

CENTRO DE INVESTIGACION Y MUSEO DE ALTAMIRA

MONOGRAFIAS

N.º 5

PROYECTO CIENTIFICO-TECNICO  
ELABORADO PARA LA  
CONSERVACION DE LAS PINTURAS  
DE LA CUEVA DE ALTAMIRA

por

EUGENIO VILLAR



MINISTERIO DE CULTURA  
DIRECCION GENERAL DE BELLAS ARTES, ARCHIVOS Y BIBLIOTECAS

SANTANDER, 1981



**PROYECTO CIENTIFICO - TECNICO  
ELABORADO PARA LA  
CONSERVACION DE LAS PINTURAS  
DE LA CUEVA DE ALTAMIRA**

CENTRO DE INVESTIGACION Y MUSEO DE ALTAMIRA

MONOGRAFIAS

N.º 5

PROYECTO CIENTIFICO-TECNICO  
ELABORADO PARA LA  
CONSERVACION DE LAS PINTURAS  
DE LA CUEVA DE ALTAMIRA

por

EUGENIO VILLAR

DEPARTAMENTO DE FISICA FUNDAMENTAL

FACULTAD DE CIENCIAS

UNIVERSIDAD DE SANTANDER

MINISTERIO DE CULTURA

DIRECCION GENERAL DE BELLAS ARTES, ARCHIVOS Y BIBLIOTECAS

SANTANDER, 1981

Depósito Legal: SA. núm. 156 - 1981

I.S.B.N.: 84-600-2443-1

---

Manufacturas JEAN, S. A.—Avda. de Parayas, 5—Santander 1981

## I. INTRODUCCION

Una resolución conjunta de cooperación entre la Dirección General del Patrimonio Artístico, Archivos y Museos del Ministerio de Cultura y la Universidad de Santander, encaminada a lograr la conservación de las pinturas de la Cueva de Altamira, ha generado la realización de este proyecto que permite llevar a cabo las investigaciones y estudios necesarios para este fin.

El plan trazado parte de unos supuestos justificados e intenta abordar una programación de objetivos coherente, con el objeto de llegar a algunas conclusiones a corto, medio y largo plazo.

Ahora bien, dada la trascendental importancia de este legado histórico, creemos que además de realizarse una investigación inmediata y de elaborar un plan de trabajo a más largo plazo, que condujese a tomar decisiones encaminadas a asegurar la conservación de las pinturas, debe llevarse a cabo sobre todo, una investigación de seguimiento indefinido basada en los datos suministrados por un equipo de control constante.

## II. SITUACION DE PARTIDA Y SUPUESTOS BASICOS

i) En el momento actual se desconoce la cuantía del deterioro sufrido por las pinturas de la Sala de Policromos de la Cueva de Altamira, así como la cuantía de los índices de peligrosidad de muchos de los numerosos factores que influyen en el mismo.

ii) Las "actuaciones" llevadas a cabo sobre las Cuevas de Altamira como consecuencia de la puesta en práctica de proyectos y decisiones anteriores no hacen posible el poseer un conocimiento preciso de las "condiciones" ambientales que gobernaban las Cuevas antes de ser descubiertas, cuando debería existir una situación de equilibrio que condujo a que estas pinturas se conservasen durante aproximadamente quince mil años. (Véase Apéndice I).

iii) Existe alguna información sobre parte de los trabajos científicos-técnicos realizados anteriormente desde el descubrimiento de la Cueva, que en modo alguno pueden marginarse a la hora de elaborar cualquier nuevo proyecto. (Véase Apéndice II).

iv) Una serie de dispositivos técnicos e instalaciones que fueron utilizados por anteriores Comisiones Técnicas pueden hoy prestar un buen servicio.

v) Nuevos equipos de material científico, en período de adquisición, así como otros que se soliciten en un futuro inmediato serán utilizados ampliamente en el proyecto que se presenta, dependiendo de esto la posibilidad de realizar el trabajo previsto en los plazos que se señalan.

