puede hacerse extensiva a otras provincias que cuentan con grandes recursos cavernarios como Morona Santiago, que cuenta con la ya muy famosa Cueva de los Tayos, entre otras.

### 4.3 Los Estudios Espeleológicos

El número de cavidades que se ofrecen para visitas turísticas, en el mundo, crece sostenidamente, de manera que es necesario adoptar medidas que conduzcan a la protección adecuada del ecosistema subterráneo y del individuo.

Para la Sociedad Espeleológica de Cuba, lo siguientes estudios deben realizarse en todas las cavidades, ya que servirán para el conocimiento científico de un país y no sólo para el desarrollo turístico de la cavidad

En las Cavernas de Jumandi, algunos de estos estudios ya han sido realizados, especialmente por científicos extranjeros que alguna vez las visitaron; en cambio otros estudios nunca han sido efectuados, por lo que se recomienda que si se desea una explotación turística eficiente, se los lleve a cabo, ya que todos proveerán de información valiosa para futuras decisiones.

Estos estudios son los siguientes:

1. Situación de la cavidad desde el punto de vista geográfico-político, natural y geológico.
2. Historia de la cavidad, señalando sus primeros exploradores, estudios previos y cualquier dato de interés relacionado.
3. Origen geológico de la cavidad.
4. Descripción general de la cavidad y del área donde está situada.
5. Cartografiar el salón o galerías.
6. Medir la altura del techo y demás dimensiones de la cavidad.
7. Describir cada salón o galería recorrida y señalar todos sus detalles morfológicos y morfométricos.

8. Describir las formaciones secundarias, su ubicación, forma, cantidad de las mismas.
9. Recoger muestras de las rocas y estudiar la estratigrafía.
10. Practicar pequeñas búsquedas de prueba en lugares donde pueden aparecer fósiles o piezas arqueológicas. En caso de hallar restos, comunicar a las autoridades competentes.
11. Señalar y describir la existencia de pictografía y petroglifos.
12. Fotografiar las partes más importantes de la cavidad, así como las formaciones interesantes, además de los fósiles de otras piezas descubiertas.



**Fig. 12 Espeleólogos estudiando una cavidad**  
Fuente: [www.inae.org.ar](http://www.inae.org.ar)

#### **4.4 Factibilidad Ambiental**

Hoy en día, en la mayoría de cavidades utilizadas con fines turísticos se han realizado los estudios anteriormente mencionados, sin embargo, estos estudios no son suficientes; muy pocas cavidades, disponen de una evaluación de la calidad ambiental, por ello, se carece de una adecuada información que permita ofrecer a las Operadoras de Turismo la garantía de que los turistas y el personal que visita o labora en los ambientes subterráneos no están sometidos a ningún riesgo de accidente por derrumbes o desprendimientos, inundaciones, adquisición de enfermedades de transmisión aérea o hídrica o que reciba radiaciones nocivas para su salud.

Del mismo modo, es imprescindible conocer de qué modo los trabajos de adaptación, el tipo de visita o el número de visitantes afectan el entorno subterráneo y como tales efectos se propagan al medio ambiente vinculado a la caverna.

Leslie F. Molerio, miembro de la Asociación de Montañismo y Exploración de la Universidad Autónoma de México ha descrito los diferentes estudios ambientales que se deben realizar en la evaluación de calidad ambiental de una cavidad. Esto toma en cuenta los siguientes aspectos, y su alcance es el siguiente:

#### **4.4.1 Calidad del aire subterráneo.**

En cavidades con gran extensión como las cavernas de Jumandi, la renovación de aire puede ser mínimo, por lo que este podría contener agentes nocivos para la salud de los visitantes, por lo que es necesario llevar a cabo una evaluación de la calidad de la atmósfera hipogea y definir los factores de control de:

- Las propiedades físicas y químicas del aire subterráneo,
- La distribución estacional dentro de la cavidad y en su sistema de soporte;

- Las variables que definen los indicadores de confort y tiempo de permanencia bajo tierra
- El efecto del público sobre el entorno físico y biológico de la caverna en explotación.

Estos indicadores son los siguientes:

#### **a. Temperatura del aire**

La temperatura atmosférica es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire. Existen diversas escalas para determinar la temperatura del aire, las cuales son: Celsius (centígrados), Fahrenheit, Kelvin y Ranking.

La temperatura depende de diversos factores como los rayos solares, tipo de sustratos (la roca absorbe energía, el hielo la refleja), la dirección y fuerza del viento, la latitud, la altura sobre el nivel del mar, la proximidad de masas de agua.

Sin embargo, hay que distinguir entre temperatura y sensación térmica. Aunque el termómetro marque la misma temperatura en dos lugares diferentes, la sensación que se

percibirá, depende de factores como la humedad del aire y la fuerza del viento. A mayor o menor temperatura variara la permanencia de las personas en la cavidad.

El termómetro, es el instrumento utilizado para registrar la temperatura, puede ser de líquido en vidrio (mercurio o alcohol), de líquido en metal, basados en la deformación (bimetalico) o basados en la variación de un parámetro eléctrico: resistencia (resistores, termistores) o capacidad (termocap). Los más comúnmente usados son de líquido en vidrio. Están compuestos por un bulbo conectado a una columna capilar de diámetro muy pequeño (menor a 0.1 mm.) en una cámara de vacío. La escala está detrás del capilar y todo el conjunto encerrado en un tubo de vidrio (pirex). El alcohol suele colorearse para hacer más fácil su lectura. Para medir debajo de  $-39^{\circ}\text{C}$  se usa una mezcla de mercurio con talio pudiendo llegar a  $-58^{\circ}\text{C}$ .

En su libro "Meteorología", Roth Gunter indica que para tomar la temperatura de un lugar, el termómetro se coloca en el interior de una caseta especial conocida como abrigo meteorológico, con su bulbo a una altura entre 1,5 y 2 metros de altura. El abrigo permite la circulación moderada y libre del aire, además proporciona al termómetro, aislamiento contra factores que afecten su medición. La temperatura debe tomarse a una misma altura en todas las estaciones.

Existen variaciones del termómetro que nos permiten registrar la temperatura más alta y baja del día, estos instrumentos son conocidos como:

- **Termómetro de máxima.-** Es un termómetro de mercurio que tiene un estrechamiento del capilar cerca del bulbo o depósito y permite registrar la temperatura más alta del día. Cuando la temperatura sube, la dilatación de todo el mercurio del bulbo vence la resistencia opuesta por el estrechamiento, mientras que cuando la temperatura baja y la masa de mercurio se contrae, la columna se rompe por el estrechamiento y su extremo libre queda marcando la temperatura máxima. La escala tiene una división de  $0,5^{\circ}\text{C}$  y el alcance de la misma es de  $31,5$  a  $51$  grados.
- **Termómetro de mínima.-** Registra la temperatura más baja del día, está compuesto de líquido orgánico (alcohol) y llevan un índice coloreado de vidrio o marfil sumergido en el líquido. El bulbo tiene en general forma de horquilla (para aumentar la superficie de contacto del elemento sensible). Cuando la temperatura baja, el líquido arrastra el índice porque no puede atravesar el menisco y se ve forzado a seguir su recorrido de retroceso. Cuando la temperatura sube, el líquido pasa fácilmente entre la pared del tubo y el índice y éste queda marcando la

temperatura más baja por el extremo más alejado del bulbo. La escala está dividida cada  $0.5^{\circ}\text{C}$  y su amplitud va desde  $-44.5$  a  $40.5^{\circ}\text{C}$ .

#### **b. Temperatura del suelo**

La temperatura del suelo es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en él. Para medir la temperatura del suelo, Gunter, indica que se debe usar un instrumento llamado Termómetro de Suelo, el cual posee el mismo principio que el termómetro normal. Él aconseja colocar el bulbo a unos 5 cm., de profundidad para una medición más exacta.

#### **c. Temperatura de las aguas subterráneas**

Según Gunter, la temperatura de las aguas subterráneas puede ser tomada por con un termómetro normal y representara cuanta energía calorífica posee.

#### **d. Temperatura de la roca**

La Temperatura de la roca se puede medir usando el mismo Termómetro de suelo, en las paredes de la cavidad, pero es necesario localizar algún agujero en la misma o, en

ocasiones, hacerlo con el auxilio de instrumentos adecuados. Después de introducirse el termómetro, se debe sellar con algún material, para que el bulbo reciba directamente la temperatura de la pared rocosa. (10)

#### **e. Temperatura, frecuencia y caudal de goteo**

La frecuencia de goteo, es la cantidad de gotas de agua que caen en un lugar en determinada cantidad de tiempo, y el caudal de goteo se refiere a la cantidad o volumen de agua que trasporta una gota y se acumula en un lugar en determinada cantidad de tiempo. La temperatura se puede medir con un termómetro.

El Pluviómetro, es el instrumento utilizado para medir la cantidad de agua caída; consiste en un vaso cilíndrico receptor que tiene un aro de bronce para evitar salpicaduras, un embudo profundo y un recipiente colector más estrecho que conserva el agua caída. Allí queda protegida de la evaporación por el estrechamiento de la boca y por el dispositivo de dobles paredes. Todo el conjunto está pintado de blanco para evitar la radiación solar.

---

(10) Gunter, Roth: *Metereología*, Editorial Omega, I Edición. Barcelona 2003.

