

MUSEO Y CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ALTAMIRA

MONOGRAFÍAS Nº 17

# HOMENAJE

AL

Dr. JOAQUÍN GONZÁLEZ ECHEGARAY

Editor: José A. Lasheras



**MINISTERIO DE CULTURA**

DIRECCION GENERAL DE BELLAS ARTES Y ARCHIVOS

**H O M E N A J E**  
**AL**  
**Dr. JOAQUÍN GONZÁLEZ ECHEGARAY**

MUSEO Y CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ALTAMIRA

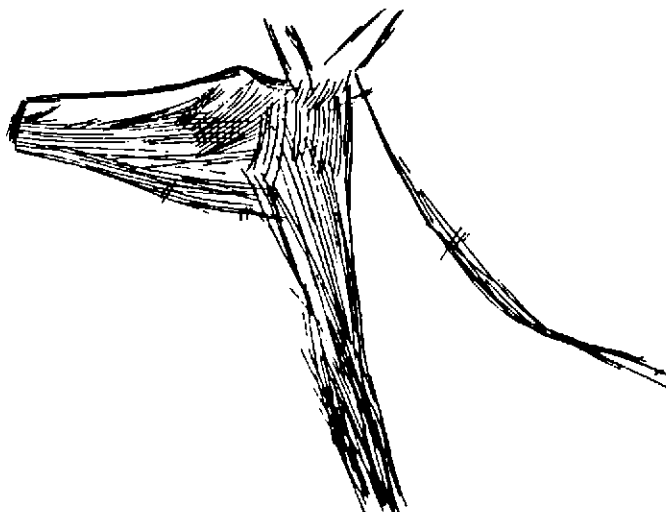
MONOGRAFÍAS Nº 17

# HOMENAJE

AL

**Dr. JOAQUÍN GONZÁLEZ ECHEGARAY**

Editor: José A. Lasheras



**MINISTERIO DE CULTURA**

DIRECCION GENERAL DE BELLAS ARTES Y ARCHIVOS

© Ministerio de Cultura

OBRA COLECTIVA

*Editor:* José A. Lasheras

*Composición y Diseño:*

*Impresión*

c/ Magallanes, 34-3ª Izda.  
39007 Santander

Diseño de Portada:

*Impresión* (Santander)

*Imprime:*

Gráficas Varona  
c/ Rúa Mayor, 44  
38008 Salamanca

N.I.P.O.: 307-93-029-6

I.S.B.N.: 84-7483-993-9

Depósito Legal: S. 106-1994

Madrid, 1994

## Indice

VIOLIGI

José A. Castellet

Bibliografía del Dr. Joaquín González Echegaray

Apuntes geomorfológicos de la zona de El Casar (Cantabria)

Geoffrey A. Klein

El Valle Escabiño (Cantabria) y su evolución

Emilio Vázquez Pardo

Apuntes sobre el estudio de las cuevas de El Casar (Cantabria)

Rafael Muñoz Sanjaume

Kalvarios: ¿un fenómeno natural? (Cantabria)

Leslie G. Foweraker

Las cuevas de El Casar (Cantabria) y su evolución

Victoria Cabrera Vázquez

Facies subterráneas de El Casar (Cantabria)

Dora Vidor Aguirre

Zaluzá, una magnífica cueva de El Casar (Cantabria)

Ignacio Barandiarán

Los apuntes antiguos de El Casar (Cantabria)

Juan A. Fernández

Conferencia sobre el estudio de las cuevas de El Casar (Cantabria)

Filipe Miralles

Arqueología, excavaciones y el estudio de las cuevas de El Casar (Cantabria)

Carmen Durán

La Tumba d'El Jorjo

Alejo José Gouzen

Consideraciones sobre la fauna malacológica en el Paleolítico cantábrico

Basilio Medinaga de la Campa

The Paleolithic Mammalian Fauna from the 13-10-14 Excavations at El Casar Cave (Cantabria)

Richard G. Klein, Kathryn Cruz-Uribe

El perro en los yacimientos arqueológicos del norte de la Península Ibérica

José Altuna

Microevolución de las poblaciones cántabras

María Dolores Gamito, Virginia Gilma

El esqueleto humano prehistórico de la cueva de Las Estalactas (Sanillana del Mar, Cantabria)

Pedro Sánchez del Río



Dr. Joaquín González Echegaray

# Indice

	Pág.
Prólogo <i>José A. Lasheras</i>	III
Bibliografía del Dr. Joaquín González Echegaray	V
Aspectos epistemológicos de la interpretación del registro arqueológico pleistoceno: El papel del paradigma metafísico. <i>Geoffrey A. Clark</i>	1
El bajo Guadalquivir en el Paleolítico Inferior y Medio peninsular. <i>Enrique Vallespí Pérez</i>	13
Aportación al estudio de los materiales líticos del Paleolítico Inferior de los alrededores de Altamira. <i>Ramón Montes Barquín; José Manuel Morlote Expósito</i>	17
Kaleidoscope or tarnished mirror? Thirty years of Mousterian investigations in Cantabria. <i>Leslie G. Freeman</i>	37
Los conjuntos líticos del Paleolítico Medio cantábrico según el análisis de componentes principales. <i>Victoria Cabrera Valdés; Ana Neira Campos</i>	55
Pièces solutréennes de Fressignes (Indre, France). Observations techno-typologiques. <i>Denis Vialou; Agueda Vilhena Vialou</i>	61
Zatoya, sitio magdaleniense de caza en medio pirenaico. <i>Ignacio Barandiarán; Ana Cava</i>	71
Los arpones azilienses de la cueva de Los Azules (Cangas de Onís, Asturias). <i>Juan A. Fernández-Tresguerres; Fernando Junceda Quintana</i>	87
Campamentos-base, cazaderos y santuarios. Algunos ejemplos del paleolítico peninsular. <i>Pilar Utrilla Miranda</i>	97
Arqueología, experimentación y funcionalidad. <i>Carmen Gutiérrez Sáez</i>	115
Le Temps d'El Juyo. <i>Arlette Leroi-Gourhan</i>	123
Consideraciones sobre la fauna malacológica en el Paleolítico cantábrico. <i>Benito Madariaga de la Campa</i>	131
The Paleolithic Mammalian Fauna from the 1.910-14 Excavations at El Castillo Cave (Cantabria). <i>Richard G. Klein; Kathryn Cruz-Urbe</i>	141
El perro en los yacimientos arqueológicos del norte de la Península Ibérica. <i>Jesús Altuna</i>	159
Microevolución de las poblaciones cántabras. <i>María Dolores Garraida; Virginia Galera</i>	163
El esqueleto humano prehistórico de la cueva de Las Estalactitas (Santillana del Mar, Cantabria). <i>Pedro Rasines del Río</i>	173