vi) Consideraremos a la Sala de Policromos de las Cuevas de Altamira (zona rayada de la figura 1) como un ecosistema abierto (en el sentido termodinámico), con una específica dinámica interna, capaz de interactuar con el ambiente exterior y con el resto de la Cueva, a través de flujos de materia y energía.

vii) Se consideran elementos esenciales del ecosistema:

- a) Los estratos que constituyen a techumbre.
- b) La película policromada asentada en el último estrato.
- c) Las superficies laterales y suelo de la Sala, ya sean artificiales o naturales.
- d) El aire que en todo instante llena el recinto, caracterizado por una composición química, contaminantes, vapor de agua, humos, etc.
- e) El agua líquida portadora de sales disueltas,  $\text{CO}_2$ , material de arrastre, etc., que impregna o circula por paredes, techo y suelo.
- f) La población microbiana, bacteriológica y los microorganismos que habitan en el ecosistema.

### III. OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO

Los objetivos generales del actual proyecto se han establecido a partir de los conocimientos previos y supuestos básicos citados, con el siguiente supuesto adicional: "Admitiremos la posibilidad de definir a partir del actual estado de las pinturas, una gamma de estados de equilibrio del ecosistema, tal que el color de los policromos se halle dentro de pequeñas variaciones reversibles, y por supuesto compatibles con la estabilidad de la superficie policroma, tanto desde el punto de vista mecánico como físico-químico".

Para adquirir un conocimiento lo más preciso posible de la situación de la dinámica interna del ecosistema, en las condiciones actuales, es decir, desocupado, deben estudiarse sus "evoluciones naturales" ante los cambios de temperatura que se suceden durante las 24 horas del día y durante la periodicidad de las estaciones. Esto supone:

- 1.º Utilizar sondas siempre que sea posible para las medidas de las variables.
- 2.º Disponer de un año completo para la medida continuada de las variables.

Conocida la dinámica interna natural de la Sala, debe estudiarse el comportamiento del ecosistema frente a diversos órdenes de ocupación humana, bien de un modo directo o bien por simulación. Adoptaremos el primer método.

Los objetivos generales del Proyecto, reseñados por etapas, serían:

PRIMERA ETAPA.—(Con las Cuevas desocupadas y para distintos índices de ocupación).

1.º Establecer la dinámica general interna del ecosistema a través de una evaluación de los flujos de materia y energía (estudio físico, físico-químico, hidrológico y biológico).

2.º Estudiar la estabilidad de la película policromada determinando:

- 2.1. Las actuales características cromáticas de las pinturas y sus modificaciones con los factores ambientales, incluidos los biológicos (estudio físico, físico-químico y biológico).

2.2. Las modificaciones mecánicas en función de los factores citados (estudio geológico y estereofotográfico).

3.º Determinar la estabilidad estructural del ecosistema (estudio geotécnico).

SEGUNDA ETAPA.—De las conclusiones obtenidas en la primera etapa:

4.º Intentar describir claramente los procesos físico-químicos que pueden tener lugar en la superficie policromada.

5.º Establecer a partir de estas confirmaciones o hipótesis los límites admisibles entre los que puede fluctuar los parámetros ambientales y establecer un sistema de control técnico.

6.º Realizar una propuesta provisional para visitas públicas muy reducidas de las Cuevas durante un corto período de tiempo.

7.º Seguimiento del sistema de medidas de control, realizando las modificaciones adecuadas a la propuesta provisional de visitas en este período de tiempo.

TERCERA ETAPA.—(Plazo indefinido).

8.º Continuar las medidas sistemáticas de control durante otro largo plazo de tiempo, a Cueva cerrada, y abrir las Cuevas de nuevo durante otro breve período de tiempo.

9.º El seguimiento de los efectos producidos irían confirmando o rechazando hipótesis y delimitando los índices de peligrosidad, y con ello los períodos de tiempo de Cueva cerrada.

10. Continuar así indefinidamente, modificando adecuadamente el programa de visitas, y si es necesario, la disposición de la entrada a la Cueva, de acuerdo siempre con los siguientes criterios que debemos considerar fundamentales:

1.º Limitar los índices de ocupación humana de las Cuevas a valores siempre inferiores a los que permitieran las conclusiones.