Gunter, en su libro, indica que el Pluviómetro se coloca debajo de la gotera a medir, la boca debe estar perfectamente horizontal. El agua se trasvasa a una probeta de tipo pircx graduada en mm. de precipitación. Si se quiere conocer la frecuencia solo se tiene que contar el número de gotas caídas en el periodo de tiempo escogido.

#### **f. Conductividad eléctrica del agua**

La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica.

El agua pura prácticamente no conduce la corriente, sin embargo, el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad; este efecto continúa hasta que la solución está tan llena de iones que se restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentar, dándose casos de dos diferentes concentraciones con la misma conductividad. El instrumento para medir la conductividad eléctrica es el Conductímetro.

### g. Índice de acidez

Es conocido comúnmente como ph, que es la abreviatura de "*pondus hydrogenium*", esto significa literalmente el peso del hidrógeno. (11)

El ph es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno ( $H^+$ ) en una sustancia. La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El ph sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua.

El resultado de una medición de ph viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones  $H^+$ ) y el número de iones hidroxilo ( $OH^-$ ). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Se tendrá entonces de un pH alrededor de 7. El ph del agua puede variar entre 0 y 14. Cuando el ph de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica. Cuando el ph de una sustancia está por debajo de 7, es una sustancia ácida. Cuanto más se aleje el ph por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución.

---

(11). López Ranz, María del Mar, Equipo Cultural: *Ciencias Naturales*. Enciclopedia Autodidacta 2000. Editorial Cultural S.A. España 2000.

El pH es un factor logarítmico; cuando una solución se vuelve diez veces más ácida, el pH disminuirá en una unidad. Cuando una solución se vuelve cien veces más ácida, el pH disminuirá en dos unidades. El término común para referirse al pH es la alcalinidad.

Existen varios métodos diferentes para medir el pH. Uno de estos es usando un trozo de papel indicador del pH. Cuando se introduce el papel en una solución, cambiará de color.

Cada color diferente indica un valor de pH diferente. Este método no es muy preciso y no es apropiado para determinar valores de pH exactos. Es por eso que ahora hay tiras de test disponibles, que son capaces de determinar valores más pequeños de pH, tales como 3.5 o 8.5. El método más preciso para determinar el pH es midiendo un cambio de color en un experimento químico de laboratorio. Con este método se pueden determinar valores de pH, tales como 5.07 y 2.03. (12)

---

(12) López Ranz, María del Mar; Equipo Cultural: *Ciencias Naturales*. Enciclopedia Autodidacta 2000. Editorial Cultural S.A. España 2000.

## h. Humedad

La humedad indica la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Depende, en parte, de la temperatura, ya que el aire caliente contiene más humedad que el frío.

La humedad relativa se expresa en forma de tanto por ciento (%) de agua en el aire. La humedad absoluta se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en una unidad de volumen de aire y se expresa en gramos por centímetro cúbico ( $\text{gr. /cm}^3$ ).

El punto de saturación, es el punto a partir del cual una cantidad de vapor de agua no puede seguir creciendo y mantenerse en estado gaseoso, sino que se convierte en líquido y se precipita.

Para medir la humedad, se usa el Psicrómetro, el cual consta de dos termómetros colocados uno al lado del otro. Uno de ellos es de tipo ordinario, mientras que el otro lleva un trozo de tejido húmedo alrededor de la punta inferior, o sea donde está contenido el mercurio. Si el aire está saturado (humedad relativa 100%), el tejido húmedo no experimenta evaporación y ambos termómetros marcarán lo mismo. Si, por el contrario, el aire no está saturado, habrá evaporación y el termómetro cubierto por el tejido húmedo marcará una temperatura inferior a la del termómetro ordinario. Dado que el grado de

evaporación depende de la sequedad del aire, la diferencia de temperaturas entre los dos termómetros aumentara a medida que descienda la humedad relativa. Luego basta con revisar las respectivas tablas para conocer que diferencia de temperatura esta relacionada con determinada humedad relativa. (13)

### **i. Evaporación**

La evaporación es el cambio de una sustancia en estado líquido a estado gaseoso por aumento de la temperatura. Para medir la evaporación se emplean los Evaporímetros, de estos, el mas utilizado por los espeleólogos es el modelo Piche, el cual consiste en un tubo de vidrio de un centímetro de diámetro aproximadamente, su extremo inferior se encuentra cerrado y el inferior sujeta un disco de papel absorbente de unos 2.5 cm. de diámetro.

El tubo graduado se llena de agua, se tapa por su extremo inferior con el disco de papel absorbente y se cuelga con el extremo cerrado hacia arriba.

---

(13) *Geografía Física*, Volumen I. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, 1985.

A partir de la superficie de papel absorbente se produce la evaporación de agua contenida en el tubo y se leen los valores de la evaporación directamente en milímetros en la graduación del tubo de vidrio. (14)

#### **j. Dirección y velocidad del viento**

El viento, es el movimiento del aire en la atmósfera con relación a la superficie terrestre, originado por la diferente densidad de masas de aire que se encuentran a distintas temperaturas. En meteorología se denomina como tal la componente del movimiento del aire paralela a la superficie terrestre. Los movimientos de las masas de aire en otras direcciones se denominan corrientes de aire. Por medio del viento se transporta la humedad y el calor de unas zonas a otras, parámetros fundamentales que configuran el tiempo en un lugar. Al ser una magnitud vectorial se define por su dirección y por su velocidad.

---

(14) Gunter, Roth: *Meteorología*, Editorial Omega, I Edición. Barcelona 2003.

El Anemómetro es el instrumento utilizado para medir la velocidad del viento, existen varios modelos, pueden ser de coperolas, de hélice, de tubo pitot, eléctricos. El más utilizado es el de coperolas.

Está compuesto por un conjunto giratorio formado por un eje y tres brazos con semiesferas adosadas (coperolas), formando un ángulo de  $120^\circ$  entre sí. Las coperolas pueden tener forma semiesférica o de cono truncado. Este instrumento está sujetado por rodamientos de acero inoxidable (rulemanes) introducidos en un casquete de metal. En el extremo del eje hay un disco con una serie de agujeros, un emisor y un receptor de luz infrarroja. Cuando coinciden emisor, orificio y receptor se envía un impulso eléctrico. La cantidad de pulsos depende de la velocidad de rotación. (15)

La medición del viento dentro de una cavidad es complicada debido a que solo en estrechamientos de las galerías se alcanza valores que hacen funcionar el Anemómetro. Para estos casos hay que recurrir a métodos más artesanales como uso de globos, humo u olores. La dirección es medida con la veleta o por simple observación apoyada en una brújula.

---

(15) Gunter, Roth: *Metereología*, Editorial Omega, I Edición. Barcelona 2003.

### **k. Presión atmosférica**

La presión atmosférica es el peso de la masa de aire por cada unidad de superficie. Por este motivo, la presión suele ser mayor a nivel del mar que en las cumbres de las montañas, aunque no depende únicamente de la altitud.

Las grandes diferencias de presión se pueden percibir con cierta facilidad. Con una presión alta nos sentimos más cansados. Con una presión demasiado baja (por ejemplo, por encima de los 3.000 metros) nos sentimos más ligeros, pero también respiramos con mayor dificultad.

La presión "normal" a nivel del mar es de unos 1.013 milibares y disminuye progresivamente a medida que se asciende. Para medir la presión utilizamos el "barómetro", existen varios modelos, el de uso más común es el anerode.

Se fundamenta en la deformación que la presión atmosférica produce en una cápsula metálica (cobre o berilio), ondulada, elástica y cerrada (Cápsula de Vidi), en la que se ha hecho el vacío casi absoluto, a fin de que la temperatura del aire que contiene no influya en las indicaciones del aparato. El hecho de que la superficie de la cápsula sea ondulada se debe a que de esta manera aumenta la superficie sin afectar su resistencia. En el

interior de la cara ondulada de la cápsula, y para evitar que se aplaste con la presión del aire, se coloca un resorte. Una aguja indicadora señala la presión en un círculo graduado.

(16)

#### **L. Gases (particularmente monóxido y dióxido de carbono entre los tóxicos orgánicos y el Radón entre los radioactivos)**

El monóxido de carbono (CO), es un gas incoloro, insípido, inodoro, parcialmente soluble en agua, muy toxico. Se lo conoce también como Óxido carbónico u Óxido de Carbono.

Si se produce inhalación, por largos periodos, puede tener efectos sobre la sangre, el sistema nervioso central y el sistema cardiovascular dando lugar a anorexia y cambios de comportamiento; puede ser irritante para los ojos; puede tener efectos sobre el comportamiento de los reflejos y el aumento del riesgo de problemas cardiacos.

---

(16) *Geografía Física*, Volumen I. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, 1985.

Se sospecha que tiene efectos en la reproducción tales como problemas neurológicos, bajo peso al nacer, aumento de abortos y lesiones cardíacas congénitas. Además, puede encender por calor, chispas o llamas de color violeta. Según la "US Environmental Protection Agency", si el nivel de concentración excede de las 4000 ppm. (partes por millón) puede ser fatal para el hombre en solo 30 minutos y si es mayor de 5000 ppm, en 6 minutos.

El Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), es un gas incoloro, inodoro. En el aire se encuentra en pequeña proporción. Es moderadamente soluble en el agua formando el ácido carbónico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Su solubilidad aumenta con la presión. Se lo conoce también como: Anhídrido carbónico, gas carbónico, ácido carbónico gaseoso. Se forma en la combustión fuerte del carbono o de sus derivados, especialmente los hidrocarburos.