	Pág.
Características generales de toda investigación encaminada a la conservación del arte parietal en recintos hipogeos. <i>Eugenio Villar García</i>	181
The Abbé Henri Breuil: Pope of Paleolithic Prehistory. <i>Lawrence Guy Straus</i>	189
Algunas cartas de Don Hermilio Alcalde del Río al abate Henri Breuil. <i>Eduardo Ripoll Perelló</i>	199
Sobre Altamira. <i>Manuel Fernández-Miranda</i>	205
Algunas cuestiones sobre fechas y significados en el arte parietal prehistórico. <i>Antonio Beltrán Martínez</i>	211
A propos des figurations humaines du Paléolithique. <i>Henri Delporte</i>	223
Le mode d'utilisation des sanctuaires paléolithiques. <i>Michel Lorblanchet</i>	235
Grabados de la Galería III de la cueva de Altamira: Las figuras de la 'Gran Colada'. <i>Alfonso Moure Romanillo; Lourdes Ortega Mateos</i>	253
Reflexiones en la cueva de Altamira. <i>Federico Bernaldo de Quirós</i>	261
Un nuevo conjunto de representaciones en el sector D.2 de la cueva de La Pasiega (Puente Viesgo, Cantabria). <i>Rodrigo de Balbín Behrmann; César González Sáinz</i>	269
Estudio de la estructuración del espacio artístico en el Arte Paleolítico. La galería 'A' de la cueva La Pasiega. <i>Carmen de las Heras Martín</i>	281
Análisis de la semejanza y desemejanza entre las obras de un mismo autor y entre las de varios autores en la serie de cabezas de bisonte grabadas sobre costilla del nivel II (Magdaleniense IV) de Isturitz. <i>Juan M<sup>a</sup> Apellániz</i>	301
Estructura del diseño y grabado en el Magdaleniense de la España Cantábrica: Algunas ideas retrospectivas. <i>Margaret W. Conkey</i>	311
Arte y arqueología prehistóricos de la península de Baja California (México). <i>Victoria Castillo; Josep M<sup>a</sup> Fullola; M<sup>a</sup> A. Petit; Albert Rubio; M<sup>a</sup> M. Bergadà</i>	325
Estatuas-menhir y estelas antropomorfas en megalitos ibéricos. Una hipótesis de interpretación del espacio funerario. <i>Primitiva Bueno Ramírez; Rodrigo de Balbín Behrmann</i>	337
Las llamadas "estelas" de Corao y Allande: Su naturaleza y contexto megalíticos. <i>Miguel Angel de Blas Cortina</i>	349
El hacha plana de Pendes (Cillorigo-Castro) y los inicios de la metalurgia en el occidente de Cantabria. <i>Pablo Arias Cabal</i>	361
La cueva del Aspío (Ruesga, Cantabria): Avance al estudio del yacimiento. <i>Alís Serna Gancedo; Belén Malpelo García; Emilio Muñoz Fernández; Ramón Bohigas Roldán; Peter Smith; Manuel García Alonso</i>	369
El territorio de la Cantabria romana en la historiografía moderna. <i>José Manuel Iglesias Gil</i>	397
Relación de Autores	405

## Características generales de toda investigación encaminada a la conservación del arte parietal en recintos hipogeos

Eugenio VILLAR GARCÍA  
*Universidad de Cantabria*

**Resumen.**- Los proyectos encaminados a la conservación de pinturas rupestres ubicadas en recintos hipogeos, presentan ciertas características metodológicas comunes. Se impone la elaboración de modelos que describan todo tipo de procesos naturales que tengan lugar en el recinto, así como las alteraciones provocadas por los visitantes. Como en las decisiones finales adoptadas existen siempre riesgos imprevisibles, debe realizarse una investigación de seguimiento, comprobando periódicamente los valores que presentan todos los factores que determinan el estado de las pinturas.

**Abstract.**- Projects looking for the preservation of rupestrian paintings placed in underground enclosures, present certain common methodology characteristics. It's imperative the elaboration of models which describe every kind of natural process which happen in the enclosure, as soon as the alteration provoked by the visitors. As in the adopted final decisions some unexpected risks always exist, we must realize an investigation of following, checking periodically the values which present the hole factors which determinate the paintings state.

Es una satisfacción para mí rendir homenaje a Joaquín González Echegaray con motivo de su jubilación. Se estableció entre nosotros una entrañable amistad a raíz de las investigaciones que llevé a cabo en la Cueva de Altamira, con el fin de determinar un régimen de visitas encaminado a salvaguardar de su deterioro a las pinturas de la Sala de Polícromos. El era entonces el Director del Museo y Centro de Investigación de Altamira por lo que semanalmente, durante más de tres años, hubo una estrecha colaboración, que me permitió valorar su sólida formación profesional y también lo sereno y la bondadoso de su talante humano. Su sensibilidad hacia el tema de la conservación del Arte Rupestre, su bagaje cultural y su solidaridad con el trabajo que estábamos realizando, le llevó en ocasiones a formar conmigo un frente común en aquellas situaciones esporádicas en las que nuestra labor no era comprendida por el gran público o por algunos sectores de la sociedad o de la política. Para tí, Joaquín, este breve y humilde trabajo, nacido a la sombra de la experiencia adquirida en aquellos años.

En el contexto cultural de nuestra época no es posible soslayar la importancia que tienen las investigaciones encaminadas para la conservación de todo tipo de muestras artísticas, muebles e inmuebles de los hombres de la era prehistórica, tanto para los actuales y futuros estudios arqueológicos sobre este tema, con todas las incógnitas que todavía presentan, como también, y paralelamente, para satisfacer las legítimas demandas culturales, artísticas y educacionales, y hasta políticas y económicas, de la sociedad. Y no sólo a nivel local o nacional, sino internacional, ya que constituyen un patrimonio de la Humanidad. Esta es una actitud, semejante a la que adopta el hombre frente a la defensa de la Naturaleza, que es obvia y no necesita mayor comentario. En estas breves y sencillas líneas me voy a referir exclusivamente a la conservación de las pinturas prehistóricas parietales que se encuentran en cavidades subterráneas.

Aunque para cualquier espíritu educado y sensible, la contemplación de estos santuarios del arte paleolítico,

cause una impresión de admiración y goce estético, es evidente que estas pinturas no son, ni con mucho, lo que fueron en el momento en que se realizaron. Estas muestras pictóricas han estado, y siguen estando, sometidas "in situ" a alteraciones básicas que podrían llegar hasta hacerlas desaparecer. La actuación constante de los procesos fisico-químicos naturales que tienen lugar en las superficies pintadas y las propias actividades humanas acaecidas en el interior de estos recintos, han influido de diverso modo en las muestras del arte parietal, a través de los tiempos hasta la actualidad, dependiendo de las características climáticas y del contexto geológico de su emplazamiento. Sin embargo, a la hora de abordar los problemas que se plantean para su conservación, se encuentra que existen ciertos rasgos comunes, de carácter general, tanto en la actitud científica frente a cada problema particular, como en los métodos adoptados para salvaguardarlas de su desaparición. A estos aspectos generales que deben presidir todo estudio encaminado a la conservación, es a lo que vamos a hacer referencia en las páginas que siguen.