2.º No llevar a cabo jamás "acciones drásticas" sobre las Cuevas (aun pareciendo que son el resultado de razones evidentes), ante la posibilidad de producir situaciones irreversibles.

3.º No interrumpir jamás la realización de medidas sistemáticas de control.

4.º Considerar que las conclusiones obtenidas pueden tener un carácter provisional, de modo que sean constantemente revisadas.

#### IV. PLAN DE TRABAJO

MATERIAL.—Se hará uso de una antigua instalación de medida con sondas y del nuevo equipo constituido por un sistema de medición de temperaturas por radiación, sistema de adquisición de datos y una calculadora con registro gráfico.

Con esta instalación antigua se utilizarán ahora cinco sondas de temperatura, cinco de humedad relativa y dos para la medida de la concentración de CO<sub>2</sub>.

Con el nuevo dispositivo de medida podrán utilizarse hasta 140 sondas de diversos tipos.

Por otra parte, se hará uso de un equipo de meteorología en la parte exterior de la Cueva.



Habrá que disponer de equipos para determinar la concentraci3n de contaminantes.

Se realizarán medidas de concentraci3n de radon, tanto en el interior de la Sala como en el resto de la Cueva.

Se hará uso de un espectrofotocolor metro para la especificaci3n del color de las pinturas.

Por último, se realizarán análisis microbianos, así como también análisis químicos, sobre todo del agua que impregna las paredes, techo y suelo.

**PRIMER CICLO DE MEDIDAS.**—Este primer ciclo de medidas constará de las siguientes etapas:

A. Medici3n de temperaturas de techos, suelos y paredes, con el term3metro de radiaci3n.

B. Medici3n del tono, claridad y croma en el mayor número de puntos posibles del techo policromado, concentrando las medidas en aquellas zonas de las que se tiene informaci3n o dudas razonables sobre la magnitud del deterioro. Tanto estas medidas como las de la temperatura del techo, se realizarán procurando la mínima perturbaci3n del ecosistema.

C. Se realizarán medidas continuas con registro gráfico de temperaturas  $\theta$  del ambiente, así como de humedad relativa, Hr, y concentraciones de CO<sub>2</sub> en los puntos que se indican con números romanos en el croquis de la figura 2, colocando los tipos de sondas que en ella se indican.

En conexi3n con el sistema de adquisici3n de datos que se espera recibir, se colocarn sondas de  $\theta$ , Hr y CO<sub>2</sub> en los puntos del croquis de la figura 2 que se indican con números ordinales y en algunos puntos hom3logos de la superficie exterior. Simultáneamente se colocarn sondas en el resto de la Cueva, en los puntos que se indican en la figura 3.

D. Realizada la etapa de colocaci3n y comprobaci3n del sistema de toma de datos y de todos los dispositivos se cerrarn las Cuevas, y se realizarán las medidas correspondientes.

E. A intervalos de tiempo determinados se realizarán medidas de temperaturas del aire y de las superficies rocosas.

F. También se medirán entonces los índices de color en los mismos puntos.

G. Finalizadas las medidas de temperatura y color en los policromos, y sin cesar nunca de realizar las medidas de  $\theta$ , Hr y CO<sub>2</sub> sistemáticas, se realizará el análisis test de los datos recogidos, al tiempo que comenzar  el registro de datos y toma de muestras necesario para un análisis test de carácter biofísico, biol3gico, geol3gico y químico, tomando nota diariamente del número de personas que entran, tiempo de permanencia, etc.

H. Con los datos de temperatura, humedad y concentraci3n de CO<sub>2</sub> registrados, se adquirir  informaci3n entre otros factores de:

a) Los posibles gradientes de temperatura, humedad y concentraci3n de CO<sub>2</sub>, en la Sala y en el resto de la Cueva.

b) La respuesta del microclima de la Sala de Policromos a las fluctuaciones climatol3gicas del exterior.

c) La respuesta del ecosistema a la apertura y cierre intermitente de la puerta de entrada.

d) Las variaciones de entalpia del aire de la Sala de Policromos y del resto de la Cueva.

e) Los posibles flujos de aire y agua en el ecosistema y su posible origen.