El  $\text{CO}_2$ , no es combustible, ni comburente, pero puede ser tóxico. Su inhalación, por periodos largo, puede producir vértigo, pérdida de conocimiento y aumento del tono muscular. La sustancia puede tener efectos sobre el nivel de estrés, dando lugar a trastornos emocionales e irritabilidad creciente. Una exposición prolongada o repetida produce aumento del ritmo respiratorio, dolores de cabeza y ligeros trastornos metabólicos.

El Radón (Rn), es una emanación gaseosa producto de la desintegración radiactiva del radio. Es muy radiactivo y se desintegra con la emisión de partículas energéticas alfa. Es el elemento más pesado del grupo de los gases nobles, o inertes, y, por tanto, se caracteriza por su inercia química. Todos sus isótopos son radiactivos con vida media corta.

El radón se presenta en la naturaleza principalmente en la fase gaseosa. Consecuentemente, las personas están principalmente expuestas al radón a través de la respiración de aire.

Los niveles de radón en aguas subterráneas son bastante elevados, pero normalmente el radón es rápidamente liberado al aire tan pronto como las aguas subterráneas entran en las aguas superficiales.

Se sabe que la exposición a altos niveles de radón a través de la respiración provoca enfermedades pulmonares. Cuando se da una exposición a largo plazo el radón aumenta las posibilidades de desarrollar cáncer de pulmón. El radón solo puede ser causa de cáncer después de varios años de exposición.

El radón puede ser radioactivo, pero libera poca radiación gamma. Como resultado, no es probable que se den efectos dañinos por la exposición a radiación de radón sin contacto real con los compuestos de radón, si embargo, la "US Environmental Protection Agency" aconseja medir los niveles de concentración, ya que una exposición a altos niveles y por largo tiempo puede acarrear diversos trastornos.

#### 4.4.2 Flora y fauna subterránea

La Bioespeleología estudia la fauna de las cavernas; la cual está compuesta por Troglófilos, Troglóbios y Troglóscenos.

La gran mayoría de especies Troglóbias son insectos, pero también hay vertebrados (peces y anfibios) cavernícolas que carecen de ojos, de pigmentación y con grandes antenas. En México, país con gran desarrollo espeleológico, se ha descrito casi 300 especies de fauna Troglóbia, las más notables incluyen peces, camarones, tarántulas, cangrejos, escorpiones, ciempiés, milpiés, anguilas, salamandras, gusanos, ácaros, escarabajos, etc.

Dentro del ambiente cavernario se reconocen tres zonas: de penumbra (cercana a la entrada), zona media de completa oscuridad y temperatura variable y, zona profunda de

oscuridad absoluta y temperatura constante. La zona de penumbra tiene la mayor abundancia y diversidad de fauna, en la zona media se encuentran especies que pueden observarse en el exterior y, en la zona profunda, solamente aquella fauna con condiciones especiales de adaptación al hábitat.

Leslie Molerio indica que la flora y fauna subterránea se evalúan, igualmente, en dos direcciones:

Una de ellas es el efecto del uso de la cavidad sobre la biota, que puede conducir a la alteración del equilibrio y la consiguiente emigración o desaparición de especies.

La importación de especies es común, lo que provoca alteraciones del equilibrio y del ciclo biogeoquímico subterráneo. Así mismo, la presencia masiva de visitantes provoca cambios en el microclima hipogeo cuyos efectos, ante todo, se manifiestan en la variación del número y de las especies presentes, sobre todo, en la de hábitos Troglobios, es decir, completamente adaptadas a la vida subterránea.

Es común que en las cavidades iluminadas artificialmente se produzcan fuertes variaciones en la temperatura y la humedad relativa del aire que provoca la rápida

emigración o desaparición de especies. Las luces son, por otro lado, el hábitat de algas y briofitas.

La otra, es el efecto de la biota sobre los visitantes a la caverna, que puede expresarse de modo benigno o sumamente agresivo. En el primer caso, es común el empleo, en algunos países, de cavidades con fines terapéuticos, que incluyen el tratamiento de enfermedades respiratorias, como el asma bronquial o en ciertos tratamientos que impliquen reposo; en el segundo caso, el visitante puede adquirir enfermedades respiratorias provocadas por algunas micosis, algunas de las cuales pueden ser fatales, como la Histoplasmosis, o puede recibir otros gérmenes patógenos e, incluso, adquirir enfermedades como la Rabia.

#### **4.4.3 Estabilidad estática y dinámica de las bóvedas y paredes, así como el equilibrio de los sistemas de bloques**

Dentro de las cavernas de Jumandi se pueden observar, durante la exploración, la presencia de rocas a lo largo del suelo de la caverna que son el resultado de derrumbes ocurridos con el transcurso de los siglos y que, debido a que esta es todavía una caverna viva, o sea en proceso de formación, pueden seguir ocurriendo, lo que presenta un riesgo latente para los visitantes que se encuentren en su interior. El estudio de estabilidad de la

descartará si la Caverna de Jumandi o cualquier otra que sea estudiada representan un riesgo potencial para el tránsito de personas en su interior.

Por razón de la emigración de sólido como consecuencia del transporte de masas que provoca el desarrollo del proceso de carsificación y, en particular, del desarrollo de cavernas, los valores de resistencia mecánica de las rocas disminuyen sensiblemente en comparación con otro tipo de rocas. Este es un hecho bien conocido por los investigadores, proyectistas y constructores.

Las dificultades que se presentan para obtener valores representativos de los índices físicos mecánicos son numerosas y encorren notablemente las investigaciones y la adaptación ingeniera de las cavidades.

La utilización de la Caverna de Jumandi o cualquier otra cavidad con fines turísticos debe satisfacer los requerimientos de seguridad ante catástrofes del tipo de derrumbes y desprendimientos de rocas que puedan poner en riesgo la vida de los turistas y de las obras de adaptación o de servicios construidas bajo tierra.

Con independencia de que se realicen obras de adaptación ingeniera en Jumandi o en sectores de ella, la utilización de la caverna con fines turísticos debe basarse en la adecuada aclaración de los siguientes aspectos:

1. Capacidad de resistencia del piso, techo y paredes ante diferentes cargas estáticas y dinámicas, de acciones prolongadas, instantáneas o inducidas natural o artificialmente.
2. Relación entre la estabilidad de la cavidad y los pilares de roca estructural o de formaciones secundarias.
3. Efectos de los mecanismos de *creeping* y *solifluxión* en la boca de la caverna.
4. Dirección de los eventuales trabajos de reforzamiento y de eventual ampliación artificial de los conductos o de los cambios en su morfología.
5. Definición de los factores de seguridad, razonablemente permisibles, y de los criterios de maximación de los valores de seguridad de la obra.

#### **4.4.4 Régimen y Calidad de las aguas**

Como se explicó anteriormente, la Caverna de Jumandi presenta un curso activo de agua en su interior, que podría representar ciertos peligros para los visitantes (enfermedades, inundaciones), por lo que, según Leslie Molerio, es necesario definir:

1. La aptitud de las aguas para baño.
2. Las probabilidades de ocurrencia de avenidas en el interior de la cueva.
3. Los cambios que las eventuales obras de adaptación en el interior de la cueva o del sistema soporte (senderos, establecimientos, facilidades temporales) pueden promover en el régimen o en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

#### **4.4.5 Utilidad de los Resultados de la Evaluación de Calidad Ambiental**

Una vez efectuada la Evaluación de Calidad Ambiental en la Caverna de Jumandi o en otra cavidad, los resultados de dicha evaluación permitirán:

1. Conocer que tipo de adecuaciones se deben hacer a la cavidad para mejorar la operación turística del lugar.
2. Certificar la calidad del medio ambiente subterráneo de la cavidad que se ofrece al Turismo nacional e internacional.
3. Poseer una evaluación de los riesgos hidrológicos y geológicos del uso de la cavidad y su sistema soporte.
4. Adoptar las medidas adecuadas de manejo y conservación de los recursos naturales y turísticos de la cavidad.
5. Establecer un sistema de monitoreo de la calidad del medio ambiente subterráneo y, en casos, de un sistema de alarma ambiental.
6. Disponer de un paquete de medidas de gestión de riesgos (incluyendo los servicios de rescate y salvamento) y monitoreo ambiental.

7. Implementar un paquete tecnológico, para la eliminación de efectos secundarios no deseados y mejorar la operación de la cavidad turística.

Independientemente al tipo de adecuación a la que la Caverna de Jumandi u otra cavidad sea sometida, esta debe poseer las siguientes características:

- En cuanto sea posible, los trabajos de reestructuración deben ejercer poca interferencia o modificación al ambiente natural y sólo se los debe hacer cuando es necesario asegurar la conservación de la cavidad. Las adecuaciones sólo deben ocurrir si ellas no alteran las características naturales del sitio.
- Estas adecuaciones deben identificarse claramente de una manera u otra, para que no exista ninguna confusión entre el material natural y el introducido.
- Cualquier adecuación al sitio, por ejemplo las sendas para los propósitos de acceso, deben diseñarse y construirse de tal manera que puedan ser retiradas, en su totalidad, rápidamente; permitiendo la completa regeneración de las condiciones naturales.

- Deben conservarse en archivos, detalladamente, cualquier modificación que se practique a una cavidad, para que, en caso necesario, si estas modificaciones deben invertirse, se posea toda la información relacionada a ellas.