Una primera observación permite diferenciar claramente que los problemas que presenta la conservación de unas pinturas rupestres "in situ", son muy diferentes y de solución mucho más compleja, que los que se le plantean a un especialista a la hora de conservar las obras de arte de una pinacoteca. En efecto en el caso de un Museo, las obras de arte pueden trasladarse y ubicarse en salas previamente climatizadas para que se encuentren en las condiciones más favorables para su conservación; a cada uno de los cuadros se les puede proteger mediante un encoframiento transparente, de cristal irrompible, que además puede climatizarse; a las pinturas al óleo más antiguas, cuya tela se está descomponiendo, se las puede separar de su viejo soporte y adherir a un lienzo nuevo; existen técnicas bien estudiadas para limpiar los cuadros de cualquier depósito material que los haya cubierto con el tiempo; y hasta se pueden retocar las pinturas con nuevas pigmentaciones, mediante técnicas adecuadas, sin destruir con ello la obra de arte original, ya que son bien conocidos tanto la naturaleza de los pigmentos, como las características cromáticas de los mismos y hasta el estilo del artista creador del cuadro. Es evidente que ninguna de estas medidas de conservación pueden aplicarse a unas pinturas rupestres.

Sin embargo, es de imperiosa necesidad determinar científicamente bajo que condiciones pueden estudiarse y contemplarse unas pinturas prehistóricas y de modo que no puedan tener lugar alteraciones irreversibles. En este sentido, hay que admitir como premisa que, cualquiera que sea la situación actual en las que se encuentren, siempre será posible realizar un estudio científico que determine los métodos que deben aplicarse para imponer las condiciones adecuadas para protegerlas de ulteriores deterioros. Esta actitud, que en principio pudiera parecer pretenciosa, debe asumirse, aún a sabiendas de que se planteen problemas de muy compleja solución, sobre todo cuando finalmente hay que adoptar decisiones acertadas y comprometidas.

La necesidad de tomar estrictas medidas de conservación se ha puesto frecuentemente de manifiesto desde diversos sectores, tanto culturales como científicos y administrativos, muestra de ello son los estudios llevados a cabo por equipos españoles y franceses bajo el auspicio de los respectivos Ministerios de Cultura. Así ocurre, por ejemplo, con los que se han realizado en la Cueva de Altamira, en los abrigos de Tassili N'Ajjer y en la Cueva de Lascaux. Estos trabajos y otros muchos han quedado después reflejados en diversas publicaciones, cuya consulta permite elaborar las directrices a tomar para abordar los problemas que presentan los estudios de conservación a realizar. Sin embargo, a pesar de la envergadura de los trabajos citados, todavía está pendiente de publicar un tratado completo, de carácter científico, que constituyese una auténtica guía práctica, que facilitase la elaboración de proyectos para la conservación de cualquier pintura rupestre. Este objetivo podría lograrse, mediante una labor de síntesis, después de recopilar todas las publicaciones existentes al respecto, analizar las bases científicas de los mismos, así como los métodos y técnicas utilizados, y exponer las conclusiones obtenidas.

En principio pudiera parecer incorrecto pensar que se presenten aspectos comunes en los planteamientos científicos y técnicos al abordar estos estudios ante situaciones de características muy diferentes. Es bien cierto que existen muestras de pinturas parietales ubicadas en recintos hipogeos de muy distintas características hidrogeológicas, situadas a diferentes profundidades respecto a la superficie del terreno, y a distintas lejanías de la boca de la cueva, y también las hay en abrigos de superficie, muchas veces casi a la intemperie. Por otra parte, estos recintos pueden encontrarse geográficamente en climas extremadamente fríos, como en Siberia, o puramente desérticos, como los abrigos de Tassili N'Ajjer en Argelia, o en ambientes cálidos y húmedos como en Altamira y en Lascaux. A pesar de estas diferencias, sí que puede hablarse en todos los casos de una serie de características y factores comunes que deben tenerse en cuenta en la elaboración de todo plan encaminado a la conservación de cualquier muestra de arte parietal, aunque siempre haya que tener presente que los métodos y técnicas aplicados, y las conclusiones y decisiones adoptadas en cada caso particular, no deben extrapolarse globalmente a otras situaciones.

En otro orden de ideas, existe la opinión muy generalizada de que hasta el descubrimiento de las pinturas prehistóricas parietales, estas se habían conservado perfectamente y que ha sido la acción posterior del hombre la que ha motivado el deterioro que han sufrido y que están sufriendo. Este razonamiento ha inducido a pensar que lo más acertado para su conservación sería devolver al recinto las mismas condiciones que tenía cuando los hombres del paleolítico realizaron estas obras de arte. Sin embargo, existen diversas razones que ponen de manifiesto que este punto de vista no tiene mucho sentido. Es cierto que, prácticamente en todos los casos, desde que estas muestras fueron descubiertas, la actuaciones andrógenas han podido deteriorarlas; unas veces por las acciones manuales directas e incontroladas sobre las pinturas, otras porque como consecuencia de las visitas masivas se ha perturbado fuertemente el ambiente del recinto en el que se encontraban, acelerando con toda seguridad los procesos naturales de deterioro; algunas veces porque con el fin de facilitar su contemplación o de asegurar la estabilidad del recinto se han realizado obras en su interior, levantando estructuras artificiales e introduciendo materiales ajenos a sus características hidrogeológicas, modificando por lo tanto la ventilación y creando, la mayor parte de las veces, nuevos procesos físico-químicos, que en ocasiones hasta han llegado a alterar el ciclo hidrológico.

Pero no ha sido solamente el hombre actual el que ha perturbado el supuesto estado de equilibrio natural en el que se hallaba el recinto, sino que también durante milenios, las sucesivas generaciones de tribus prehistóricas que durante más o menos tiempo utilizaba estas cuevas como habitáculo, dañaron indudablemente estas pinturas, no solo con su mera estancia más o menos permanente, sino porque, en su interior, cocinaban, encendían fuego para protegerse del frío y hacían arder teas para iluminarse.

Por otra parte, no existe razón alguna para creer que las condiciones microclimáticas de estos recintos fueran las más adecuadas para preservar a los pigmentos y a

la roca soporte del deterioro que experimentan a consecuencia de los procesos naturales que tienen lugar sobre ellos. Finalmente la Paleoclimatología nos demuestra que durante los últimos veinticinco mil años el clima del planeta ha experimentado profundos cambios, y por lo tanto también los ha sufrido el microclima de las cuevas con pinturas rupestres.

