

Estudi de conservació de l'Abric de Pinos (Benissa, Alacant): patologies i causes de deterioració d'un jaciment amb art rupestre llevanti

A case study in conservation at Abric de Pinos
(Benissa, Alicante): pathologies and causes of deterioration
of a site with levantine rock art

GEMMA BARREDA USÓ

Av. Benicàssim, 8, esc. 3, 2n 1a, E-12004, Castelló de la Plana
gemmausos@yahoo.es

M.^a ANTONIA ZALBIDEA MUÑOZ

Departament de Conservació i Restauració de Béns Culturals
Universitat Politècnica de València
Camí de Vera, 14, E-46022, València
manzalmu@crbc.upv.es

Aquest estudi proporciona una avaluació exhaustiva de l'estat de conservació que presenta l'Abric de Pinos (Benissa, Alacant). El treball ofereix una identificació de les alteracions i un diagnòstic de les diferents patologies que afecten la conservació del suport petri. L'article tracta de determinar les causes que provoquen les alteracions per tal de proposar mesures pal·liatives per a garantir la conservació d'aquest tipus d'art. Aquest estudi té en compte les singularitats que caracteritzen l'art rupestre llevanti, derivades de la seua pròpia naturalesa geològica i de les condicions mediambientals a les quals està directament exposat. L'objectiu final és contribuir a conscienciar la comunitat científica, els gestors del patrimoni a la població de la vulnerabilitat d'aquest art i de la necessitat d'augmentar els estudis de conservació d'aquest tipus per tal de garantir la seua preservació a curt i a llarg termini. A més a més, fa un pas endavant per a donar a conèixer els resultats de les investigacions científiques i les intervencions de conservació dutes a terme en aquests tipus d'indrets declarats Patrimoni de la Humanitat, que moltes vegades resten inèdits en detriment de l'avanç del coneixement en un àmbit tan important com és el de la conservació de l'art rupestre prehistòric a l'aire lliure.

PARAULES CLAU

ART RUPESTRE, ABRIC, CONSERVACIÓ, DETERIORAMENT, ALTERACIÓ PÈTRIA

This study provides an in-depth evaluation of the state of conservation of abric de Pinos (Benissa, Alacant) rock art site. This paper offers an identification of the main alterations as well as a diagnostic of the different pathologies affecting the conservation of the rock surface. The article aims at determining the causes behind the alterations in order to propose palliative measures to guarantee the conservation of this type of rock art. This study takes into account the singularities characterising Levantine rock art, deriving from the geological nature and the environmental conditions to which they are exposed. The final aim is to contribute to raise awareness among the scientific community, the managers of this heritage and the public on the vulnerability of this art and the need to increase conservation studies such as this one in order to guarantee the short and long term preservation of this art. In addition it goes one step further to contribute to publish the results of the scientific research and the conservation interventions conducted in these type of sites included in UNESCO World Heritage List. These interventions often remain unpublished, thus limiting the advance of knowledge in such an important field, such as research on conservation of open air rock art sites.

KEY WORDS

ROCK ART, ROCK SHELTER, CONSERVATION, DETERIORATION, ROCK ALTERATION

1. Introducció

Les pintures rupestres prehistòriques conservades a l'Abric de Pinos estan adscrites, per les seues característiques estilístiques, a dues tradicions artístiques postpaleolítiques: l'art llewantí i l'art esquemàtic. Aquestes pintures es troben representades sobre una superfície rocosa d'origen calcari-dolomític¹ de formació càrstica, on els grans i la matriu estan constituïts predominantment per carbonat càlcic. L'estat de conservació que presenten les pintures i el suport rocós de l'abric és el característic que afecta aquest tipus de representacions a l'aire lliure. S'hi observa la degradació natural del suport rocós, fenomen geològic que està en contínua evolució i que es produeix com a conseqüència d'un envelliment natural del mateix material constituent.

El present treball proporciona un inventari detallat de les diferents patologies que afecten la conservació de l'Abric de Pinos i tracta de determinar les causes que les provoquen, tot valorant com influeixen en la conservació de les pintures rupestres localitzades en aquest enclavament. Els principals objectius d'aquest treball són:

— Establir l'estat de la qüestió sobre aquest enclavament, a partir d'una revisió bibliogràfica com a punt de partida de la investigació.

1. La determinació de la composició de la roca es va realitzar en el laboratori d'estudi de materials de l'Institut Valencià de Conservació i Restauració de Béns Culturals (IVCR) l'any 2011, pels tècnics Juanes D. i Ferrazza L. Mitjançant l'extracció de tres mostres de material petrí, es va determinar que es tractava d'una roca calcària-dolomítica i es va poder establir la profunditat de les alteracions i identificar la naturalesa de les distintes capes de substrats dipositats en superfície. El resultat d'aquestes analítiques, realitzades tant amb SEM-EDX com amb el microscopi òptic en secció estratigràfica, es poden consultar a Barreda, 2012.

- Detectar i verificar a través de l'anàlisi i l'estudi del suport els diversos tipus d'alteracions que presenta l'Abric de Pinos.
- Realitzar mapes d'alteracions que registren aquestes alteracions.
- Establir plans d'acció per intentar pal·liar la degradació del suport i de les pintures.

Diagnosticar les patologies i alteracions, a més de caracteritzar el tipus de roca i d'avaluar l'impacte dels processos de meteorització que afecten la conservació de l'art rupestre llevantí, és el primer pas a seguir per tal de garantir la seua preservació a llarg termini (Alloza *et al.*, 2009; 2012; 2016; Beltrán, 1979; Barreda, 2016; Ballester, 2003; Cardenas, 2013; Darvill *et al.*, 2014; David, 2008; Guillamet, 1990; Hoerlé, 2005; Portillo *et al.*, 2009; Magar, 2002; Royo *et al.*, 2013). Aquest tipus d'anàlisi constitueix necessàriament el protocol previ que ens ajudarà a determinar quina mena d'intervenció requereix el jaciment, ja siga el suport o les representacions, i la urgència d'actuació que asseguri la seua estabilitat (Alloza *et al.*, 2016; Hernández *et al.*, 2013; Roldán, 2012; Royo, *et al.*, 2013). L'estudi de les patologies que afecten la conservació de l'art rupestre a l'aire lliure és un tema que ha rebut encara poca atenció, comparat amb els estudis que aborden la mateixa temàtica en contextos cavernosos (Bourges, 2014; Brunet *et al.*, 1980; 1985; 1996; 2000; Darvill *et al.*, 2014: 22; Sáiz-Jiménez, 2013; Lasheras, 2002; Lastennet, 2011; Sánchez-Moral *et al.*, 1999; 2000; 2008; 2012; 2014). En aquest sentit destaquen llocs com Altamira, on des de l'any 1977 comencen a detectar-se les primeres alertes referents a la degradació i s'hi inicien actuacions encaminades a regular les visites turístiques dintre d'un programa de conservació. En el marc d'aquest programa s'instauen plans de preservació on s'estipulen les pautes d'investigació per a conèixer el procés de configuració geològica i geomorfològica, a més d'estudiar la composició mineralògica i geoquímica de la roca, l'evolució i l'estabilitat del carst, la circulació i la qualitat de l'aigua i els processos d'alteració que aquesta genera. A més, es realitzen anàlisis microclimàtiques de temperatura, tant de l'aire com de la roca, d'humitat relativa i absoluta, de pressió atmosfèrica, de circulació de l'aire, biològiques i microbiològiques, etc. Per aquest motiu es fa necessària la monitorització continuada de la cova per a establir i conèixer les condicions ambientals a què estan exposades les pintures.