**Fig. 13** Cavidad artificialmente iluminada  
Fuente: [www.asidone.org](http://www.asidone.org).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para un efectivo desarrollo del Espeleoturismo en el Ecuador, lo ideal sería, crear una Sociedad Espeleológica Ecuatoriana que lleve a cabo los estudios anteriormente mencionados y que velen por el adecuado desarrollo turístico de las cavidades así como su conservación.
2. En lo concerniente a desarrollo de cavidades turísticas, lo mejor es agregar la mínima cantidad de elementos al entorno natural. En ocasiones suele ser absolutamente necesario instalar una escalera para salvar desniveles, construir escalones en pendientes pronunciadas, o agregar iluminación artificial para destacar alguna formación. En estos casos debe tratarse de que el impacto visual sea bajo y que los materiales utilizados no afecten los ecosistemas subterráneos, en este sentido se recomienda utilizar materiales naturales que puedan hallarse en el lugar. La premisa será respetar al máximo el entorno.

La iluminación artificial es la instalación que mayores cuidados supondrá, dado que introduce luz y calor, lo que modifica las condiciones hipogeas; posibilitando en

ocasiones la fotosíntesis y aumentando la temperatura interior, lo que afecta a la fauna más sensible por lo que:

3. Deberá evaluarse cuidadosamente la potencia a instalar, la distancia de las luces a los espeleotemas y la protección del sistema eléctrico (en muchas cavernas los niveles de humedad están cercanos a la saturación).
4. Los recorridos internos no deber ser largos ya que el turista tiende a sobredimensionar los mismos y debido a que, sin duda, presentan mayor dificultad que un recorrido de igual distancia sobre la superficie. También debe adecuarse al perfil de la demanda. Para minimizar el impacto se recomienda que el tipo de trazado de sendero sea circular o curvilíneo unidireccional (se evita pasar por un mismo punto 2 veces). Siempre la definición del trazado estará condicionada por las características de la caverna, si su desarrollo es principalmente longitudinal será difícil diagramar otro recorrido que no sea bidireccional. El sendero deberá ser primitivo, es decir sin mejoramiento de superficie, y que se adapte a los obstáculos esquivándolos en lo posible y evitando la remoción de material. En sectores con circulación superficial de agua, la superficie del sendero deberá ser antiderrapante para evitar cualquier accidente.

5. Es aconsejable dividir la cavidad en zonas de uso turístico y de uso restringido, para salvaguardar las áreas más sensibles. El manejo de los visitantes, debe ser rigurosamente planificado para alcanzar los objetivos de conservación, a la vez de lograr que los visitantes tengan una experiencia de calidad y puedan satisfacer sus expectativas. Para eso es importante determinar la Capacidad de Carga Turística que los sitios destinados al uso público pueden soportar.

Esta Capacidad de Carga representa el máximo nivel de uso por los visitantes que un área puede mantener. Se la puede definir como la capacidad que posee un ecosistema para mantener sus organismos y factores abióticos mientras mantiene su productividad, adaptabilidad y capacidad de regeneración. Representa el límite de la actividad humana, si éste es excedido el recurso se deteriorará. Entonces esta noción, supone la existencia de límites a los visitantes. Por ello, sirve para la planificación, como herramienta, que permite obtener una aproximación a la intensidad de uso de las áreas destinadas al público ya que sustenta y o modifica decisiones de manejo.

6. Una vez comenzadas las operaciones en la cavidad turística, se debe determinar los lugares donde se va a monitorear los cambios ambientales que se producen durante la actividad y que afectarán al medio cavernícola tanto en las zonas accesibles como en los intangibles.

7. Como el Plan de Manejo debe exigir la recolección de datos de las diferentes variables físicas, químicas y biológicas antes, durante y después de la implementación del mismo; estas deben realizarse en periodos extensos de tiempo de forma de garantizar series históricas que permitan tener valores representativos de las variables y sus tendencias reales de comportamiento ante las visitas. Para controlarlos se instalará un Laboratorio Subterráneo dentro de la caverna elegida y se medirá, en una primera etapa, los siguientes parámetros: temperatura, humedad relativa del aire, erosión de los circuitos a transitar, Radón y Dióxido de Carbono.
  
8. La Temperatura y la Humedad Relativa del Aire se registraran con “Data Loggers”, dentro de los rangos correspondientes, ya que facilitan la medición en periodos extensos.
  
9. Para la estimación de la erosión en las zonas secas se colocaran placas de Petri niveladas y se pesará la cantidad de polvo que se deposite ya que se supone que el polvo “levantado” es parte de la erosión provocada.
  
10. En las zonas húmedas, barrosas, se tomaran fotos a intervalos definidos y por comparación directa en el tiempo se medirá el impacto.

La comparación de los nuevos datos obtenidos versus los antiguos y su relación con el número de visitas, su duración y frecuencia; nos darán las alteraciones ocurridas y que deberán corregirse, limitando y restringiendo las visitas; es decir modificando la capacidad de carga estimada en un principio, ya que estas alteraciones son las que afectarán a la fauna y a la formación de los espeleotemas.

11. El Radón se medirá anualmente para ver su concentración y si esta varía, el Dióxido de Carbono se medirá, en un principio, antes y después de cada visita para comprobar si se afecta la calidad del aire.

Los impactos pueden ser independientes unos de otros, pero mas allá de esto, hay una compleja relación en cuanto a la cantidad de visitantes, duración de las visitas y la frecuencia de las mismas, con el resultado del impacto total sobre este medio. Entonces, monitorear e interpretar los indicadores de las condiciones ambientales, existentes y futuras, darán datos para alimentar modelos probabilísticos que alerten de los riesgos al ambiente.

12. Utilizar este ecosistema de acorde con su capacidad de carga asegurará su conservación. Con un manejo adecuado y estrategias de desarrollo sustentable, los recursos disponibles para el Espeleoturismo pueden ser visitados, siempre

bajo una planificación y gestión de manejo acorde, que evite los riesgos asociados a un desarrollo insostenible, en general causados directa o indirectamente, por la actividad humana.

13. Ya que el Espeleoturismo se viene presentando como alternativa para visitar algunas áreas ecológicamente sensibles, debe alentarse a la población local a que asuma funciones de liderazgo en la planificación de esta actividad tanto sea con la asistencia del gobierno, la iniciativa privada y el apoyo técnico- científico de los distintos organismos que dispone el país. De esa forma las comunidades del lugar quedaran integrados en el desarrollo de su región ya que la sostenibilidad del turismo satisface las necesidades de los visitantes actuales y las de la comunidad (no solo de los operadores) que los recibe en tanto que protege y enriquece los aspectos ecológicos y culturales del atractivo turístico para el futuro. Estudios recientes han demostrado que son cada vez más los viajeros interesados en ver y hacer más y que están dispuestos a permanecer más tiempo y a gastar más dinero en zonas donde se da importancia a la cultura y al ambiente.

14. La formación de guías de espeleoturismo, que también actuaran de monitores ambientales, deberá hacerse bajo el contexto de que ellos serán multiplicadores del mensaje conservacionista que le debe quedar al visitante. Entonces el

componente de Educación Ambiental es primordial para que la interpretación de los fenómenos y la vulnerabilidad de estos ecosistemas subterráneos sean comprendidas. Para ello se pueden preparar a los guías desde la educación no formal enfatizando los aspectos formativos que tiene el Turismo Cultural y el de Naturaleza o Ecoturismo para que el visitante, gracias a la interpretación de los valores regionales, participe en su educación ambiental además de la experiencia recreativa. Esto se puede lograr con convenios marco de cooperación mutua entre los organismos que deben participar en los proyectos de desarrollo y que con la realización de talleres participativos de evaluación y debate se irán viendo los resultados que se conseguirán de acuerdo a los planes consensuados.

## GLOSARIO

**Aerofobia.-** Temor al aire.

**Alóctonos.-** 1) Material que se ha formado o introducido en otro sitio distinto del que ocupa cuando ha sido encontrado. 2) Fragmentos rocosos que han sido expulsados de un cráter durante su formación y que caen de nuevo dentro del cráter rellenándolo parcialmente o cubren sus laderas exteriores después del impacto.

**Artropofauna.-** Fauna perteneciente al grupo de los artrópodos.

**Asintomático.-** Que no presenta síntomas.

**Avenamiento.-** Proceso geomorfológico que consiste en la evacuación de aguas de un río en su cuenca.

**Bioespeleología.-** Rama de la Espeleología que estudia las formas de vida cavernaria.

**Briofita.-** Plantas criptógama que carece de vasos y raíces, haciendo las veces de estas últimas unos filamentos.

**Burseráceas.-** Plantas angiospermas dicotiledóneas que destilan resina y bálsamos.

Familia de plantas.

**Camping.-** Voz inglesa, acción de acampar.

**Canyoning.-** Voz inglesa, actividad dedicada a la exploración de cañones.

**Cartografía.-** Arte y técnica que, con ayuda de las ciencias geográficas, y sus afines tienen por objeto la elaboración de mapas.

**Caverna.-** Aquella cavidad cuyas galerías y salones poseen más de un kilómetro de largo y no exceden los diez kilómetros.

**Cefalea.-** Dolor de cabeza.

**Coloide.-** Cuerpo que al disgregarse en un líquido aparece como disuelto por la extrema pequeñez de sus partículas; pero se diferencia del verdaderamente disuelto, en que no se difunde con su disolvente, si tiene que atravesar ciertas laminas porosas.