En consecuencia, no es posible conocer rigurosamente las condiciones ambientales que existían cuando se llevaron a cabo estas pinturas parietales y por lo tanto no se puede opinar si eran las más adecuadas, no solo entonces, sino durante el transcurso de tantos milenios. La conclusión, desde un punto de vista científico y pragmático, es que lo que realmente debemos conservar son las muestras que hoy observamos, teniendo en cuenta el ambiente en el que actualmente se encuentran, sin extrapolar planteamientos que caen de lleno en el campo de la mera elucubración.

Para llevar a cabo un estudio global de conservación, lo más exhaustivo posible, se requiere siempre la constitución de un equipo de trabajo formado por especialistas en muy diversas materias, ya que hay que abordar una gran variedad de aspectos científicos y técnicos en distintas áreas de conocimiento. Como muchos objetivos de la investigación que se vaya a realizar, pueden incluirse en más de un área de conocimiento, es conveniente establecer una distribución racional de trabajo entre los diversos investigadores. Este equipo multidisciplinar de físicos, químicos, geólogos, biólogos, ingenieros y obviamente arqueólogos, debe estar adecuadamente coordinado, bajo la responsabilidad de un director, que de acuerdo con todos los miembros del equipo organice, no sólo las campañas de medidas a realizar, sino también frecuentes reuniones de trabajo en las que se intercambien ideas y se expongan y discutan los resultados parciales obtenidos, con el fin de ir logrando poco a poco, conclusiones lo más rigurosas posibles. A su vez el director-coordinador será el responsable a la hora de presentar el conjunto de medidas finales que deben adoptarse en relación a la conservación, que previamente analizadas y discutidas en equipo, serán el resultado de las conclusiones obtenidas en el estudio total realizado.

Puede decirse que los trabajos de investigación para la conservación de cualquier muestra de arte parietal ubicada en un recinto hipogeo, podrían desarrollarse en seis etapas, de acuerdo con el objetivo final que se persigue, común a todo estudio de estas características. Una primera etapa consiste en definir claramente el recinto como un sistema físico y en caracterizar los elementos que lo constituyen, entre los que se encuentran las pinturas. Después hay que aislar el sistema de toda perturbación humana y de cualquier otro tipo, por lo menos durante un año, tiempo durante el cual se puede definir el entorno capaz de influir en este sistema. Durante la tercera fase hay que conocer el comportamiento natural de este sistema, es decir, las variaciones que experimentan tanto el microclima como sus componentes, también durante un tiempo nunca inferior a un año. En cuarto lugar, hay que intentar elaborar modelos matemáticos de todos los procesos naturales posibles que se desarrollan en el recinto. Durante la quinta etapa hay que estudiar la influencia que la presencia humana ejerce

sobre estos procesos, estableciendo modelos cuantitativos capaces de predecir estos efectos. Finalmente hay que tomar decisiones sobre las medidas a tomar para preservar las pinturas del deterioro. Para desarrollar estas etapas debe disponerse de un material científico adecuado y moderno.

El sistema objeto de estudio se define como el conjunto de materia encerrado en él por una superficie constituida por las paredes, techo, suelo y dinteles de acceso, que englobe el volumen del recinto hipogeo. Tanto la superficie como el volumen deben estar bien determinados. Los elementos que constituyen este sistema son el aire y el agua que encierra, las superficies rocosas que lo limitan, las propias pinturas y la flora microbiana que en él habita.

De estos elementos deben determinarse las características de las superficies rocosas y de las pinturas antes de proceder al cierre de la cueva que constituye la segunda etapa. Se precisa un análisis químico y mineralógico de la roca soporte de las pinturas, y un estudio de las características de la textura de las superficies, tales como oquedades de origen hídrico y eólico, depósitos calcáreos y arcillosos, descascarillamientos, eflorescencias, u otro tipo de alteraciones de las superficies. En cuanto a las pinturas se requiere realizar un análisis químico de los pigmentos constituyentes de las mismas con el fin de determinar la naturaleza y el porcentaje de elementos tales como el hierro, manganeso, carbono, etc y de sus compuestos hematita, ghetita, pirolusita, limonita etc. y poder determinar la naturaleza de los aglutinantes con los que amasaron los colorantes para elaborar los pigmentos pastosos con los que impregnaron las superficies. Además conviene conocer la estratificación de las superficies pintadas, a nivel superficial, caracterizada por diferentes capas finas superpuestas o solapadas de pigmentos y de minerales cristalinos o amorfos.

Durante esta primera etapa hay que observar detalladamente las superficies del recinto con el fin de percatarse de los procesos que en él pueden tener lugar, capaces de perjudicar a las pinturas. La desaparición paulatina parcial o total de las pinturas puede tener lugar por tres causas principalmente. Por ocultación, debido a precipitaciones cálcicas, a eflorescencias, a colonias de algas, hongos y líquenes, a materiales de arrastre de origen eólico o hídrico; por reacciones químicas, debidas a la agresividad del agua que puede disolver la roca soporte y los propios pigmentos, por la acción de contaminantes atmosféricos, por los productos resultantes del metabolismo de la flora micribiana; por desprendimientos, como descascarillamientos provocados por sucesivas dilataciones y contracciones de origen térmico o higroscópico, por caída de lascas de mayor o menor tamaño y, por último, por caída gravitacional, parcial o total, del recinto.

La segunda etapa, durante la cual la cavidad hipogea permanece aislada, aunque en las mismas condiciones de intercambio de aire con el exterior que se mantendrán cuando puedan ser visitadas, es óptima para definir y caracterizar el entorno con el que el sistema intercambia materia y energía. Esto requiere, en primer lugar, un trabajo cartográfico que nos informe de la situación, del emplazamiento tridimensional de la cueva

en la topología del lugar, lo que permite conocer el espesor de techos y paredes.

Aquí el estudio geológico resulta imprescindible para determinar la estructura, composición, fisuración y buzamiento de los estratos, así como sus propiedades mecánicas, tales como porosidad, elasticidad, compacidad, sensibilidad frente a las vibraciones, etc., su origen kárstico o no, el ciclo hidrológico desde los aspectos pluviométricos a nivel edafológico hasta las zonas más profundas subterráneas y finalmente el área geológica del entorno que puede influir en el flujo de agua de la cueva, que con frecuencia impregna paredes, suelo y techo.