Aquests estudis pioners s'han fet extensius a altres llocs cavernosos, com ara Arenaza i Santimamiñe en el País Basc; La Pasiega, Covalanas, El Castillo i Chimeneas en Cantàbria; Tito Bustillo, Llonín, etc. en Astúries; Los Casares en Guadalajara, o la cova de Nerja en Màlaga (Fortea *et al.*, 1993; 2000: 17-18; Moreno *et al.*, 2005: 218-219).

Posteriorment aquesta metodologia d'investigació es traslladarà també a cavitats ubicades a l'aire lliure. En la dècada dels anys noranta es va realitzar una sèrie d'estudis en abrics d'Andalusia com Peñas de Cabrera, la cova del Tajo de las Figuras, la cova d'Atlanterra i la cova De los Alemanes, la cova de Los Letreros, La Graja i la cova d'El Encajero. L'objectiu d'aquests estudis era diagnosticar els processos d'alteració, determinar-ne l'entorn geològic i geogràfic, analitzar la xarxa de diaclasat/fracturació, estudiar la hidrologia de les cavitats i caracteritzar mineralògicament el tipus de roca (Sánchez-Moral *et al.*, 2008: 240-242).

Les aportacions dels estudis previs, tant petrogràfics com del comportament fisico-químic de la roca i la seua interacció amb les condicions mediambientals que l'envolten, junt a l'acció biològica i microbiològica, determinen les causes dels mecanismes de deteriorament i els factors que han intervingut en els processos d'alteració. Part d'aquesta informació s'obté mitjançant la monitorització dels abrics amb la instal·lació d'aparells termohigromètrics. Aquesta pràctica s'ha dut a terme en alguns jaciments d'Aragó en els parcs culturals del riu Vero, del riu Martín i a Albarracín (Alloza *et al.*, 2012; 2013; 2016; Hernández *et al.*, 2013). Tota la informació preliminar, tant intrínseca com extrínseca del suport i els estudis de l'entorn de l'abric, constituirà el punt de partida per a desenvolupar els criteris de restauració adients abans d'efectuar una intervenció. Aquestes dades ens aportaran informació de les pautes precises per a establir quins són els productes compatibles amb el suport, i a partir d'aquí iniciar els assajos tant en laboratori com in situ, que ens concretaran com i quan aplicar-los (Barreda, 2016; Fort, 2012; Tabasso, 2006).

2. Localització geogràfica de l'Abric de Pinos

L'Abric de Pinos és un conjunt pictòric d'art rupestre llevatí que pertany al terme municipal de Benissa, en la província d'Alacant (Comunitat Valenciana). El jaciment està situat en un paratge prelitoral (fig. 1), una ubicació que influirà en alguns dels processos de deteriorament detectats en aquest conjunt. El jaciment està emplaçat en el vessant occidental de

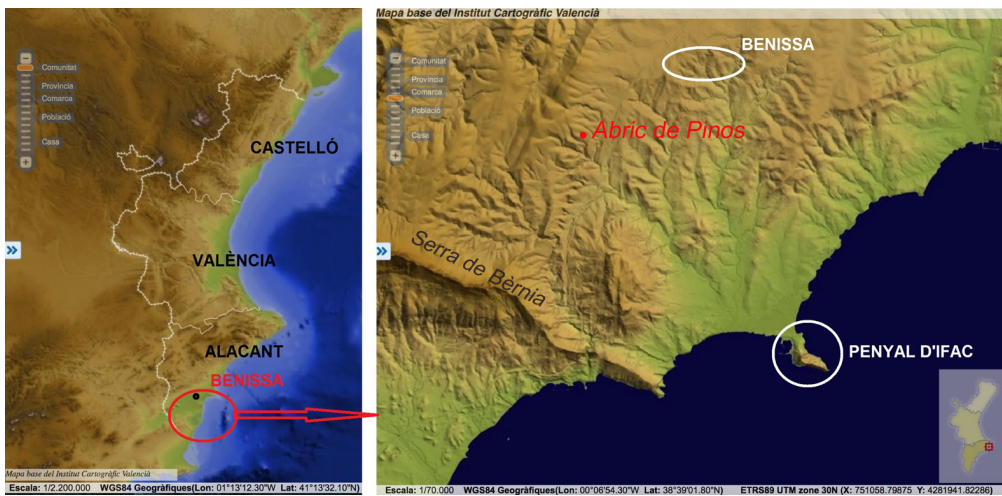


Figura 1. Ubicació de l'Abric de Pinos (Benissa, Alacant). Imatges obtingudes de l'Institut Cartogràfic Valencià [en línia]. Consulta: 8 de març 2017. Disponible en <http://www.icv.gva.es>.



Figura 2. Cavitat rocosa on es troba situat l'Abric de Pinos (Benissa, Alacant). Detall del tancament (Barreda, 2012).

la serra de la Solana, concretament en la zona denominada Morro de la Francesa, i queda tancat pels barrancs de Creus i Parsolo. L'abric és de fàcil accés per la carretera comarcal CV-749. A peu de carretera es troba l'indicador de les pintures, i estan situades a 40 m de la carretera, pujant cap al Sud per un pendent xicotet.

La cavitat rocosa en la qual se situen les pintures fa 5 m de profunditat per 7 m d'alçada (Ronda, 1990: 13-23). Actualment està tancada al públic per un enreixat de ferro instal·lat l'any 1995 (fig. 2). El tancament és una paret de pedra en sec (de aproximadament un metre d'alçada), sobre la qual es va ancorar l'enreixat. Al recinte de protecció s'accedeix a través d'una porteta lateral (1 × 0,70 m).

Les pintures prehistòriques d'aquest abric es van descobrir l'any 1970 i van ser analitzades pels investigadors Mauro Hernández Pérez, Pere Ferrer i Enrique Català, que realitzaren l'estudi, els calcs i la descripció dels motius conservats. Les manifestacions artístiques estan distribuïdes en quatre panells (fig. 3) i, per les seues característiques estilístiques, han estat adscrites a dues tradicions rupestres postpaleolítiques: l'art llewantí i l'art esquemàtic (Hernández *et al.*, 1988: 312).

Des del punt de vista geològic, el territori en el qual es troba l'Abric de Pinos pertany al denominat Prebètic. L'abric rocós on es troben les pintures està format per materials calcaris del període Mesozoic (de sedimentació) que van ser elevats amb l'orogènia alpina en el període Terciari, alternant-se estrats durs amb uns altres de més tous. Com a conseqüència d'aquesta alternança d'estrats, s'ha donat lloc a la formació de cavitats, originades a partir d'un procés d'erosió per dissolució denominat carstificació. Aquest fenomen es veu afavorit per la presència de fissures que es fan en la roca permeable, cosa que facilita la penetració de l'aigua, que és el principal factor que intervé en la formació dels abrics, així com altres agents d'alteració físics com l'erosió èolica (Viñas, 1982: 18).