**Columna.-** Unión de una estalactita y una estalagmita.

**Creeping.-** Proceso gravitacional que implica al movimiento descendente gradual del suelo.

**Cueva.-** Caverna más o menos extensa, formada por varios salones y galerías hasta un largo total que no exceda de un kilómetro.

**Ecolocación.-** Sistema de localización y navegación por eco.

**Ecosistema.-** Conjunto de organismos vivos y sustancias inertes que actúan recíprocamente intercambiando sustancias.

**Edáfico.-** Perteneciente o relativo al suelo, especialmente en lo que respecta a la vida de las plantas.

**Electrolito.-** Cuerpo que se somete a la descomposición por la electricidad.

**Endovenosa.-** Intravenoso, dentro de la vena.

**Epigeo.-** Planta o parte de ella que aparece sobre la tierra. Relativo a sobre la superficie.

**Estalactita.-** Forma Secundaria o Espeleotema que cuelga del techo de una cavidad a manera de columna.

**Estalagmita.-** Forma Secundaria o Espeleotema que reposa en el suelo de una cavidad a manera de columna.

**Estratigrafía.-** Parte de la geología, que estudia la disposición y caracteres de las rocas estratificadas.

**Espeleotemas.-** Un Espeleotema es un depósito de minerales que se forman tras apertura de una cueva, gruta o caverna, generalmente en terrenos Cársicos.

**Etología.-** Rama de la biología que estudia el comportamiento animal en relación con el medio ambiente.

**Excéntrica.-** Formaciones secundarias que pueden crecer en el techo, paredes y suelo de la cavidad, su crecimiento se desarrolla en espiral cerrándose en círculos, formando las mas variadas figuras; el nombre proviene del vocablo griego *helic* que significa espiral.

**Fisiología.-** Ciencia que tiene por objeto el estudio de las funciones de los organismos vivientes.

**Fósil.-** Sustancia de origen orgánico más o menos petrificada, que pertenece a una era geológica pasada.

**Gours.-** Piscinas naturales en la piedra colada. Se forman donde el agua tiende a fluir en película por una pendiente del piso cavernario. Por lo general los Gours, son barreras naturales dentro de las cavernas y pueden llegar a poseer alturas que van desde unos cuantos centímetros hasta varios metros.

**Guano.-** Excremento de ciertos animales.

**Hepatoesplenomegalia.-** Aumento del volumen del hígado y el bazo. Hinchazón

**Hipogeo.-** Parte de la planta que se encuentra debajo de la superficie. Relativo a lo subterráneo.

**Intersticial.-** Dícese de lo que ocupa espacios pequeños entre dos cuerpos o entre dos partes del mismo cuerpo.

**Lapiaz.-** Un Lapiaz o Lenar, es un surco u oquedad de dimensiones pequeñas o medianas, separado por tabiques o paredes de roca en algunos casos agudos.

**Laurácea.-** Plantas dicotiledóneas de hojas alternas y a veces opuestas, coriáceas persistentes y sin estipulas, con flores hermafroditas o dioicas por aborto y dispuestas en umbela o panoja, y por frutos bayas o drupas de una sola semilla si albumen.

**Limo.** - Lodo o lógamo.

**Metabolismo.** - Conjunto de reacciones químicas a que son sometidas las sustancias ingeridas o absorbidas por los seres vivos hasta que suministran energía o hasta que pasan a formar parte de la propia arquitectura estructural.

**Micosis.-** Infección producida por hongos.

**Microftalmia.-** Patológicamente, ojo(s) muy pequeño(s) desde el nacimiento. Por lo general, es un defecto de nacimiento.

**Milibar.-** Unidad de presión usada en meteorología.

**Paletas.-** Formaciones Parietales que toman su nombre debido a su parecido con las paletas de los pintores, forman como discos circulares adosados a las paredes de la

cavidad por una de sus partes, quedando el resto en el aire, casi siempre toman posición horizontal pero las hay también verticales e inclinadas.

**Patógenos.-** Elementos y medios que originan y desarrollan las enfermedades.

**Petroglifo.-** Dibujo tallado en la roca.

**Pictografía.-** Escritura ideográfica que consiste en dibujar toscamente los objetos que han de explicarse con palabras.

**Pigmentación.-** Producción o acumulación de diversos pigmentos en el cuerpo o en algunas de sus partes; puede ser normal o patológica.

**Pleiotropismo.-** Condición en la cual la mutación en un solo gen afecta a múltiples características fenotípicas.

**Prodrómico.-** Malestares que preceden a una enfermedad.

**Protón.-** Partícula elemental del núcleo atómico, cuya carga positiva es igual y opuesta a la del electrón y cuya masa es 1836 veces mayor que la de aquél.

**Quirópteros.-** Mamíferos que vuelan con alas formadas de extensa membrana que tiene entre los dedos; como el murciélago.

**Rafting.-** Voz inglesa. Navegación en “Rápidos” con balsas de caucho.

**Rappelling.-** Voz inglesa. Acción de descender utilizando cuerdas.

**Regolito.-** Conjunto de materiales producto directo de la meteorización de un sustrato. Se trata de un conjunto de materiales relativamente homogéneo, formado por los fragmentos de la roca original, y de minerales neoformados durante el proceso (arcillas, carbonatos).

**Rupestre.-** Realizado en piedra

**Sedimentos.-** Materia que, estando suspendida en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad.

**Serología.-** Tratado de los suelos.

**Sima.-** Una sima es una cavidad que se abre al exterior mediante un pozo vertical o en pendiente pronunciada, originada por un proceso erosivo kárstico o derrumbe del techo de una cavidad por el que el agua se filtra a niveles inferiores.

**Soliflucción.-** Forma de reptación en la cual el material no consolidado y saturado de agua se mueve lentamente pendiente abajo.

**Sustrato.-** Capa geológica debajo de otra superpuesta.

**Tegumento.-** Capa o tejido que cubre algunas partes de las plantas. Membrana que cubre el cuerpo del animal o uno de sus órganos.

**Torcas.-** Depresión circular de un terreno con bordes escarpados. Normalmente corresponde al hundimiento del terreno en un lugar donde corrientes de agua subterráneas han escarbado una gruta u oquedad interna que se desploma a continuación.

**Zoonosis.-** Enfermedad propia de los animales, que a veces se comunica a las personas.

# **ANEXOS**

## ANEXO A

## MAPA DE LAS CAVERNAS DE JUMANDI

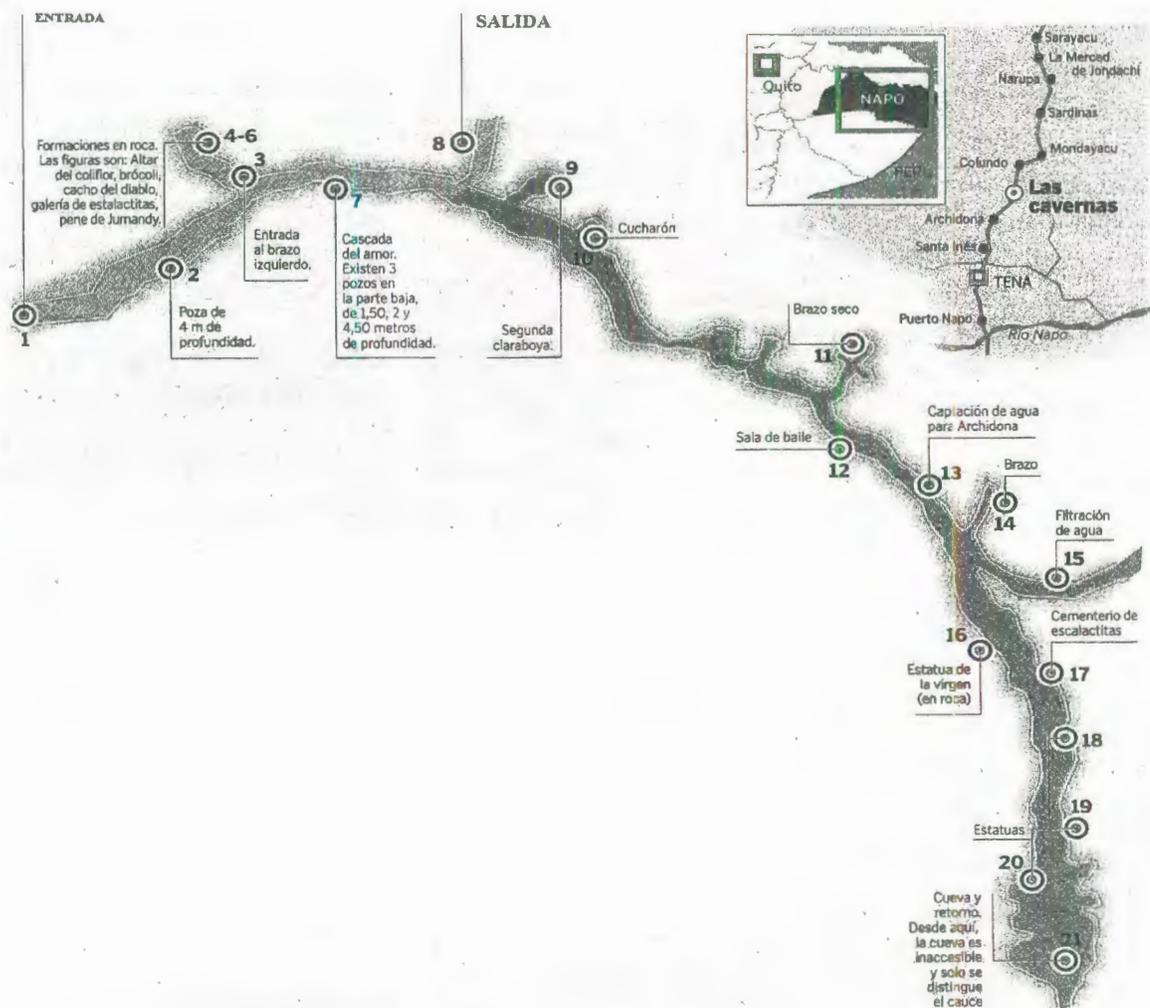


Fig. 14 Mapa de las Cavernas de Jumandi  
Fuente: Diario el Universo, La Revista

## ANEXO B

### ESTABLECIMIENTO DE NIVELES DE DIFICULTAD Y ACTITUD

Conceptos básicos:

**CAVIDAD TOTALMENTE HORIZONTAL:** Son aquellas en las que no se precisan ningún tipo de material de progresión vertical como cuerdas, arneses, etc.