El estudio del entorno abarca además la flora, climatología del lugar y utilización andrógena de la superficie. Se requiere conocer el tipo de vegetación arbórea, matorrales, cultivos, pastos, etc. en superficie, hasta los límites de influencia sobre el recinto hipogeo. Es fundamental poseer un conocimiento completo de la climatología del lugar, con datos meteorológicos precisos sobre las variaciones de temperatura y de humedad, régimen de vientos y pluviometría del entorno exterior al sistema en estudio, a lo largo del año. Las actividades humanas en la superficies exteriores del entorno, al aire libre, como pueden ser pastoreo, recolección de cosechas, explotación forestal, funcionamiento de industrias y comercios, circulación vial, estacionamiento de vehículos automóviles, etc., pueden originar perturbaciones higrométricas y en la evapotranspiración del terreno, así como emitir contaminantes en la atmósfera que pueden introducirse en la cueva durante la ventilación natural de la misma, o provocar vibraciones que pueden repercutir en las paredes interiores del recinto hipogeo. La delimitación clara del entorno y sus características constituyen un dato esencial en los estudios de conservación.

El haber mantenido aislada la cueva de toda presencia humana durante un año, en condiciones completamente naturales y sin ninguna perturbación de tipo artificial, permite realizar durante la tercera etapa el estudio de las características del sistema y también de su dinámica interna natural. El sistema físico que hemos definido, interacciona con el entorno, creando unas específicas condiciones microclimáticas en su interior que varían a lo largo del año, de acuerdo con los cambios que experimenten los factores meteorológicos del entorno exterior al sistema.

Por lo general, en el caso de recintos hipogeos que estamos tratando, la conservación de las pinturas indica ya que la cueva no está sometida a fuertes ventilaciones, bien por la configuración de la misma o porque las muestras pictóricas se hallan a una distancia relativamente grande de la boca, por lo que en cualquier caso las variaciones que experimentan las variables del sistema que determinan el microclima son relativamente lentas y en consecuencia pueden tomarse valores medios de estos factores como parámetros constantes, dadas sus pequeñas fluctuaciones, en definidos intervalos de tiempo que hay que determinar y que pueden ser tan duraderos como un mes. El conocimiento de la dinámica interna de la cueva precisa realizar medidas frecuentes, por lo menos semanales, con el fin de obtener estos valores promedios.

Sin embargo existen elementos característicos del sistema que requieren una sola determinación en esta tercera etapa, como son el color de las pinturas, la flora microbiana y las malformaciones de las superficies.

El levantamiento colorimétrico, para que sea significativo, debe realizarse sobre un gran número de puntos de cada una de las figuras pintadas, eligiendo sobre todo aquellos que son más notables por razones tales como poseer un intenso colorido o, por el contrario, por ser muy pálido, o de tono muy diferente, y también hay que realizar medidas de puntos del fondo rocoso, supuestamente coloreado o no por los artistas prehistóricos. De cada punto hay que determinar el color psicofísico especificado por la claridad, el croma y el tono, lo que implica no solo medir con precisión las coordenadas de cromacidad, sino idear un método para la localización rigurosa de cada punto medido en la superficie, lo que implica también establecer las condiciones de iluminación en las que se realiza la medida y la situación precisa del aparato utilizado. Este mapa de puntos de color es un testigo de la coloración de las figuras, de modo que comparando los diagramas de cromacidad con los que se realicen, para los mismos puntos y en las mismas condiciones, en épocas posteriores, permita conocer si las pinturas han experimentado variaciones cromáticas.

Por otra parte, el estudio de la flora microbiana debe realizarse en muestras de los tres hábitat -aire, agua y tierra-, y en lugares bien localizados de la cueva, con el fin de que puedan ser comparables los resultados alcanzados en el análisis con los que se obtengan en los posteriores estudios biológicos que se realicen en el futuro en los mismos sitios. Este estudio implica conocer el número de bacterias, hongos y levaduras de cada tipo por mililitro de agua, por gramo de tierra y por centímetro cúbico de aire, clasificándolos por su carácter sulfatooxidante, amonificador, nitrificante, sulfatoreductor, desnitrificante, productor de ácidos orgánicos etc.. Además de este estudio es conveniente observar cuidadosamente las superficies interiores de la cueva, policromadas o no, con el fin de localizar posibles colonias de algas, hongos o líquenes, que pudieran sobrevivir en las condiciones de humedad, temperatura e iluminación del recinto y pudieran extenderse más allá de donde fuesen localizados.

En cuanto a las malformaciones el estudio se realiza sobre las alteraciones geomórficas observadas en las superficies rocosas internas del recinto, tales como depósitos de sales cálcicas, eflorescencias, desescamaciones, fisuras, excrescencias cristalinas, corrosiones, etc., cuya situación debe quedar bien determinada. El resultado de este estudio es el levantamiento de un mapa de estas malformaciones, de cada una de las cuales hay que obtener macrofotografías estereoscópicas, que permitan reconstruir con todo detalle el relieve de cada una de estas alteraciones, de modo que realizando este mismo trabajo en años posteriores puede apreciarse la evolución que han experimentado en ese periodo.

La dinámica interna de una cavidad hipogea está caracterizada por los flujos de materia y flujos de energía que determinan un microclima variable con las estaciones, y por la actividad de los procesos físico-químicos que tienen lugar en las superficies interiores. Dejando

aparte el posible flujo de microorganismos, los intercambios más importantes de materia con el entorno corresponden al agua y al aire, ambos además portadores de diversas especies químicas. Parte del flujo de agua procede de la circulación del aire húmedo, que da lugar a fenómenos de condensación y evaporación, pero lo frecuente es que en su mayor parte aflore directamente por las grietas y fisuras de las paredes y techos rocosos, dependiendo de la pluviometría local, de la permeabilidad, fisuramiento y buzamiento de los estratos en los que se ubica la cavidad, del tipo de vegetación, evapotranspiración y otras características edafológicas de la superficie exterior. La evaluación del flujo total de agua resulta con frecuencia difícil, pero constituye un dato de gran interés dada la importancia de este elemento en el microclima y en todos los mecanismos físico-químicos que tienen lugar en el recinto. Estas aguas pueden llevar en disolución sulfatos, cloruros, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, etc. en forma de sales de sodio, de calcio, de magnesio, de amonio, de hierro, etc. y también gas carbónico, residuos sólidos y compuestos orgánicos. De estas aguas se deben realizar análisis frecuentes, con periodicidad semanal, con objeto de determinar las fluctuaciones que experimentan los valores medios de la concentración de cada uno de los iones de sus componentes, así como las variaciones del pH.