**SEGUNDO CICLO DE MEDIDAS.**—Con los resultados de esta primera evaluación obtenidos del análisis y tratamiento de datos del primer ciclo de medidas, se elaborarán una serie de hipótesis en relación a los objetivos que se señalaron en la primera etapa.

Un análisis coordinado de estas hipótesis permitirá proyectar un segundo ciclo de medidas más eficaz, destinado a obtener una buena información sobre:

1.º Dinámica interior del ecosistema.

— Flujo del aire interior: Velocidades, direcciones, transporte de humedad y de anhídrido carbónico, difusión de contaminantes, fluctuaciones del flujo, para diversas situaciones y en función de las variables meteorológicas del exterior de la Cueva.

— Flujo hidrológico: Caudal de las infiltraciones del agua de lluvia, conocimiento de las posibles filtraciones, ciclo de evaporaciones y condensaciones, arrastres desde el exterior, contenido de sulfatos, carbonatos y silicatos, contenido de hierro y manganeso entre otros.

— Flujo energético: Variaciones de entalpia con los flujos de aire y con el flujo hidrológico, respuesta del ecosistema al intercambio térmico.

— Evolución biológica: Modificación de las poblaciones microbianas, bacteriológicas, microbiológicas correspondientes.

2.º Estabilidad de la película policromada.

— Estabilidad mecánica: Evolución de las malformaciones, tales como depósitos de limos y arcillas, acumulación de sulfatos y otras sales por arrastre y evaporación, cuantía y datación de los depósitos de carbonato cálcico y crecimiento de cristales, desescamación superficial por efectos de sequedad, disgregaciones granulares, modificación de las diaclasas.

— Estabilidad térmica: Modificación de las isotermas en función de las modificaciones de temperatura y humedad ambientales y de los flujos de aire y energía.

— Estabilidad higroscópica: Variaciones de humectación con los flujos hidrológicos generales del ecosistema, con la humedad relativa ambiental y con la temperatura.

— Estabilidad cromática: Variaciones absolutas de las coordenadas tricromáticas con todos los factores indicados y variaciones relativas entre las distintas zonas con esos mismos factores.

3.º Estabilidad estructural del ecosistema.

Con el caudal de información que se ha detallado estaríamos en condiciones de abordar la segunda etapa de los objetivos generales del proyecto.

Posiblemente al año de empezar el primer ciclo de medidas podríamos tener cubierta parte de la primera etapa, aunque muchos de los objetivos requieren una serie continuada de observaciones y medidas, con las que se podrían ir perfilando las conclusiones, ya que para que estas sean prácticamente definitivas se requiere, como venimos diciendo una investigación continua de seguimiento.

## OBSERVACIONES

— El proyecto elaborado intenta solucionar la problemática que creemos más importante, pero precisamente por no ser exhaustivo, obviamente puede experimentar las modificaciones convenientes que imponga la marcha de las investigaciones.

— Por otra parte, en el momento de redactar este proyecto, es evidente que el equipo inicial de trabajo debe ampliarse ante la extensa gama de objetivos que se persigue.

Octubre, 1979.

- 1.—Entrada a la Cueva.
- 2.—Sala de Policromos.
- 3.—Resto de la Cueva.