**CAVIDAD HORIZONTAL:** Son aquellas en las que la progresión se realiza fundamentalmente a pie sin utilizar cuerdas, pero estas pueden ser necesarias en algunos puntos, generalmente de corta longitud.

**CAVIDAD VERTICAL:** Son aquellas en las que una gran parte de su recorrido se realiza por pozos verticales en los que se precisa el uso de cuerdas.

**TRAVESÍAS:** Cuando 2 o mas cavidades se encuentran unidas entre si, es posible entrar por una de ellas y salir por otra. En la mayoría de los casos se trata de entrar por una cavidad vertical y salir por una horizontal.

**NIVEL DE GRUPO:** Es el nivel técnico y de experiencia, mínimo que debe de tener todo el grupo que accede a una cavidad de una determinada dificultad.

**NIVEL DE LÍDER:** En todo equipo que realiza una actividad, hay una persona o varias, que lideran el grupo por su experiencia y conocimientos. Para muchas actividades basta con que alguno de los miembros del grupo, tenga un nivel más alto, aunque el resto solo tenga el Nivel de Grupo.

Existe un factor influyente en la dificultad de una actividad, que es la existencia de cursos de agua y aguas profundas. Este factor se añade al nivel de la cavidad y se lo clasifica en dos categorías A y B:

CAVIDAD	NIVEL DE GRUPO	NIVEL DE LÍDER
Cursos de agua activos presentes en la zona a visitar, SIN aguas profundas y sin riesgo de sifonarse	Conoce los peligros de los cursos de agua en cavidades.	Tiene experiencia en cavidades acuáticas de nivel similar al de la visita. Es especialmente consciente de los riesgos de crecidas e Hipotermia. Conoce las previsiones metereológicas.

**Cuadro I: Categoría A de Dificultad**  
Fuente: Fuente Bibliográfica N. 12

CAVIDAD	NIVEL DE GRUPO	NIVEL DE LÍDER
Cursos de agua activos presentes en la zona a visitar, CON aguas profundas y/o riesgo de sifonarse	<p>Conoce los peligros de los cursos de agua en cavidades.</p> <p>Dispone de material de vadeo de agua (ponto, neopreno, bote).</p> <p>Sabe usar el material de vadeo.</p> <p>Conoce los riesgos de hipotermia en el agua</p>	<p>Tiene experiencia en cavidades acuáticas de nivel similar al de la visita.</p> <p>Ha utilizado botes neumáticos y neoprenos con anterioridad.</p> <p>Es especialmente consciente de los riesgos de crecidas e Hipotermia.</p> <p>Conoce las previsiones metereológicas.</p>

**Cuadro II: Categoría B de Dificultad**  
Fuente: Fuente Bibliográfica N. 12

CAVIDAD	NIVEL DE GRUPO	NIVEL DE LÍDER
<p>Cavidad totalmente horizontal</p> <p>Sin curso de agua activo en la zona a visitar</p> <p>Duración estimada de la visita inferior a 6 horas</p>	<p>Dispone de iluminación mixta y casco.</p> <p>Conoce el mantenimiento de la iluminación y sabe solucionar averías sencillas.</p> <p>Ha visitado cavidades NO turísticas con anterioridad.</p> <p>Conoce los peligros de los terrenos deslizantes y bloques inestables</p>	<p>Ha guiado grupos en cavidades con anterioridad.</p> <p>Sabe orientarse en una cueva.</p> <p>Sabe leer una topografía.</p> <p>Dispone de topografía de la cavidad o la conoce.</p>

**Cuadro III: Nivel de Dificultad 1**  
Fuente: Fuente Bibliográfica N. 12

CAVIDAD	NIVEL DE GRUPO	NIVEL DE LÍDER
<p>Cavidad horizontal</p> <p>Duración estimada de la visita inferior a 8 horas</p>	<p>Dispone de iluminación mixta y casco.</p> <p>Conoce el mantenimiento de la iluminación y sabe solucionar averías sencillas.</p> <p>Ha visitado cavidades NO turísticas con anterioridad.</p> <p>Conoce los peligros de los terrenos deslizantes y bloques inestables.</p> <p>Dispone de material de progresión vertical completo y adecuado a las dificultades.</p> <p>Ha realizado prácticas de ascenso y descenso en cuerda con paso de fraccionamientos y nudos.</p> <p>Ha superado verticales de al menos 40 m. de desnivel.</p> <p>Ha realizado prácticas de paso de pasamanos.</p>	<p>Ha guiado grupos en cavidades con anterioridad.</p> <p>Sabe orientarse en una cueva.</p> <p>Sabe leer una topografía.</p> <p>Dispone de topografía de la cavidad o la conoce.</p>

**Cuadro IV: Nivel de Dificultad 2**  
**Fuente: Fuente Bibliográfica N. 12**

CAVIDAD	NIVEL DE GRUPO	NIVEL DE LÍDER
Cavidad Vertical Duración estimada de la visita inferior a 12 horas. Desnivel de la cavidad superior a 200 m.	Dispone de iluminación mixta y casco. Conoce el mantenimiento de la iluminación y sabe solucionar averías sencillas. Ha visitado cavidades NO turísticas con anterioridad. Conoce los peligros de los terrenos deslizantes y bloques inestables. Dispone de material de progresión vertical completo y adecuado a las dificultades. Ha realizado prácticas de ascenso y descenso en cuerda con paso de fraccionamientos y nudos. Ha superado verticales de al menos 100 m. de desnivel. Ha realizado prácticas de paso de pasamanos. Tiene experiencia en otras cavidades verticales Conoce los peligros de la caída de piedras en pozos.	Ha guiado grupos en cavidades con anterioridad. Sabe orientarse en una cueva. Sabe leer una topografía. Dispone de topografía de la cavidad o la conoce. Tiene experiencia en equipar verticales con técnica de solo cuerda. Sabe utilizar una ficha de instalación Dispone del material necesario y en cantidad suficiente

**Cuadro V: Nivel de Dificultad 3**  
**Fuente: Fuente Bibliográfica N. 12**

CAVIDAD	NIVEL DE GRUPO	NIVEL DE LÍDER
<p>Travesía Duración estimada de la visita inferior a 12 horas Desnivel mayor de 200 m.</p>	<p>Dispone de iluminación mixta y casco. Conoce el mantenimiento de la iluminación y sabe solucionar averías sencillas. Ha visitado cavidades NO turísticas con anterioridad. Conoce los peligros de los terrenos deslizantes y bloques inestables. Dispone de material de progresión vertical completo y adecuado a las dificultades. Ha realizado prácticas de ascenso y descenso en cuerda con paso de fraccionamientos y nudos. Ha superado verticales de al menos 100 m. de desnivel. Ha realizado prácticas de paso de pasamanos. Tiene experiencia en otras cavidades verticales Conoce los peligros de la caída de piedras en pozos. Conoce la técnica de cuerda doble</p>	<p>Ha guiado grupos en cavidades con anterioridad. Sabe orientarse en una cueva. Sabe leer una topografía. Dispone de topografía de la cavidad o la conoce. Tiene experiencia en equipar verticales con técnica de solo cuerda. Sabe utilizar una ficha de instalación Dispone del material necesario y en cantidad suficiente.</p>

**Cuadro VI: Nivel de Dificultad 4**  
**Fuente: Fuente Bibliográfica N. 12**

CAVIDAD	NIVEL DE GRUPO	NIVEL DE LÍDER
<p>Travesía o gran vertical o gran cavidad  Duración estimada de la visita superior a 12 horas  Desnivel mayor de 400 m.  Todo tipo de obstáculos</p>	<p>Dispone de iluminación mixta y casco.  Conoce el mantenimiento de la iluminación y sabe solucionar averías sencillas.  Ha visitado cavidades NO turísticas con anterioridad.  Conoce los peligros de los terrenos deslizantes y bloques inestables.  Dispone de material de progresión vertical completo y adecuado a las dificultades.  Ha realizado prácticas de ascenso y descenso en cuerda con paso de fraccionamientos y nudos.  Ha superado verticales de al menos 100 m. de desnivel.  Ha realizado prácticas de paso de pasamanos.  Tiene experiencia en otras cavidades verticales  Conoce los peligros de la caída de piedras en pozos.  Conoce la técnica de cuerda doble. Tiene una buena forma física. Lleva más de 2 años practicando activamente la espeleología.  Sabe orientarse en cavidades  Sabe utilizar la topografía  Sabe equipar verticales con técnica de solo cuerda.</p>	<p>Ha guiado grupos en cavidades con anterioridad.  Sabe orientarse en una cueva.  Sabe leer una topografía.  Dispone de topografía de la cavidad o la conoce.  Tiene experiencia en equipar verticales con técnica de solo cuerda.  Sabe utilizar una ficha de instalación  Dispone del material necesario y en cantidad suficiente.  Tiene experiencia en grandes cavidades.  Está en buena forma física.  Conoce las capacidades físicas de los miembros de su grupo</p>

**Cuadro VII: Nivel de Dificultad 5**  
**Fuente: Fuente Bibliográfica N. 12**

## ANEXO C

### TÉCNICA DE SALVAMENTO

Los espeleólogos que han participado en labores de socorro en una cavidad, conocen muy bien la dureza y dificultad de mover una camilla por las rampas de fuerte pendiente, donde la fuerza física es la "técnica" más usada. Estas rampas, a menudo llenas de barro, agujeros y otras trampas, que provocan caídas de los socorristas y ponen en peligro la integridad del herido, también dejan mermadas las fuerzas del personal del socorro, probablemente mucho más que otras dificultades, en teoría más complejas. Si a esto le unimos la particularidad de que la rampa se encuentre en la cabecera de un pozo, entonces las operaciones se complican mucho, siendo necesario que desciendan varios hombres hasta el borde del pozo, en condiciones penosas de trabajo, con un mayor riesgo.