El aire de la sala se renueva con el aire del exterior, bien directamente o bien a través de otras salas de la cueva. Esta ventilación, tiene una extraordinaria importancia dada la notable influencia que ejerce sobre la dinámica interna de la cueva, por lo que hay que medir con precisión las variaciones que a lo largo de un año experimente el número de metros cúbicos de aire que se renuevan por hora en el interior del sistema que se ha definido. Por lo general, esta ventilación, debida a los fenómenos de convección, es cíclica, sobre todo en cavidades de un solo dintel de entrada, por lo que, según las estaciones, el aire caliente se dirige unas veces desde el exterior al interior de la cueva, y en otras épocas en sentido inverso. Es la ventilación la que origina el intercambio con el exterior de anhídrido carbónico, vapor de agua y contaminantes atmosféricos si los hubiere. Cualitativamente existen distintos índices para indicar la magnitud de la ventilación. Así, las diferencias de temperaturas que existen entre las paredes y el aire que encierran indican la intensidad de la ventilación; en efecto, si el aire del recinto permaneciese en reposo estas temperaturas serían idénticas, en cambio, cuanto mayor es esta diferencia, tanto mayor es el intercambio de aire. Así ocurre, por ejemplo, que en la cueva de Altamira estas diferencias de temperatura, medidas durante todo un año, no llegan a alcanzar ni el medio grado, y lo mismo ocurre en la de Lascaux, mientras que en un abrigo como el de Timenzouine, en Argelia, la diferencia de temperatura entre la pared y el aire, puede llegar a valer diez grados en un mismo día. También pueden tomarse como índices de ventilación las concentraciones de gas radón y de anhídrido carbónico en el aire del recinto; la emanación de gas radón por las paredes es rigurosamente constante y también lo es la tasa de desintegración de este gas radiactivo, luego si el aire estuviera estanco la concentración de este gas sería también constante, ahora bien, si hay ventilación, este aire se renueva con el del exterior de muy baja concentración de radón, por lo que la cuantía de la disminución de la concentración de este

gas indica la magnitud de la ventilación; y algo análogo sucede con la concentración de gas carbónico, esta se origina en la desgasificación de las aguas que afloran a las paredes y techo de la cueva, y si el flujo de agua es prácticamente constante, como sucede frecuentemente, también ocurrirá que la concentración de este gas en la atmósfera de la sala disminuirá tanto más, cuanto mayor sea la renovación de este aire por el del exterior, muy pobre en anhídrido carbónico. También las variaciones de humedad, cuando se tienen en cuenta los estados higrométricos de las corrientes de aire, proporcionan un índice de la ventilación de la cavidad en estudio. El conocimiento preciso de la ventilación de un recinto hipogeo con muestras de arte rupestre, es un factor decisivo a la hora de considerar las alteraciones que sufre el microclima por la presencia de visitantes, ya que el tiempo que necesita el recinto para recuperar de nuevo la temperatura, la humedad y la concentración de dióxido de carbono que tenía al iniciarse la visita, depende de la velocidad con que se renueva el aire.

La energética del sistema consiste en los intercambios de energía calorífica con el entorno, que se originan a partir del calor latente que procede de los fenómenos de evaporación y condensación del vapor de agua, del calor sensible a que da lugar la ventilación y principalmente del calor de conducción, que en forma de ondas térmicas procede de las variaciones de temperatura diurnas y estacionales de la superficie exterior.

Los flujos de calor, agua y aire determinan un microclima que viene caracterizado por el campo de temperaturas, el estado higrométrico, la concentración de gas carbónico y la propia ventilación. De todas estas variables hay que realizar las medidas necesarias para obtener valores medios en los intervalos de tiempo adoptados, en los que se ha considerado que las fluctuaciones no son significativas, y calcular las variaciones que experimentan a lo largo de un año. De este modo se llegan a conocer sus valores máximos y mínimos, las correlaciones que existen entre ellas y con las variaciones estacionales de la región en la que está enclavada la cavidad. En recintos subterráneos, las variaciones de temperatura que sufre el techo, originadas por las ondas térmicas, dependen de la naturaleza y del espesor de los mismos; cuanto menor es la distancia que los separa de la superficie exterior, tanto más se asemejan estas variaciones de temperatura a las que tienen lugar al aire libre, como consecuencia de las estaciones, no influyendo las ondas térmicas provocadas por las variaciones diurnas para espesores de techo superiores a los dos metros. Evidentemente también es importante la proximidad de la sala en estudio a la boca exterior de la cueva, en cuyo caso influyen decisivamente las corrientes de convección y los movimientos de aire exteriores.

Hay que considerar que el desarrollo de la cuarta etapa, relativa a la elaboración, aplicación y contrastación de modelos matemáticos que describan los diferentes procesos físico-químicos que pueden tener lugar, no implica necesariamente que se haya llevado a cabo totalmente la tercera, sino que, por el contrario, en gran parte ha de solapar con ella. En conjunto, durante esta fase, la investigación, basada en hipótesis evidentes o fácilmente comprobables, debe ir dirigida a determinar las relaciones cuantitativas que existen entre las varia-

bles medidas, asociando estos resultados con los procesos de deterioro que pueden tener lugar sobre las pinturas. Es obvio que este estudio es el de mayor trascendencia, puesto que solamente en posesión de esta descripción cuantitativa, es posible evaluar la intensidad con que actualmente se manifiestan estos procesos y, lo que es más importante, posibilita predecir como va a afectar la presencia de visitantes a los mecanismos naturales de deterioro que se desarrollan en el recinto.

El flujo térmico de origen solar produce en la superficie del terreno variaciones periódicas de temperatura de dos clases, unas debidas a las sucesivas diferencias de temperatura que se establecen entre la noche y el mediodía, y otras a las oscilaciones de temperatura anuales, con dos máximos en verano y primavera y dos mínimos en invierno y otoño. Ambas oscilaciones periódicas de temperatura dan lugar a la propagación hacia el interior del terreno de dos tipos de ondas térmicas: las diurnas, que se propagan a mayor velocidad, pero cuya energía se disipa a aproximadamente dos metros de profundidad, y las anuales, que aunque más lentas penetran mucho más en el terreno. Conociendo la densidad, capacidad calorífica y coeficiente de conductividad térmica del terreno atravesado, así como la frecuencia de las oscilaciones, pueden describirse, mediante una ecuación matemática, las variaciones de temperatura que tienen lugar a una profundidad dada, debidas a ambos tipos de ondas. Cuando se tienen en cuenta los espesores de las diferentes clases de suelos que atraviesa y el cambio de fase que experimentan estas ondas al encontrarse con una cavidad aérea en el terreno, estas ecuaciones permiten determinar con gran exactitud las fluctuaciones de temperatura que experimentan el techo y el suelo de cualquier recinto hipogeo. Los resultados que se obtienen pueden comprobarse experimentalmente aplicando estas ecuaciones a las distintas salas de una cueva, con diferentes espesores de techo.