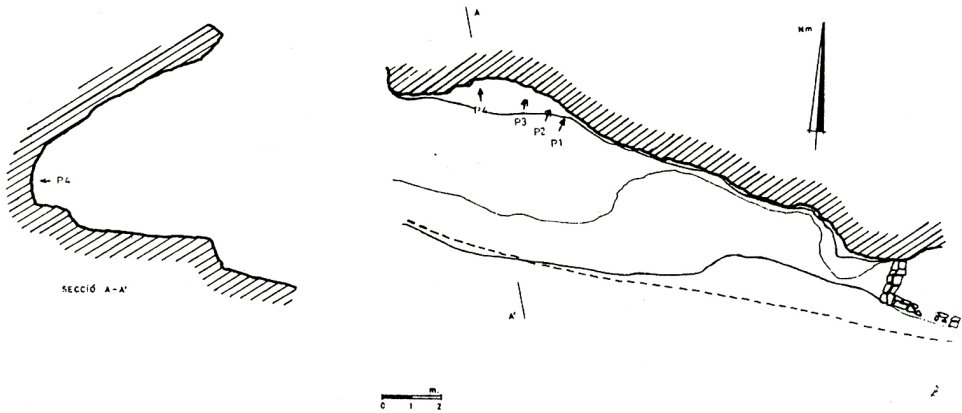


Figura 3. Planimetria de l'Abric de Pinos (secció i planta de la cavitat). Senyalització dels quatre panells de pintures rupestres (Hernández *et al.*, 1988).

3. Metodologia

Per a poder abordar correctament l'estudi de les patologies, determinar l'estat de conservació i les mesures pal·liatives adients per a garantir la preservació de l'Abric de Pinos, va ser necessari establir una metodologia de treball dividida en quatre blocs:

1. Un primer bloc, referit a la recerca bibliogràfica i la documentació científica (que ha estat sintetitzada a l'apartat anterior), referent tant a la història del descobriment i la recerca de l'Abric de Pinos com a les intervencions o actuacions de restauració² realitzades allà.
 2. Un segon bloc, relatiu a la fase de registre fotogràfic i documentació gràfica. Se'n van obtenir macrofotografies digitals tant a nivell general de l'abric com dels detalls de les distintes alteracions detectades: fissures, descamacions, desprendiments, bioalteracions, grafit, etc., per a poder efectuar després el seguiment d'aquestes afeccions.
 3. Un tercer bloc, destinat a la caracterització mineralògica de la roca i a la realització d'anàlisis científiques per a determinar l'origen de les capes de substrats depositades en superfície. Per a obtenir aquesta informació es van extraure mostres de roca que van ser estudiades al microscopi òptic (fig. 4) i al microscopi electrònic d'escaneig (SEM-EDX) (fig. 5).
 4. Un quart bloc, destinat a l'anàlisi in situ del suport, en el qual es realitzen els mapes d'alteracions i es fa el registre de patologies detectades. En aquesta fase s'utilitza com a guia la classificació d'alteracions realitzada per Esbert (1997) (Taula 1). A partir
2. Intervenció de restauració realitzada en 2011 per l'Institut Valencià de Conservació i Restauració de Béns Culturals.

ORIGEN	ALTERACIONS	TIPUS		
NATURAL	1. PÀTINES.	1.1. Envelliment natural. 1.2. Biogèniques. 1.3. Cromàtiques artificials 1.4. Brutícia superficial.		
	2. DIPÒSITS SUPERFICIALS.	Acumulació de matèria de origen divers: <ul style="list-style-type: none"> • Pols. • Fum. • Follí. • Guano. • Microorganismes. 		
	3. CONCRECIONS.	3.1. Salina o efflorescències. 3.2. Calcàries o colades.		
	4. PRÈDUA DE MATERIA.	Formació de buits.	4.1. Produïda per l'acció mecànica: <ul style="list-style-type: none"> • Escoriació. • Estriats. • Acanaladures. • Vermiculacions. 	4.2. Produïda per l'acció físic-química: <ul style="list-style-type: none"> • Picat. • Alveolització. • Tafonització. • Excavació. • Formació de cavernes.
			NO Formació de buits.	4.3. Erosió. Arenització. Polvorització.
	5. DEFORMACIONS	5.1. Produïts per canvis higromètrics: <ul style="list-style-type: none"> • Butlloaments. • Bombaments. 5.2. Deformació d'origen tèrmic. <ul style="list-style-type: none"> • Combaments. 		
	6. RUPTURES I DISJUNSIONS.	RUPTURES (Es produeixen en perpendicular a la superfície)	6.1. Microfissures. 6.2. Fissures o esquerdes. 6.3. Fractures. 6.4. Fragmentació (Despreniment total de la matèria).	
		DISJUNSIONS (Es produeixen en paral·lel a la superfície)	6.5. Descamacions. 6.6. Separació de plaques. 6.7. Exfoliació.	
7. BIOALTERACIÓ.	7.1. Biopàtines. 7.2. Biocostres. 7.3. Puntejat. 7.4. Ruptures. 7.5. Ruptures y disjuncions.			
ANTRÒPIC	8. ANTROPIQUES.	8.1. Excoriacions. 8.2. Colps. 8.3. Incisions. 8.4. Graffió. 8.5. Intervencions anteriors. 8.6. Lixiviació. 8.7. Alteració visual del entorn.		

Taula 1. Alteracions que pot sofrir un abric amb pintura rupestre; s'hi ha utilitzat com a guia la classificació de Esbert (1997).

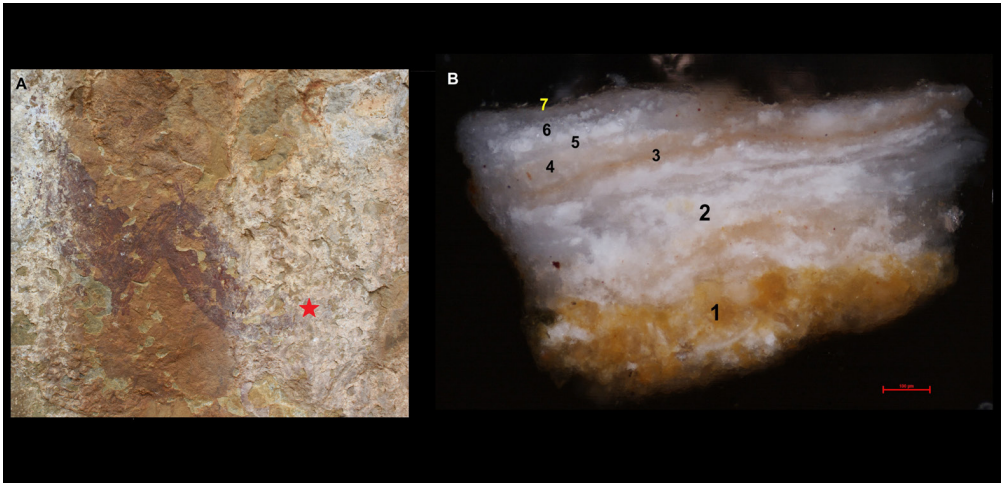


Figura 4. A) Ubicació del lloc de on es va extreure una de les mostres del suport petri de l'Abric de Pinos (Benissa-Alacant), per a ser analitzada al microscopi òptic. Es va escollir una zona que aporta la màxima informació; en aquest cas, la figura del cèrvid. B) Secció estratigràfica de la mostra anterior, assenyalant les set capes detectades: 1. Suport d'aspecte caramel·litzat compost de calcita, dolomita, silicats i una xicoteta quantitat de terres. 2. Capa similar a l'anterior, però en major quantitat de magnesi i sense presència de terres. 3. Suport calcari amb major proporció de magnesi. 4. Suport de pedra calcària. 5. Capa fina de sulfat càlcic. 6. Capa de calcita, dolomita i aluminosilicats. 7. Capa de sulfats càlcics de neoformació. (Barreda, 2012).