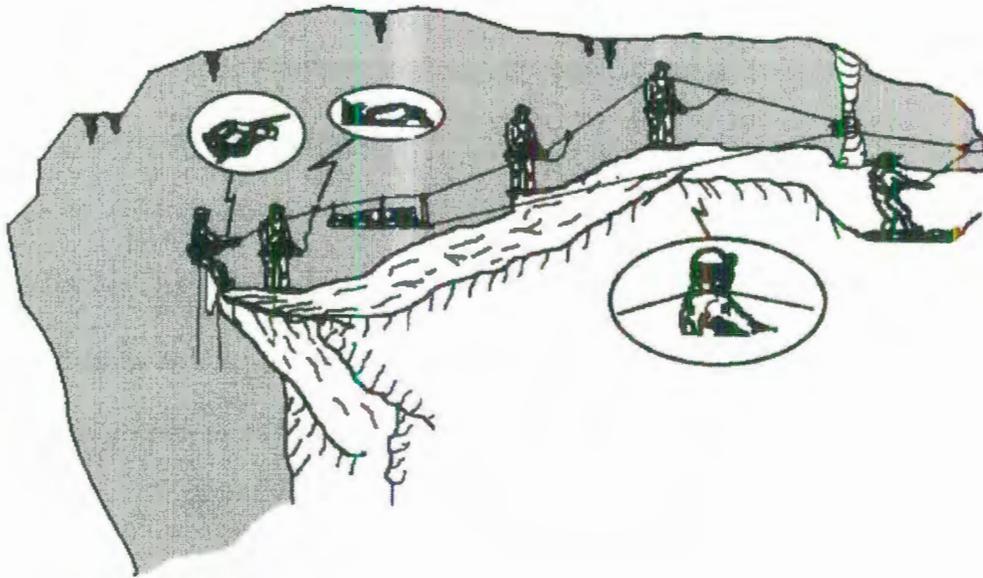
#### **Descripción de la técnica**

Para resolver los problemas, arriba mencionados, que presentan las rampas, se ha desarrollado una técnica que se denomina "Técnica de Rampas con Hombre Estribo",

que permite mover la camilla en este tipo de terreno con facilidad, comodidad y sin riesgo. Esta técnica ha sido probada con éxito en diversas ocasiones,

El concepto básico consiste en superar estas rampas mediante una cuerda de soporte sobre la que circula la camilla mediante poleas, como una tirolina normal. El extremo superior de la cuerda se fija a los anclajes, mientras en el extremo inferior es un hombre el que hace las funciones de anclaje.

El Hombre Estribo fija la cuerda soporte a su rapelador, colgándose de ella, y adoptando un ángulo de inclinación hacia su espalda que evite sea arrastrado por el peso de la camilla. La cuerda así dispuesta queda muy cerca del suelo, por lo que al colocar la camilla ésta puede rozar la tierra; para evitarlo se emplean Hombres Poste, es decir, se sitúan delante, detrás, y donde sea necesario, espeleólogos que eleven la cuerda soporte, colgándosela del arnés, o situándola encima del hombro, cosa que no tiene inconveniente, puesto que esta cuerda esta fija y no corre.



**Fig. 15 Montaje de cuerdas**  
**Fuente: Fuente Bibliográfica N. 1**

Estos hombres se aseguran a la cuerda con sus puños, pudiendo reasegurarse a la cuerda tractora con la boga de anclaje. Se debe recordar que en general, será posible encontrar posiciones en las que estos hombres se sitúen de pie sin necesidad de colgarse de la cuerda. La ubicación de este personal dependerá de cada caso y fundamentalmente de la pendiente de la rampa; pero en general serán necesarios un hombre detrás de la camilla, otro en los escalones que la rampa pueda tener, y quizás otro más en la cabecera de la cuerda, si esta no se encuentra situada bastante alta. De cualquier forma, estos hombres

pueden en muchos casos moverse, ascendiendo con la camilla, sin necesidad de abandonar su función, o mediante una pequeña parada, que se hace pasando la camilla en el suelo sujeta por la cuerda soporte.

El arrastre de la camilla se hace mediante una polea más un bloqueador, que generalmente es suficiente para moverla; con dos hombres que traccionen es suficiente, pero si fuera preciso se utiliza más personal.

Como cuerda soporte se puede usar en muchos casos las existentes en la instalación, ya que en la mayoría de estos lugares existen instalaciones. Se debe comprobar el estado de esta instalación, aunque el montaje no ejerce grandes tensiones sobre el material, al ser muy dinámico y la mayoría de los pesos se descargan sobre el suelo.

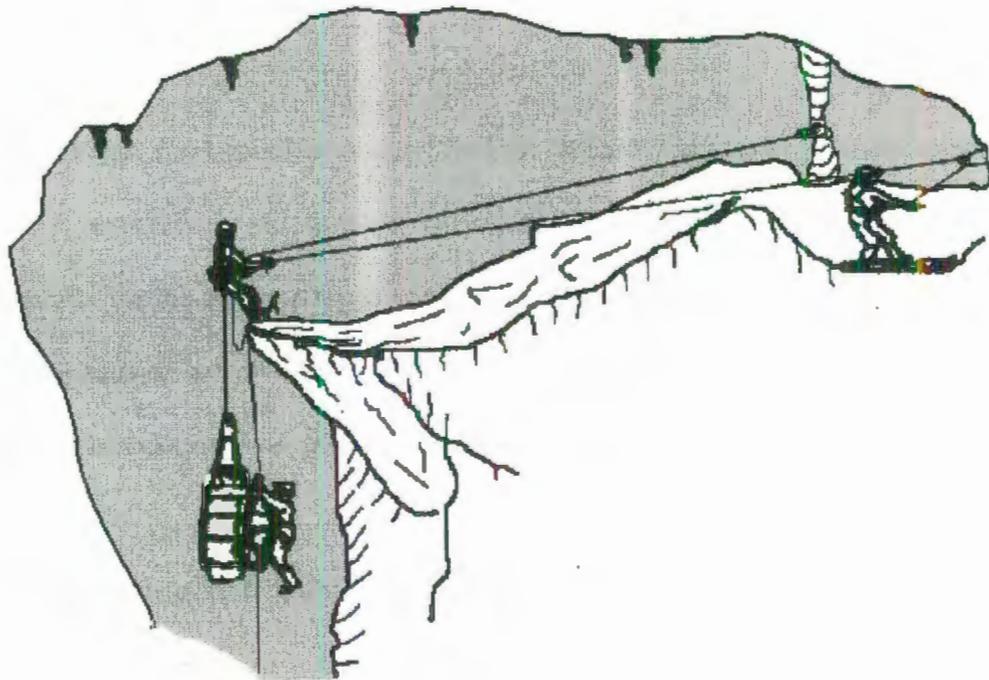
Para el montaje de la cabecera se pueden dar varios casos:

Si se dispone de instalación, sólo será necesario reforzarla y buscar un emplazamiento para la tracción, que puede estar más alejado.

Si se actúa como equipo de instalación sin transportar al herido, se tiene tiempo, por lo que se clavará nuevos anclajes lo más altos posibles, para que la camilla esté más alejada



del suelo. Finalmente, si se actúa como equipo de porteo de camilla, no se debe perder mucho tiempo en rebasar una rampa (al contrario que en el caso de un pozo, donde es necesario clavar de todas formas). Para montar esta técnica sin perder mucho tiempo clavando la cabecera, se puede buscar anclajes naturales, aunque estén alejados de la cabecera, situando en ese punto un hombre poste que eleve la cuerda lo necesario.



**Fig. 16 Rescate de Herido.**  
**Fuente: Fuente Bibliográfica N. 1**

En cuanto al Hombre Estribo, aunque parezca un trabajo muy duro, no lo es tanto, soportándose con facilidad. Es aconsejable utilizar un hombre de envergadura para este trabajo; en el caso del pozo-rampa será el mismo que hace de Hombre Polea normalmente.

Respecto a los descensos, esta técnica es igualmente válida, con sólo cambiar el sistema de tracción por uno de retención.