No es posible saber las variaciones que experimenta la ventilación del recinto en estudio, si previamente no se ha elaborado un modelo del intercambio convectivo de aire que debe existir entre el recinto y el exterior, o entre el recinto y otra de las salas, basado en las medidas simultáneas de determinados parámetros en ambos espacios, de acuerdo con los datos experimentales que se obtienen en aquellas épocas en las que el aire está estanco, y en aquellas otras en las que la velocidad de renovación es máxima. Los resultados obtenidos con el modelo deben de dar cuenta de las variaciones que experimenta la concentración del dióxido de carbono y las que sufre la diferencia de temperatura existente entre las paredes rocosas y el aire de la cavidad, en las mismas épocas del año. Una técnica muy útil, aplicable en todos los casos, aún en el caso de débiles ventilaciones, está basada en medir la concentración de gas radón, radiactivo, tanto en el recinto subterráneo en estudio, como en el espacio con el que se establecen las corrientes de convección. Una ecuación en la que interviene el volumen de la sala en estudio, la constante radiactiva del radón, su concentración máxima, que tiene lugar cuando el aire está estanco, y la concentración de este gas en el exterior, permite determinar en cualquier momento el número de metros cúbicos de aire que se renuevan por hora en la sala, cuando en esta ecuación se introducen

los valores de la concentración de radón medidos en la sala y en el exterior en ese momento.

Otro tanto sucede con la concentración del anhídrido carbónico de la atmósfera de la cavidad; no basta con poner en evidencia, mediante tablas o gráficas, las variaciones que a lo largo del año experimenta el gas carbónico, sino que estas variaciones deben confrontarse con las que experimenta la diferencia de temperaturas que en todo momento existe entre el recinto en estudio y el espacio con el que se establecen las corrientes de aire convectivas. Las fechas en las que las concentraciones de dióxido de carbono son máximas deben coincidir con aquellas en las que esta diferencia de temperaturas es mínima, y viceversa. Este fenómeno puede describirse a través de una ecuación exponencial que liga la concentración del dióxido de carbono con esta diferencia de temperaturas en valor absoluto, ecuación que proporciona el valor máximo de esta concentración cuando esta diferencia de temperaturas es nula, así como la diferencia de temperaturas necesaria para que la concentración de este gas en la sala sea igual a la del espacio con el que el recinto intercambia el aire.

En cuanto al estado higrométrico de la cavidad en estudio, que depende del flujo entrante de agua, de los fenómenos de evaporación y condensación y de las temperaturas del aire y de la roca, pueden desarrollarse modelos cuantitativos siempre que se haya determinado la ventilación y se haya realizado una evaluación del caudal de agua recogida durante los periodos de tiempo en los que se supone un régimen prácticamente estacionario. Durante estos periodos la humedad relativa se debe al equilibrio entre la evaporación del agua y la ventilación de la cavidad, y mientras sea constante, ha de ocurrir que el agua que se evapora por unidad de tiempo ha de ser igual a la pérdida de masa de vapor también por unidad de tiempo originada por la ventilación, teniendo en cuenta que el aire entrante, que va sustituyendo al saliente, también tiene una determinada humedad. Cuando se consideran estos factores, así como que la masa de vapor creada por evaporación es proporcional a la superficie del recinto y a la diferencia que existe entre la presión de vapor de agua saturante a la temperatura de la roca y la presión de vapor de la cavidad, el modelo matemático permite calcular a lo largo del año y en valor medio, el número máximo de gramos de vapor de agua que se evaporan en la unidad de tiempo y el número de litros de agua, en promedio, que afloran al recinto durante cada periodo de tiempo en el que las fluctuaciones no son significativas, así como determinar en que épocas del año es posible la condensación del vapor de agua sobre las paredes al igualarse la humedad saturante con la humedad absoluta del recinto.

Los análisis químicos del agua que aflora al recinto, realizados en la tercera etapa, tienen una importancia decisiva sobre los procesos de precipitación de sales cálcicas y sobre la disolución de la roca soporte de las pinturas. La concentración del dióxido de carbono disuelto en estas aguas es proporcional a la presión parcial de este gas en el aire de la caverna, de acuerdo con la ley de Henry, cuya constante de proporcionalidad obtenida experimentalmente hay que contrastar con la teoría. Cuando el aporte de este gas a la sala es constante,

ocurre que si el aire permaneciese estanco, sin ventilación, se alcanzaría un equilibrio en el que la concentración del gas en la atmósfera del recinto sería máxima. La única causa capaz de hacer disminuir esta concentración es la ventilación, y como esta es periódica a lo largo de un año, también lo es la concentración de este gas en el aire y por lo tanto también en el agua. Como la reacción del anhídrido carbónico con el agua da lugar a la formación de iones carbonato e iones bicarbonato, modificando el pH, resulta que tanto este como las concentraciones de estos iones sufren también variaciones periódicas. Por otra parte, conocida la concentración de aniones y cationes y los sólidos disueltos es posible calcular la fuerza iónica de la disolución, dato que unido a los valores de las constantes de equilibrio de estas reacciones y al producto de solubilidad del carbonato cálcico constituyente de la roca, permite el cálculo del índice de saturación para el calcio. Si este índice es positivo, el agua es incrustante y tiende a precipitar sales cálcicas, y si es negativo el agua es agresiva, y tiende a disolver la roca. Este modelo permite analizar las variaciones periódicas que sufre el índice de saturación, y por lo tanto conocer a lo largo del año el carácter incrustante o agresivo del agua, dato de sumo interés por cuanto informa cuantitativamente de la posibilidad que existe de que sobre unas pinturas rupestres se formen precipitados blancos de carbonato cálcico, o que por el contrario, se vaya disolviendo lentamente la roca soporte de las pinturas, con la consiguiente pérdida de las mismas. De cualquier modo, para que las sales cálcicas se depositen es necesario que existan gérmenes de precipitación, cuya formación requiere algún tiempo, por lo que aún siendo las aguas incrustantes puede suceder que el tiempo de permanencia de estas aguas sobre las pinturas sea menor que aquel, por lo que quedan preservadas de la llamada "peste blanca".

En cuanto al otro fenómeno más importante, que es la disolución de las pinturas por el agua, debe realizarse una investigación química en profundidad, que implique un estudio textural del soporte calcáreo, mediante técnicas de adsorción, dada la importancia que la textura tiene sobre los procesos químicos que tienen lugar en las superficies.

Por otra parte, se impone determinar el producto de solubilidad en agua de los diferentes compuestos que constituyen los pigmentos, contrastando los resultados teóricos con análisis de cationes del agua que baña las paredes, comparando los resultados de los análisis que se obtengan para aguas en contacto con los pigmentos y aguas que fluyen fuera de los mismos. Estos análisis deben realizarse mediante métodos de muy alta sensibilidad. Conociendo el flujo de agua mensual que discurre por las pinturas, el límite de sensibilidad del método permite aproximarse al tiempo que debería transcurrir para que, por ejemplo, los compuestos de hierro de las pinturas desapareciesen en un uno por ciento.