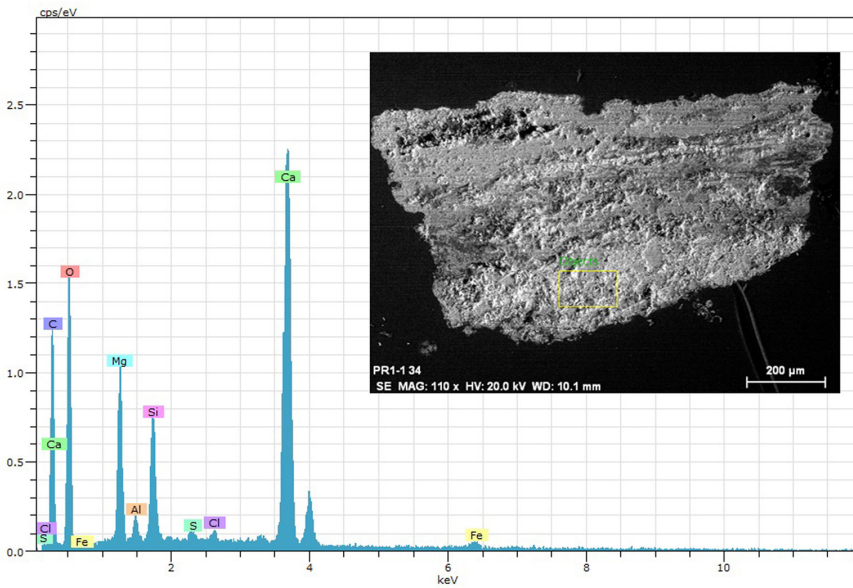
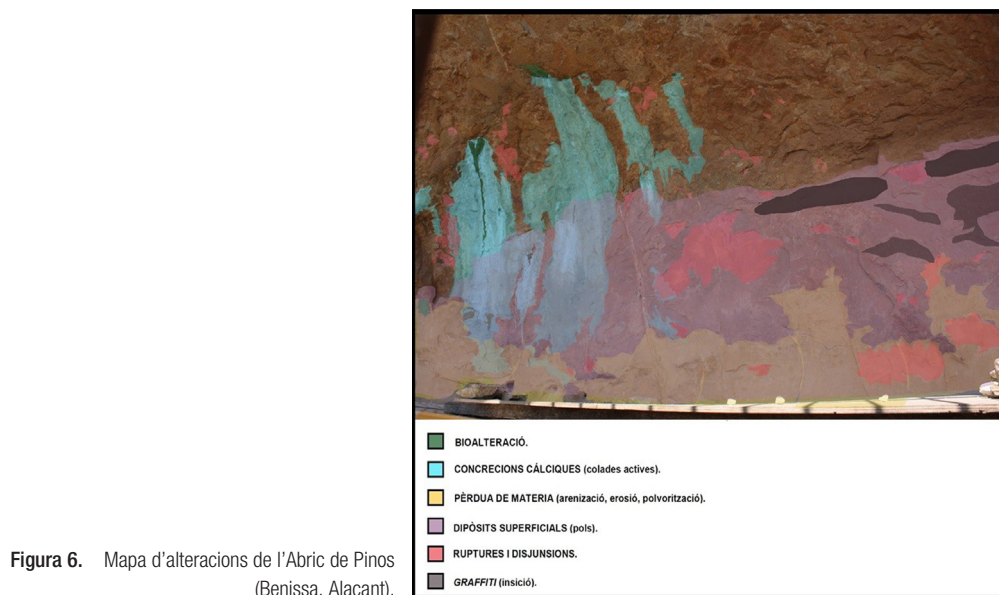


Figura 5. Anàlisi al SEM de la mostra anterior. En l'espectre EDX s'observa la presència de calci i magnesi procedent de la calcita i la dolomita i, per altra banda, l'alumini, el silici i el ferro procedents de la composició de les terres (Barreda, 2012).



d'aquest referent, utilitzat anteriorment per Ballester (2003), s'elaboren els mapes d'alteracions (fig. 6), on queden reflectides, d'una manera gràfica, cadascuna de les afeccions que incideixen en l'abric (sempre referenciades amb fotografies) i una fitxa tècnica (fig. 7) on queden registrats els estudis realitzats al jaciment.

En línies generals, les alteracions d'aquests enclavaments d'art rupestre es poden classificar en dos grans grups: les naturals i les d'origen antròpic; aquesta és la classificació més utilitzada en els textos que estudien aquest argument (Sastre, 2010: 275; Beltrán, 1988: 63-72). Hi ha molts matisos, tipologies d'alteracions i maneres d'agrupar-les. Com matisen altres autors (Amoroso, 2002: 47; Alcalde, 1996), totes les alteracions de la superfície rocosa s'evidencien per mitjà d'indicadors visuals (San Nicolás, 1995; Rogerio, 2008) que serveixen d'alerta per a detectar la seua presència.

S'entén per alteració qualsevol fenomen fisicoquímic, biològic (Portillo, *et al.*, 2009) i humà que modifiqui les propietats originàries dels materials i degradi el suport rocós i la pintura. Les causes de deteriorament poden ser fisicomecàniques, com ara els efectes de dilatació i contracció ocasionats per les variacions atmosfèriques, o causades per agents biològics i antròpics.

L'art parietal trobat en abrics, per les seues condicions d'exposició directa a l'aire lliure, és susceptible de patir processos d'alteració natural a causa dels efectes mediambientals i biològics, que provoquen canvis estructurals i de composició.

Les alteracions meteòriques o meteorització (Gómez-Heras, 2012: 87-95; Sánchez-Moral *et al.*, 1996: 1224) són conseqüència de diferents processos i mecanismes físico-

FITXA TÈCNICA. ART RUPESTRE

CONTROL TÈCNIC.

Supervisió tècnica: Equip de conservació-restauració: O. Barreda Usó i M.ª A. Zalbidea Muñoz Data: Març 2011.

Institució:

Projecte: Estudi de conservació de l'Abric de Pinos. Patologies i causes de deterioració.

IDENTIFICACIÓ DEL jaciment.

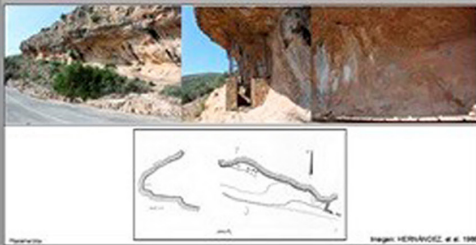
Nombre del jaciment: Abric de Pinos.

Localització: Benissa-Alacant

Període estílic: Art rupestre postpaleolític; Art Levantí i esquemàtic.

Tipologia:
 Pintura Gravats

IMAGEN DEL jaciment.



Imatge: HERVÁSQUEZ, et al. 1988

1

ESTAT DE CONSERVACIÓ.