Esta técnica una vez conocida es muy fácil de realizar, sin que el personal necesite una instrucción específica, su montaje es rápido y con los elementos que se llevan normalmente en las tareas de socorro. Es necesario tener en cuenta que una pequeña pérdida de tiempo en el montaje de este dispositivo no es importante, mientras que ahorrar las fuerzas que estas rampas consumen a raudales sí que lo es.

### **Ejemplo de secuencia de trabajo en pozo-rampa**

Para este ejemplo se imaginará que se tiene un pozo con una rampa con fuerte inclinación en su cabecera. Por dicho pozo discurre una instalación que como es lógico tendrá un fraccionamiento en el borde del pozo. La rampa tiene un escalón de un metro

en su mitad. Suponiendo que el equipo de transporte es el encargado de realizar el montaje, sin que estuviera hecho por otro personal del socorro.

La secuencia de trabajo sería la siguiente:

1. Cuando la camilla llega a la base del pozo, todo el personal asciende por las cuerdas, salvo los que permanecen para fijar la camilla, el médico, o quién sea necesario.
2. Se revisa la instalación comprobando su buen estado, se ubica el anclaje de tracción y el de seguro si es preciso. Finalmente se despliegan las cuerdas que se fijan a la camilla y a los bloqueadores.
3. El Hombre Polea desciende por la cuerda de instalación hasta su posición habitual, permaneciendo colgado de la cuerda en el borde. También desciende a este punto un acompañante que le ayuda a mover la camilla y después hará de Hombre Poste detrás de la camilla; quedará fijado con el puño a la cuerda.

4. Comienza el ascenso de la camilla hasta el borde del pozo, donde los dos hombres allí situados la colocarán posada sobre el comienzo de la rampa, sujeta por la cuerda tractora y de seguro.

5. Se colocan poleas en los soportes de la camilla, pasándolas por la cuerda que hará de soporte, situándose los dos espeleólogos detrás de la camilla, y estando el hombre que hizo de polea colgado de su rapelador, pero sin ejercer tensión.

6. Dos hombres descienden, situándose un en el escalón de la rampa, con la cuerda soporte colgada del arnés por un mosquetón. El otro se sitúa en la misma cabecera con la cuerda soporte apoyada sobre el hombro, que se puede proteger con una saca vacía o un guante doblado.

7. Una vez listo todo el montaje, el Hombre Estribo comienza a tensar la cuerda, cargando su peso hacia atrás, al mismo tiempo que su ayudante levanta la cabeza de la camilla, hasta que este queda suspendida, y sujeta por la tracción.

8. El ayudante se coloca debajo de la camilla y con la cuerda soporte sobre el hombro, convirtiéndose en un Hombre poste del sistema.

9. La camilla ya puede ser desplazada sin que roce en el suelo. Al llegar al escalón el hombre allí situado se desplaza junto a la camilla, hasta llegar a la cabecera, o bien se puede posar la camilla en el suelo y situarse detrás de ella, para continuar el ascenso.

10. Finalmente la camilla llega a la cabecera donde es recogida por el resto del personal y colocada en un lugar seguro, mientras todo el mundo se reagrupa.

## ANEXO D

<b>IDENTIFICACIÓN DE LA CAVIDAD</b>					
Atractivo o recurso	Área	Mapa	Coordenadas	Foto	Código
Categoría	Tipo	Subtipo1	Subtipo2	Jerarquía	
Ubicación o Localización:					
Organismo responsable: Publico Privado					
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA CAVIDAD</b>					
Descripción:					
Especificidad:					
Accesibilidad Relación Espacio/Tiempo (proximidad centro emisor de demanda)					
Excelente: <input type="checkbox"/>	Buena: <input type="checkbox"/>	Mala: <input type="checkbox"/>	Muy Mala: <input type="checkbox"/>		
Infraestructura Turística					
Señalización: Excelente <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala <input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/>					
Servicio de información: Excelente <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala <input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/>					
Equipamiento y servicios: Excelente <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala <input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/>					
Alojamiento e infraestructura en general (si existe especificar)					
Actividades complementarias					
Grado de Planificación (si existe)					
Excelente <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/>					
<b>VALORACIÓN DE LA CAVIDAD</b>					
Características deseables					
Conflictos de uso:					
Relación con otros recurso					
<b>OBSERVACIONES</b>					

**Cuadro VIII: Ficha para Inventario**  
**Fuente: Fuente Bibliográfica N. 15**

## BIBLIOGRAFÍA

1. *Boletín Cantabro de Espeleología*. Federación Cantabra de Espeleología. Editorial Desnivel. España 2003.
2. *Cuevas y Carsos*. Sociedad Espeleológica de Cuba. Editorial Militar. La Habana, 1984.
3. *Diccionario de la Lengua Española*. Grupo Editorial Océano. México, 1988.
4. *Geografía Física, Volumen I*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, 1985.
5. *Guía de Emergencia en Espeleología*. Editorial Gobierno Vasco. País Vasco 1995.
6. *Caving Basics: a Comprehensive Manual for Beginning Cavers, New Revised Edition*. Hassemer, Jerry & Tom Rea (editores), Illustrated by Photographs and Drawings. Huntsville, Alabama, U.S.A.: National Speleological Society, Incorporated, 1987.

7. Allemand, Jorgelina; Torres Guevara, Analía; Loyza, Lorena; Antonietti, Florencia; Fresina, Mirta; Carabelli, Luís; Lipps, Enrique: "*Diagnóstico Ambiental y Conservación de las Cavernas de Rodeo, San Juan*". Sociedad Argentina de Espeleología, IV Congreso Nacional Ambiental 2003. San Juan. 15 y 16 de Octubre de 2003.
8. Belles, X. "Fauna Cavernícola e Intersticial de la Península Ibérica y Las Islas Baleares. Mallorca, 1987.
9. Benedetto, Carlos: *El Plan de Manejo de Caverna de las Brujas, Comentarios Críticos y Aportes*, Instituto Argentino de Investigaciones Espeleológicas. Malargüe – Mendoza. Febrero 2002.
10. Claristianini, Camila: *Como se livrar dos males que atingem os aventureiros* [www.zone.com.br](http://www.zone.com.br). Marzo 22 - 2005.
11. Fernández, Telmo: *Medicina Tropical*. II Edición. Universidad de Guayaquil. 1998 Guayaquil – Ecuador.

12. Galán, Carlos: "*Características del Ambiente Hipogeo*" Federación Espeleológica de América Latina y Del Caribe, A.C. (FEALC). Boletín Informativo de la Comisión de Geoespeleología. No. 48, Junio 2004.
13. García Fuente, Ángel: *Establecimiento de Niveles de Dificultad y Actitud*. [Http://www.aer-espeleo.com](http://www.aer-espeleo.com). Marzo 23 - 2003.
14. García Ortiz, Carlos: *La Espeleología y sus lesiones*. [Http://www.aer-espeleo.com](http://www.aer-espeleo.com). Abril 28 del 2003.
15. Grassi, Lorenzo: *Espeleología*, Editorial Grijalbo. Primera Edición. Madrid 2000.
16. Gunter, Roth: *Metereología*, Editorial Omega, I Edición. Barcelona 2003.
17. Halliday, William: *American Caves and Caving: Techniques, Pleasures and Safeguards of Modern Cave Explorations*. Harper & Row. New York, 1974.
18. Harrison: *Principios de medicina interna*. 15ava. Edición. Interamericana España, 1992.

19. Juberthie C. & Decu V. "*Enciclopedia Biospeologica II*. Société de Biospéologie. 1998.
20. López Olivares, Diego: *La Ordenación y Planificación Integrada de los Recursos Territoriales Turísticos*. Publicación de la Universidad Jaume I, Castello de La Plana, 1998.
21. López Ranz, Maria del Mar; Equipo Cultural: *Ciencias Naturales*. Enciclopedia Autodidacta 2000. Editorial Cultural S.A. España 2000.
22. López Zavala, Iraís: "*Biología de Murciélagos*". Taller Biología de Suelo y Cuevas. Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, Dpto. de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM. México, 04510, 1996.
23. Marbach, George: *Técnicas de Espeleología Alpina*. Editorial Desnivel. Madrid 2003.
24. Molerio – León, Leslie: "*Calidad Ambiental de Cuevas Turísticas*". Revista: Se Puede. Pág. 22 – 26, La Habana. Cuba, 26 Julio – Diciembre 2002.

25. Moore, George - Sullivan, Nicholas: *Speleology: The Study of Caves*. Nashville. Tennessee. USA. 1981.
26. Paci, Paolo: *Curso Básico de Alpinismo*. Editorial De Vecchi S.A. Barcelona, España 1993.
27. Tobruk y Lutgens: *Ciencias de la Tierra, Introducción a la Geología Física*. VI Edición, Editorial Isabel C. España 2000.
28. Torres Guevara; Allemand, J; Loyza, L; Federiconi G; Antonietti F; Howard G; Lipps E: "*Monitoreo Ambiental en Cavernas de Cuchillo Curá, Las Lajas Neuquen. Propuesta para la Determinación de la Capacidad de Carga Turística*". Sociedad Argentina de Espeleología. Universidad Católica de Salta. Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia". VI Congreso SETAC Latinoamericano: "Salud Ambiental y Humana: Una Visión Holística". 20 - 23 de Octubre de 2003. Buenos Aires, Argentina.
29. Wiseman, Jhon: *Manual de Supervivencia*. Título original: The SAS Survival Handbook. Editorial Acanto S.A. Barcelona, España 2002.