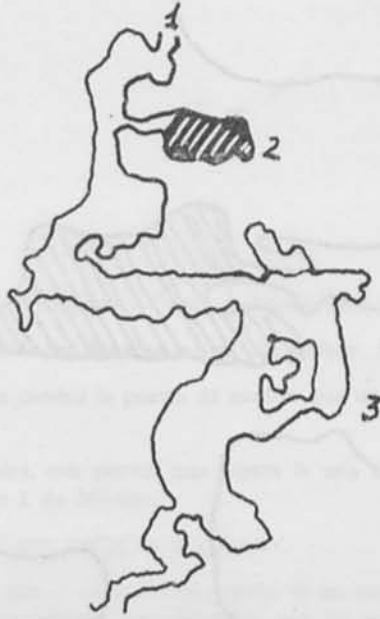


Figura 1

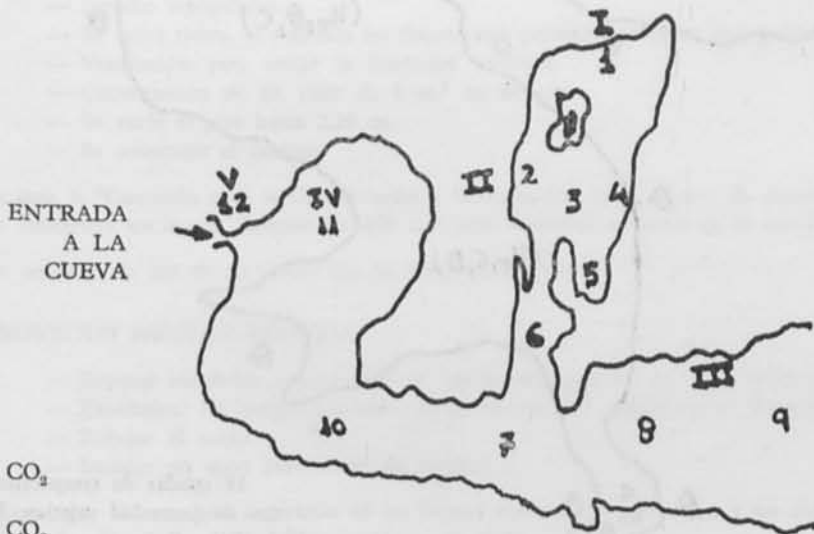


Figura 2

- I.— $\theta$ , Hr,  $CO_2$
- II.— $\theta$ , Hr
- III.— $\theta$ , Hr,  $CO_2$
- IV.— $\theta$ , Hr
- V.— $\theta$ , Hr

NOTA: El plano de la Cueva no está a escala.