Registre d'alteracions:

ORIGEN	ALTERACIÓ	TIPIUS
NATURAL	1. PATINES	1.1. Enveliment natural <input checked="" type="checkbox"/> 1.2. Biogèntics <input checked="" type="checkbox"/> 1.3. Cromàtics artificials <input type="checkbox"/> 1.4. Bruts superficials <input checked="" type="checkbox"/> Acumulació de matèria d'origen divers: • Fum <input type="checkbox"/> • Fènols <input type="checkbox"/> • Fèrrils <input type="checkbox"/> • Guano <input type="checkbox"/> • Microorganismes <input checked="" type="checkbox"/>
	2. INCORPORACIÓ SUPERFICIALS	3.1. Salins i sulfonacions <input checked="" type="checkbox"/> 3.2. Calcis i carbonats <input checked="" type="checkbox"/>
	3. CONDICIONS	4.1. Produïda per l'acció mecànica: • Escorçament <input type="checkbox"/> • Erosió <input type="checkbox"/> • Acumulacions <input type="checkbox"/> • Verticilacions <input checked="" type="checkbox"/> Formació de bolls: 4.2. Produïda per l'acció fotoquímica: • Pucis <input type="checkbox"/> • Alveolacions <input type="checkbox"/> • Tufificacions <input type="checkbox"/> • Escorçament <input type="checkbox"/> • Formació de coves <input type="checkbox"/> NO Formació de bolls: 4.3. Erosió <input checked="" type="checkbox"/> Arenització <input checked="" type="checkbox"/> Pulverització <input checked="" type="checkbox"/>
	4. FREÏDA DE MATÈRIA	5.1. Produïda per canvis topogràfics: • Buïtaments <input checked="" type="checkbox"/> • Bombaments <input checked="" type="checkbox"/> 5.2. Deformació d'equilibri: • Canviament <input checked="" type="checkbox"/>
	5. DEFORMACIONS	6.1. Microfissures <input checked="" type="checkbox"/> 6.2. Fissures a grans <input checked="" type="checkbox"/> 6.3. Fissures <input checked="" type="checkbox"/> 6.4. Fragmentació (Desgremament total de la matèria) <input checked="" type="checkbox"/> 6.5. Escamiacions <input checked="" type="checkbox"/> 6.6. Separació de plaques <input checked="" type="checkbox"/> 6.7. Ebullició <input checked="" type="checkbox"/>
	6. RUPTURES I DILATACIONS	

2

ANTROPIC	7. SIGILITACIÓ <input checked="" type="checkbox"/>	7.1. Bisbitines <input checked="" type="checkbox"/> 7.2. Bisbitines <input checked="" type="checkbox"/> 7.3. Pintures <input type="checkbox"/> 7.4. Rupures <input checked="" type="checkbox"/> 7.5. Rupures i dilatacions <input checked="" type="checkbox"/>
	8. ANTRÒPIQUES <input checked="" type="checkbox"/>	8.1. Excavacions <input checked="" type="checkbox"/> 8.2. Colps <input checked="" type="checkbox"/> 8.3. Incisions <input checked="" type="checkbox"/> 8.4. Graffats <input type="checkbox"/> 8.5. Intervencions anteriors <input type="checkbox"/> 8.6. Unió <input type="checkbox"/> 8.7. Alteració visual del entorn <input checked="" type="checkbox"/>

UBICACIÓ GRÀFICA DE L'EXTRACCIÓ DE MOSTRES I NOMENCLATURA.



Imatge de l'ubicació de les extraccions

PROPOSTA D'INTERVENCIÓ.


SEGUIMENT PREVENTIU D'ALTERACIONS.

Imatge de les alteracions que eleven dur un seguiment Data inicial: 2011	Imatge de les alteracions revertides Data revisió:
---	---

OBSERVACIONS.

3

MAPA D'ALTERACIONS.



Imatge del mapa d'alteracions del jaciment

ANALÍTICA	LABORATORI	TÈCNIC	DATA
• Petrologia, caracterització de la roca <input checked="" type="checkbox"/>	IVCR	D. Jaume L. Ferriss	2011
• Microscòpia Òptica <input checked="" type="checkbox"/>	IVCR	G. Barreda Usó	2011
• Microscòpia Electrònica de Barrils SEM-EDX <input checked="" type="checkbox"/>	UPV	L. Oute	2011
• Colorimetria <input checked="" type="checkbox"/>	IVCR	D. Jaume L. Ferriss	2011
• Anàlisis d'enveliment accelerat <input checked="" type="checkbox"/>	UPV	L. Oute	2011
• Anàlisis d'enveliment in situ <input checked="" type="checkbox"/>	Universitat de València	G. Barreda Usó	2011
• Anàlisis d'absorció d'aigua per capil·laritat <input checked="" type="checkbox"/>	UPV	G. Barreda Usó	2011

4

Figura 7. Exemple de fitxa tècnica d'art rupestre: Abric de Pinos (Benissa, Alacant).

mecànics, químics i biològics, els quals desembocaran en una progressiva descomposició química i disgregació mecànica del material rocós. La meteorització és un procés natural, lent, complex i irreversible (Esbert *et al.*, 1997: 39).

La degradació del material petri, conseqüència de la interacció amb el mitjà que l'envolta, es manifesta de diferents maneres, ja siga provocant canvis superficials de color, d'aspecte i de textura, com de composició mineralògica o química.

4. Diagnòstic de patologies i alteracions que afecten l'Abric de Pinos

En aquest apartat es mostra un inventari de les patologies diagnosticades a l'Abric de Pinos a partir de l'anàlisi visual del conjunt i la fitxa tècnica d'alteracions.

Com s'observa a la imatge (fig. 8), en línies generals es distingeixen clarament dues zones d'alteració en l'abric. La part inferior de la cavitat presenta un major grau de deteriorament que la superior, on es troben les pintures. Aquesta degradació diferencial pot ser



Figura 8. Alteracions físicomecàniques del suport petri de l'Abric de Pinos. Vista general de l'abric on s'observa com les parts inferiors que pateixen major insolació i canvis bruscs de temperatura, presenten en conseqüència major deterioració, descamació, pèrdues de suport rocós, i més pulverulència. També es detecten vessaments actius de carbonat càlcic, deguts a la circulació continuada d'aigua amb creixement biològic (Barreda, 2012).



Figura 9. Filtració continuada d'aigua que genera arenització i pulverulència en el suport (Barreda, 2012).



Figura 10. Arenització i pulverulència del suport petri (Barreda, 2012).

deguda al fet que la zona inferior pateix l'efecte de majors cicles d'insolació durant l'any, amb canvis bruscs de temperatura, que junt a les oscil·lacions de la humitat relativa ambiental i l'aportació de sals solubles procedents tant del mar com del subsòl o de l'alteració química de la mateixa roca (a causa de la filtració de l'aigua) (fig. 9), han ocasionat alteracions fisicomecàniques en el suport, i la descohesió interna de la roca en forma d'arenització (fig. 10), polvorització (la matriu interna es deteriora), deplacat, fissuració, etc.

En la zona superior la superfície no presenta arenització, però el suport mostra gran quantitat d'esquerdes i fissures on s'acumulen partícules de pols superficial, que, amb l'elevat grau d'higroscopicitat que les caracteritza, atrauen i retenen la humitat mediambiental ocasionant ruptures en forma de microfissures, esquerdes (fig. 11), fractures i fragmentació; disjuncions en forma de descamació (fig. 12), separació de plaques (fig. 13-14) i exfoliació, que finalment ocasionen despreniment del suport. Així mateix, aquestes fissures són proclius a acumular espores o llavors xicotetes que, amb el substrat dipositat i en presència



Figura 11. Ruptura de la superfície pètria en forma d'esquerdes (Barreda, 2012).