Con los estudios descritos y haciendo uso de los modelos matemáticos establecidos, se está en condiciones de llevar a cabo la quinta fase, en la que su objetivo es cuantificar las alteraciones que experimentan los procesos naturales de deterioro a consecuencia de la presencia de personas en el recinto cuyas pinturas se desean conservar. El hecho de que cada persona sea

una fuente de calor y de humedad, y que emita dióxido de carbono, evidencia que el número de las mismas y la duración de su estancia en el recinto, contemplando unas pinturas parietales, pueden alterar las condiciones del equilibrio temporal que en esos momentos caracterizan al microclima. De nuevo debe recurrirse a modelos matemáticos que cuantifiquen esas alteraciones, así como su repercusión en los diferentes procesos de deterioro.

Haciendo uso de los modelos elaborados en la cuarta fase de la investigación, y conociendo las cantidades de calor, vapor de agua y gas carbónico que emite cada persona, se logra obtener una correlación numérica entre el tiempo de permanencia de un número dado de visitantes y la variación que experimenta cada uno de los factores que caracterizan el microclima. Imponiendo entonces unos límites de variación, tales que no lleguen a modificar el equilibrio de los fenómenos físico-químicos naturales que tienen lugar sobre las superficies del recinto, puede establecerse un régimen de visitas adecuado para que no se perjudique a las pinturas.

Cada estado estacionario del sistema físico que se ha definido está caracterizado por una temperatura del aire y otra de las superficies rocosa, por un estado higrométrico, por una concentración de dióxido de carbono en el aire y de este gas en el agua y por una ventilación, conjunto de datos perfectamente conocidos. El setenta por ciento del calor producido por una persona lo emite por radiación y el treinta por ciento restante, lo hace por convección. Este último eleva apreciablemente la temperatura del aire húmedo, disipándose posteriormente en las superficies de la sala, por convección y por radiación, transfiriéndose de nuevo al aire. Del calor de radiación una parte es absorbida por el vapor de agua y por el gas carbónico del aire, y el resto es absorbido por las paredes. Teniendo en cuenta este modelo fenomenológico, se llega a establecer una fórmula que da la elevación de temperatura que experimenta el aire del recinto, para un número dado de visitantes y un tiempo dado de permanencia. Por otra parte, cuando ha salido el último visitante, la ventilación se encarga de que la temperatura vuelva a tener el valor inicial, antes de haber comenzado las visitas, proceso que también puede describirse mediante fórmulas adecuadas. Las ecuaciones que se obtienen proporcionan las condiciones bajo las cuales la temperatura no debe sobrepasar los límites que se consideren oportunos.

Análogamente, mediante modelos adecuados, puede establecerse el número de personas y el tiempo de permanencia necesarios para que la humedad no llegue a la saturación, lo que podría provocar la condensación del vapor de agua, y para que el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera, provocado por la presencia de estos visitantes, se reduzca, después de la visita, a los valores iniciales, como consecuencia de la ventilación. Las ecuaciones obtenidas permiten predecir las condiciones que hay que imponer al régimen de visitas para que tanto la humedad como la concentración de gas carbónico, no alcancen los límites que se consideren perjudiciales para las pinturas.

Con estas formulaciones matemáticas puede fijarse un régimen de visitas, distinto para cada uno de los estados estacionarios ya definidos, que garantice que la

humedad sea lo suficiente para favorecer la cohesión y adherencia de los pigmentos, que la concentración del anhídrido carbónico no altere el índice de saturación adecuado para que ni se produzcan precipitaciones de sales cálcicas, ni se inicie la disolución de la roca soporte, que las variaciones de temperatura sean tan pequeñas que no afecten a las pinturas y que además, en los intervalos de tiempo entre visitas, el microclima se recupere.

La última fase de la investigación concierne a la toma de decisiones finales encaminadas a la conservación. Se pueden esquematizar en dos opciones los criterios generales a adoptar: uno de ellas consistiría en olvidarse del microclima en el que realmente se encuentran las pinturas y que determina la intensidad de los procesos naturales de deterioro, y crear un ambiente artificial, mediante instalaciones adecuadas, que supuestamente sea el más adecuado para la conservación, basado en los estudios realizados, estableciendo un régimen de visitas tal que los dispositivos instalados mantuvieran siempre las condiciones impuestas a ese nuevo microclima; la otra opción, menos drástica, sería el imponer un régimen de visitas que nunca llegase a alterar los lentos procesos naturales de deterioro más allá de las limitaciones deducidas de los modelos contrastados que se hayan elaborado. La primera de las opciones queda completamente justificada cuando se comprueba que las condiciones naturales actuales de la cueva son claramente nefastas para la conservación de las pinturas, y la segunda, cuando los procesos de deterioro son tan lentos que las pinturas podrían sobrevivir durante milenios. De cualquier modo, ambas actitudes conllevan un riesgo inevitable, ya que las condiciones que se consideran las más adecuadas están en el contexto de una duda razonable.

Pero con independencia de estos dos criterios, hay que adoptar una actitud constante, común a cualquier

planificación encaminada a la conservación, que consiste en asumir que estos estudios caen de lleno en una investigación de seguimiento, que obliga, por una parte a comprobar periódicamente el estado en que se encuentran las pinturas, y por otra, a no aceptar como definitivas las decisiones tomadas para conservarlas, convencidos de que siempre se podrían mejorar las condiciones de conservación. Respecto a los aspectos biológicos, siempre es conveniente eliminar aquellas colonias de organismos vivos que se suponga se están extendiendo en el recinto, e imponer la costumbre de introducir a los visitantes con un calzado aséptico, con el fin de que no sirvan de vehículo de microorganismos. Se impone la instalación de dispositivos de control continuo del microclima, y de evaluaciones, con intervalos no superiores a los cinco años, de la ventilación, del índice de saturación para el calcio, del color, de las malformaciones y de la flora microbiana. Por otra parte, debe intentarse continuamente el ir perfeccionando los modelos elaborados.

Con este elemental trabajo, en el que evidentemente por su extensión se han tenido que omitir otros muchos aspectos, se ha pretendido poner de manifiesto, en el caso de intentar un estudio global encaminado a la conservación de pinturas prehistóricas parietales, ubicadas en recintos hipogeos, que puede adoptarse, en parte, una metodología común, que es necesaria una investigación de seguimiento, que se impone elaborar modelos que describan todo tipo de procesos naturales que tengan lugar en el recinto, que la modelización de las alteraciones provocadas por los visitantes, aunque sea aproximada y compleja, constituye un método para establecer la limitación de las visitas basado en conclusiones de carácter científico y que, como en las decisiones adoptadas siempre existen riesgos imprevisibles, se requieren comprobaciones periódicas de los valores que presentan todos los factores que determinan el estado de las pinturas.