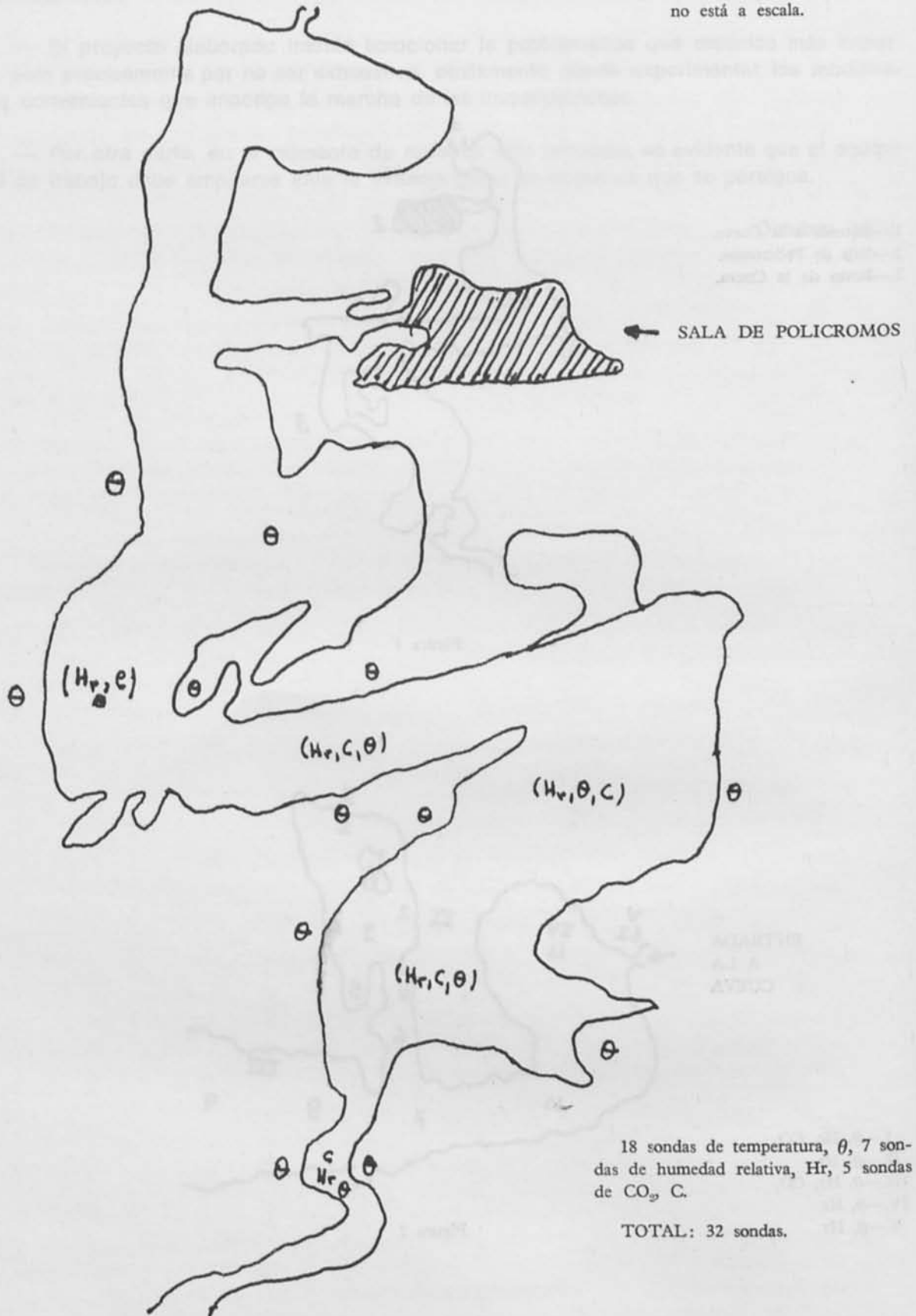


Figura 3

## APENDICE I

Resumen de las Comisiones establecidas y Proyectos y Obras realizadas para la conservación de las Cuevas de Altamira.

- 1879: Marcelino Sanz de Sautuola hace instalar una puerta de madera. Se ilumina con velas.
- 1880: El Ayuntamiento de Santillana cambia la puerta de madera por una de hierro y nivela la entrada que era muy pendiente.
- 1908: Se construye el muro de piedra, con puerta, que separa la sala de pinturas del resto, con los 1.000 francos dados por el Príncipe Alberto I de Mónaco.
- 1905: Se cambia la iluminación con velas por la de Acetileno.
- 1906: Cartailhac y Breuil descubren que el techo de policromos es un estrato de 60 a 80 cm. de espesor desprendido del estrato superior, partido en bloques, que aguantan por las presiones laterales mutuas. (Suponen que es muy peligroso).
- 1910-23: La "Junta de Conservación de la Cueva" del Ayuntamiento de Santillana, apuntala piedras y abre caminos (vocal técnico Hermilio Alcalde del Río).
- 1924: La "Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades de la Dirección General de Bellas Artes" aprueba el

PROYECTO CORRAL (Ing. de Caminos Alberto Corral) a petición de Obermaier y Carballo.

- Estudio topográfico.
- Se quita tierra, se rellenan las fisuras con cemento, se cubre con portland.
- Ventilación para evitar la humedad excesiva.
- Construcción de un pilar de 1 m.<sup>3</sup> de sección.
- Se vacía el piso hasta 2,20 m.
- Se construye el camino.

Se crea la "Comisión para la Conservación y Restauración de la Cueva de Altamira" para el Proyecto Corral. Se construye un muro ciclópeo de 400 m.<sup>2</sup> para sustentar el techo en el vestíbulo.

- 1932: Se sustituye la luz de Acetileno por la Eléctrica.

1941: PROYECTO INIGUEZ-BRINGAS.