Figura 12. Disjunció de la superfície en forma de descamació (Barreda, 2012).

d'humitat, poden afavorir el creixement i el desenvolupament biològic, amb l'acceleració del despreniment de la superfície en plaques. Desafortunadament, aquest fenomen afecta tota la superfície, fins i tot les representacions pictòriques. Aquestes esquerdes, a més a més, són òptimes perquè els insectes niïn, l'acció dels quals accelera el procés de despreniment del suport i doten d'una major fragilitat aquestes zones.

Si observem detalladament les alteracions que presenta la cavitat, s'hi aprecien dipòsits de brutícia superficial, concretament acumulacions de pols (fig. 15) sobre la pàtina homogènia de color ataronjat que recobreix tota la superfície rocosa. Aquesta lleugera capa de color encaramel·lat sembla ser la pàtina característica que formen els oxalats càlcics (CaC_2O_4) (fig. 16). A diferència d'altres concrecions càlciques, l'oxalat càlcic³ es

3. L'oxalat càlcic sol aparèixer en forma de dos minerals: whewell·lita ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), oxalat càlcic monohidratat, i weddel·lita ($\text{CaC}_2\text{O}_4 (2+x) \text{H}_2\text{O}$, $x \leq 0.5$), oxalat càlcic dihidratat.



Figura 13. Disjunció de la superfície en forma de deplacat (Barreda, 2012).



Figura 14. Deplacació de la superfície pètria (Barreda, 2012).

forma a partir del carboni ambiental i es fixa sobre la superfície rocosa com a resultat de l'activitat metabòlica de líquens i bacteris, cosa que genera sals insolubles en aigua, molt difícils d'eliminar (Alonso *et al.*, 2013; Feliu *et al.*, 2007; Hernanz *et al.*, 2010; Roldán, 2012; Vázquez-Calvo, 2012).

La part esquerra de la cavitat presenta vessaments actius que han generat concrecions calcàries (fig. 17), caracteritzades per la seua gran duresa, grossor i heterogeneïtat; s'han generat per la filtració d'aigua de pluja lleugerament àcida que ha dissolt la roca calcària transformant el carbonat càlcic en sulfats càlcics (Galán, 1991; Mora *et al.*, 2001: 88), que s'hi han depositat en forma de vessaments (fig. 18) que han ocultat part de les figures representades, a més de provocar processos de cristallització de sals que en ocasions exerceixen pressions i provoquen alteracions mecàniques en forma de desprendiments de la mateixa concreció (Sánchez-Moral *et al.*, 1996: 1225). Simultàniament en aquestes zones es generen biopàtines (fig. 19) (líquens, fongs, algues, cianobactèries). A més, la

Figura 15. Dipòsit de pols superficial, sobre la pàtina de color ataronjat generada per oxalats càlcics (Barreda, 2012)



Figura 16. Pàtina d'oxalats que recobreix tota la superfície de la cavitat (Barreda, 2012).



circulació continuada d'aigua afavoreix el desenvolupament de biòfits (molses) (fig. 20) i de plantes superiors (fig. 21), encara que aquestes últimes formacions descrites no afecten directament les pintures, però produeixen retenció d'humitat i creixement de les arrels que ocasionen fragmentació de la roca.

No obstant això, a mesura que ens aproximem al centre dels panells, s'observen diversos punts de filtració d'aigua que han generat nombrosos vessaments i halos blanquinosos (Zalbidea, 2007) (fig. 22), que han produït fenòmens de solució i recristal·lització de sals en superfície. Aquestes són degudes a la migració de les sals solubles en evaporar-se l'aigua de la xarxa porosa de la roca.

Les sals solubles són compostos iònics que cristal·litzen quan la concentració de la dissolució supera la saturació; ocasionen danys físics i químics en les pedres, quan la cristal·lització es produeix en el seu interior o en la seva superfície. Les alteracions que originen són provocades pels mecanismes de cristal·lització i hidratació. En el primer cas,



Figura 17. Formació de concrecions calcàries a causa de l'activitat dels vessaments continuats per la filtració d'aigua (Barreda, 2012).



Figura 18. Filtració d'aigua de pluja a través de les fissures de la roca (Barreda, 2012).



Figura 19. Formació de biopàtines (Barreda, 2012).

generen tensions a l'interior del porus o la fissura per l'embranchida que el cristall exerceix en augmentar la grandària. En el segon cas, el pas de la sal anhidra a la hidratada comporta pressions en les parets dels porus de la pedra.

Dintre del grup de les sals solubles trobem els clorurs (de sodi), els nitrats (de sodi, potassi i calci) i els sulfats (de sodi, potassi, magnesi i calci). Quan aquestes sals cristal·litzen a l'interior de la roca formen criptoflorescències (Zalbidea, 2008: 32); si la cristal·lització es produeix a l'interior del material, però prop de la superfície, es denomina subeflorescència i, si es produeix sobre la superfície, es formen eflorescències.

Les sals solubles es consideren un dels mecanismes d'alteració més dràstica que pateixen els materials petris; els fenòmens de solubilització/cristal·lització, hidratació/deshidratació, junt a les variacions higroscòpiques, poden provocar la seua destrucció (Amoroso, 2002: 119-127; González *et al.*, 2005: 2). Les més nocives per al material petri són aquelles que formen criptoflorescències i subeflorescències, perquè generen la ruptura de l'estructura interna de la roca (Fort, 2009: 24; Zalbidea, 2008: 32) amb alteracions en forma de butllofes (fig. 23), escates, exfoliació o arenització (fig. 24).

En aquest cas, s'observa com afecten més les figures del panell IV. Es tracta de dos cèrvids d'estil levantí enfrontats pels quarts posteriors. Els vessaments i halos blanquinosos oculten part del tronc i les potes davanteres (figs. 25-26), però no solament produeixen l'ocultació de les figures sota la capa de concreció, sinó que també provoquen desprendiments que arrosseguen amb ells part de la pintura, amb la qual



Figura 20. Alteració biològica per presència de biòfits (Barreda, 2012).



Figura 21. Creixement biològic de plantes superiors (Barreda, 2012).

cosa, si no es frena aquesta alteració, en poc temps aquestes representacions hauran desaparegut.

A les alteracions d'origen natural descrites cal afegir els danys d'origen antròpic (Ballester, 2003; Guillamet, 1990; 2000). Aquest abríc, abans de la restauració, presentava nombrosos grafits efectuats abans de la instal·lació del tancament de protecció en 1995. Els grafits van ser realitzats per incisió. Aquestes agressions eren generalitzades i s'escampaven al llarg de la superfície de l'abríc (figs. 27-28). A conseqüència d'això es produeix la pèrdua de la patina de color ataronjat dels oxalats que recobreixen la superfície, i queden les empremtes de color blanc al deixar la matriu de la roca al descobert. La realització de grafits es una pràctica molt habitual en aquest tipus de enclavaments, més encara si es troben situats en llocs de fàcil accés com és el cas de l'Abric de Pinos, on al voltant s'han detectat restes metàl·liques d'ancoratges típics d'escalada (fig. 29).



Figura 22. Vessaments de carbonat càlcic que afecten directament les figures representades (Barreda, 2012).

5. Proposta d'intervenció preventiva

Una vegada analitzada la superfície i diagnosticades les patologies que presenta aquest abric, podem concloure que el seu estat de conservació és deficient a causa de la presència de colades actives que continuen la seva evolució natural i degraden la superfície. Malauradament, en aquest cas no es pot evitar ni minimitzar l'acció que produeixen sobre la roca calcària, ja que efectuar el desviament artificial no implicaria eradicar-ne l'alteració. Es més, aquestes accions no resulten adequades, perquè trenquen l'equilibri natural del suport. En eliminar la presència d'humitat es produeix un eixugament de la superfície, que provocarà la recristal·lització de les sals solubles, amb la destrucció que aquest fenomen provoca en la roca. A més a més, per a fer aquest tipus de desviament habitualment s'ha emprat silicona (Ballester, 2003; Fernandes, 2012; Guillamet, 2000), producte incompatible i nociu per al suport. La silicona utilitzada per a dur a terme aquestes tasques pertany al grup del polímers orgànics del silici, concretament es tracta de silicona vulcanitzable a temperatura ambient (Amoroso, 2002: 313). Aquest producte no s'utilitza en l'àmbit de la conservació i restauració de béns culturals; per tant, no hi ha estudis sobre la seua idoneïtat a llarg termini en suport petri amb presència d'art rupestre i resulta complex saber amb exactitud quin és l'impacte que ha pogut generar en aquestes superfícies. En principi no s'hauria d'haver utilitzat sense realitzar estudis previs que garantissin la seva idoneïtat, com ocorre amb altres materials emprats, com ara els consolidants. Per altra banda, alguns d'aquests productes durant el procés de vulcanitzat desprenen àcid acètic,⁴ especialment

4. <http://www.mundoceys.com.sellaceys-secado-express-cocinas-y-banaos-rv01.pdf>.

Figura 23. Formació de esbombaments i posterior despreniment del material petri (Barreda, 2012).



Figura 24. Exfoliació i arenització del material petri (Barreda, 2012).



perillós (Aranguren *et al.*, 2003: 15), perquè provoca la dissolució de la roca. A més a més, són impermeables; per tant, provoquen la modificació de les característiques estructurals de la xarxa porosa, eviten la lliure circulació d'aigua i fomenten la formació de criptoflorescències, que poden resultar irreversibles. Aquestes característiques indiquen que es tracta d'un producte poc recomanable per al suport rocós, perquè van contra els criteris bàsics de la restauració de material petri (Aranguren *et al.*, 2003). Les Cartes Internacionals de Restauració del Patrimoni i les normatives internacionals (ICOMOS, 2003; Alonso, 2013) que regulen l'adequada pràctica de la restauració i la conservació recomanen que els productes utilitzats no produeixin:

- Impermeabilitat a l'aigua.
- Variacions cromàtiques del suport.
- Subproductes nocius.



Figura 25. Vessament pròxim a la figura humana femenina de tipus llewantí estilitzat, situada en el panell IV de l'abric (Barreda, 2012).



Figura 26. Vessaments que afecten dos zoomorfs de tipus llewantí, enfrontats pels quarts posteriors, situats en el panell IV de l'abric (Barreda, 2012).

I han de ser:

- Compatibles amb la naturalesa del suport.
- Reversibles.
- Amb un pH entre 6 i 8, (una elevada acidesa o basicitat pot accelerar el procés de degradació).

En aquest cas l'acumulació de carbonat càlcic ha ocasionat la formació de les concrecions que han ocultat les figures zoomorfs, i hem de dir que aquest efecte de dissolució de la roca, irremeiablement continua el seu procés. Igual ocorre amb les contínues filtracions d'aigua procedent de la pluja que surten a la superfície per la xarxa porosa de la roca. A més, cal assenyalar que aquests processos porten al darrere l'efecte de les accions biològiques que en el temps han generat biopàtines i la presència de microorganismes que produeixen alteracions fisicoquímiques importants en la superfície.



Figura 27. Graffits realitzats per incisió, dintre del recinte de l'abric, abans del tancament en 1995 (Barreda, 2012).

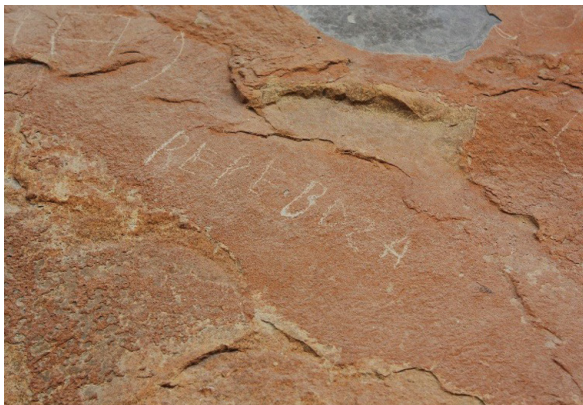


Figura 28. Graffits realitzats per incisió, dintre del recinte de l'abric, abans del tancament en 1995 (Barreda, 2012).

Arribats a aquesta situació es pot dir, com a conclusió, que és imprescindible realitzar un seguiment regular i un control de l'evolució de les zones més afectades, seguint un protocol d'actuació en el qual es vigilen les zones més deteriorades i amb perill imminent de despreniment. A més a més, seria necessari fer estudis experimentals, per tal de determinar la idoneïtat del material a utilitzar per a dur a terme una consolidació, i estudiar la compatibilitat d'aquests productes amb la naturalesa del suport, mitjançant la preparació de provetes que s'analitzen tant *in situ* com al laboratori i d'acord amb la metodologia emprada en altres treballs que hem realitzat recentment (Barreda, 2016). Açò permetrà actuar precoçment i intervenir en cas de necessitat l'abric estudiat amb material totalment adient amb el suport.

Aquest enclavament a l'aire lliure presenta nombroses alteracions de descohesió que haurien de ser intervingudes mitjançant mètodes de consolidació. Les zones més alterades són les situades a la part inferior i presenten pulverulència. Aquesta alteració deixa al



Figura 29. Ancoratges metàl·lics d'escalada ubicats al voltant de l'Abric de Pinos (Barreda, 2012).

descobert la matriu de la roca al tornar-se pulverulenta la capa carbonatada exterior més resistent que serveix de protecció. Amb la reiteració de l'acció dels agents meteorològics continua l'evolució de l'alteració i inclús es produeix l'acceleració del fenomen, sobretot en les zones limítrofes, entre les parts més sanes de la roca i aquelles que ja pateixen pulverulència, amb el continu despreniment de partícules de suport en direcció cap a les zones superiors, on s'ubiquen les pintures (fig. 30), degut a les retraccions mecàniques diferencials generades entre la superfície pulverulenta i la roca compacta. Aquestes alteracions es frenen amb tractaments de consolidació, però la realitat és que la continuada presència d'humitat, les sals solubles (Gómez-Villalba *et al.*, 2011; López-Arce *et al.*, 2010) i els períodes d'insolació (Gómez-Heras *et al.*, 2012) són elements que contribueixen al ràpid desenvolupament de les alteracions i no es poden eradicar, sinó simplement pal·liar.