- Reparar los daños ocasionados por un huracán en los edificios exteriores.
- Exterminar los hongos generales en la madera que quedó en el hormigón.
- Rebajar el suelo.
- Instalar un apeo provisional de madera.

Afirma que el hormigón inyectado en las fisuras aumenta la sobrecarga y no suelda. Recuerda el peligro de las filtraciones en el techo.

Por O. M. 24-12-41 se crea una Comisión Especial.

Se construyen en el fondo de la Sala unos muretes.

1957: PROYECTO GARCIA LORENZO.

- "Coser" los estratos con cepos de hormigón para evitar el "deshojamiento".
- Sustituir el apeo provisional de madera por un muro de fábrica.

- Aislar la cueva del exterior mediante cierre de doble puerta.
- Sustituir el alumbrado incandescente por tubos fluorescentes con filtros U. V.
- Estudiar las características climáticas de la cueva.
- Seguir de cerca los estudios de Lascaux.
- Régimen restrictivo de visitas.

1960-68: Se construyen los 3 grandes pabellones.  
Se construye el parking.

1976: Se crea la COMISION TECNICA por O. M. 22-1-76.

El material que utiliza es del CSIC, del Patronato de las Cuevas Prehistóricas de la Provincia de Santander, de la Dirección General del P. Artístico y de la Universidad de Madrid.

## APENDICE II

Bibliografía más interesante en relación al trabajo realizado por las Comisiones anteriores.

- Informes realizados por Alfredo García Lorenzo y Jesús Endériz García sobre el estado de conservación de la Cueva de Altamira de fecha de 16-III-1970.
- Informe de la Comisión Técnica Investigadora de Altamira de 27-II-1976.
- Informe de la Comisión Técnica de 16-IX-1976.
- Informe sobre la reunión conjunta de las Comisiones Técnicas para la conservación de Altamira y Lascaux de 29-I-1977.
- Informe de D. J. M.<sup>a</sup> Cabrera Garrido de 23-XI-1977.
- Conferencia de D. J. M.<sup>a</sup> Cabrera Garrido sobre Las Cuevas de Altamira y su Conservación de 1-III-1978.
- Nota informativa de D. Eduardo Ripoll Perelló sobre los trabajos de la Comisión Técnica de 6-III-1978.
- Programa de trabajo para el estudio de conservación de Altamira propuesto por D. J. M.<sup>a</sup> Cabrera Garrido de 3-IV-1978.
- Notas sobre la Comisión de Altamira de D. Eduardo Ripoll Perelló de II-1979.
- Carmen C. González Vázquez, "Población microbiana en la cueva de Altamira, estudio de sus efectos sobre las pinturas" (1 de abril de 1976).
- Eduardo Porta, "Informe sobre estancia en Altamira de los días 21 a 26 de septiembre de 1976".
- José M.<sup>a</sup> Xarrié Rovira, "Informe sobre la estancia en las cuevas de Altamira, 11, 12 y 13 de octubre de 1976".
- Antonio Cendrero, "Estudio geológico, litológico y geoquímico, propuesta de trabajos" (26 de marzo de 1976).
- J. Fayos (por encargo de J. Blanco), "Difracción de Rayos-X sobre muestras policristalinas de estalactitas "doblas" de Altamira" (1977).
- José M.<sup>a</sup> Cabrera, "Materiales de pintura en la cueva de Altamira" (presentado al ICOM, 10 de diciembre de 1977).
- Jaime Martí (por encargo de J. Blanco), "Informe sobre los estudios realizados en la cueva de Altamira (difracción de Rayos-X)" (1977).
- F. J. Valle, J. S. Moya y A. Cendrero, "Estudio de la roca soporte de las pinturas rupestres de la cueva de Altamira" (marzo de 1978).
- "A comparative study of the microorganism present in the Altamira and La Pasiega Caves". Somaville J. F. Khayyat N. y Arroyo, V. (International Biodet, Bull. Vol. 14 - n.º 4 - 1978).
- José M.<sup>a</sup> Cabrera, "Evolución material de la cueva de Altamira" (21 de noviembre de 1977).