En l'actualitat existeixen nous tractaments amb productes nanoparticulats d'origen inorgànic capaços d'exercir correctament les exigències necessàries d'afinitat amb el suport rocós (Barreda, 2016; Gómez-Villalba *et al.*, 2010; 2011); amb això s'evita l'aportament d'elements de naturalesa diversa que, amb el temps, podrien ocasionar problemes per incompatibilitat de materials. A més a més, aquests materials no afecten la capillaritat de la roca i garanteixen una bona permeabilitat al vapor d'aigua; tampoc no generen canvis cromàtics apreciables, al no crear films superficials compactes i mantenir-se la superfície estable i uniforme. Però no hem d'ocultar que es tracta d'un treball en fase inicial, on l'ús dels consolidants nanoparticulats ha de ser adequadament verificat mitjançant proves d'afinitat, tant in situ com en laboratori per a determinar quin és el producte més adient amb el suport petri (Barreda, 2016).

Finalment, caldria fer una reflexió sobre el tancament de l'abric. Cal assenyalar que aquest tipus de tancament, ancorat directament sobre el suport petri prop dels panells pintats, resulta massa intrusiu i per tant hauria de ser revisat. En tot cas seria convenient la realització de tancaments perifèrics (García *et al.*, 2011) com els efectuats als darrers anys als abrics de la Sarga (Alcoi, Alacant), l'abric de Las Monteses (Jalance, València)

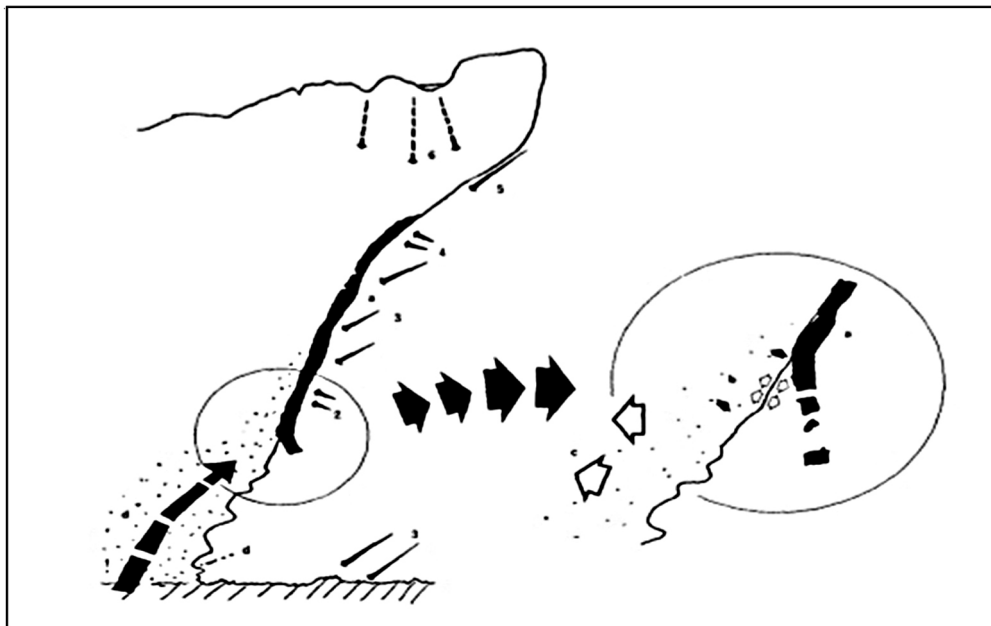


Figura 30. Exemple gràfic, extret de l'article de Sanz *et al.*, 2000, on s'expliquen les alteracions que sofreixen les pintures rupestres esquemàtiques del Monte Valonsadero en Soria. Aquest exemple és extrapolable al cas de les pintures de l'Abric de Pinos i, per tant, ens ha servit per a explicar-ne la degradació. En la imatge s'observa: una zona inferior (irregular) que assenyala la part més debilitada del suport a causa de la disgregació en forma pulverulència; la fletxa (ascendent) indica la direcció cap on es desenvolupa l'alteració i que produeix els desprendiments de material petri superficial, mentre que la zona superior (assenyalada amb una franja contínua fosca) indica la capa carbonatada externa, caracteritzada per ser més resistent, i on s'ubiquen les pintures (Sanz *et al.*, 2000: 225).

(Domingo *et al.*, 2013) o el del Mas de la Rambla (Portell, Castelló) (Domingo *et al.*, 2016), que eviten l'acostament a les pintures i tenen un impacte visual menor amb l'entorn i amb el mateix jaciment. A més a més, seria convenient monitoritzar l'abric mitjançant la instal·lació d'aparells termohigromètrics per a controlar d'una manera exhaustiva com afecten les condicions mediambientals al suport, i portar un seguiment periòdic que ens ajudi a determinar amb exactitud la situació real de l'estat de conservació i la rapidesa de desenvolupament de la degradació.

6. Conclusions

Com ja sabem la preservació de l'art rupestre és un tema molt complex, degut a les seues condicions d'exposició a l'aire lliure, perquè la roca es troba en una situació de deteriora-

ment continu difícil de frenar. Aconseguir la seua estabilitat dependrà de nombrosos factors tant extrínsecs, com de la interacció entre la roca i les condicions microclimàtiques que l'envolten, dels organismes vius, com intrínsecs, derivats de la naturalesa pròpia del suport.

Degut a aquestes peculiaritats, per a iniciar el procés de conservació d'un jaciment haurem d'analitzar, saber i detectar, no sols a nivell *visu*, sinó també a nivell analític, quines són les alteracions que afecten el suport per a intentar frenar-les. Per tant, s'haurà d'avaluar l'impacte dels processos de meteorització que afecten la conservació de l'abric i diagnosticar les patologies i alteracions per a poder establir el tipus d'intervenció, a més de realitzar anàlisis petrogràfiques, cristal·logràfiques i químiques, que determinen la composició mineralògica del suport, i que permetran seleccionar els productes compatibles amb ell.

El conjunt d'estudis previs, junt a la necessària monitorització sistemàtica dels abrics, són el primer pas a seguir per a garantir la seua preservació a curt i a llarg termini. Els resultats d'aquestes investigacions ens permetran conèixer amb precisió els processos de deteriorament, a partir dels quals serà possible plantejar una estratègia d'actuació tant preventiva com d'intervenció (o restauració) per a aconseguir estabilitzar la degradació i alentir-la.

Cal recordar que qualsevol material que hi hàgem d'utilitzar com a mesura pal·liativa ha de ser analitzat científicament mitjançant assajos previs tant en laboratori com in situ. Hem d'assegurar i comprovar la compatibilitat i el bon funcionament físic, químic i mecànic del producte amb el suport. En aquesta línia s'han realitzat els primers estudis (Barreda, 2012) per a valorar la compatibilitat dels diferents productes consolidants (elastòmers fluorats, polímers acrílics, microemulsions acríliques i nanohidroxid de calç) amb el suport calcari. Es tracta, per tant, d'un dels primers estudis on es plantegen pautes de protocol, tant d'investigació com d'actuació, prèvies a la realització de qualsevol intervenció curativa o de restauració, específicament en l'àmbit de la pintura rupestre.

Treballs com aquest haurien de ser la norma i no l'excepció per a avançar en el coneixement dels problemes de conservació de les tradicions rupestres postpaleolítiques de la façana mediterrània peninsular i contribuir a la seua preservació.

Bibliografía

- ALCALDE, M. i MARTÍN, A., 1996, Indicadores de alteración de los materiales pétreos. Propuesta de una terminología, *Revista PH* 15, 68-74.
- ALLOZA, R., ARRANZ, E., GONZÁLEZ, J.M., BALDELLOU, V., RESANO, M., MARZO, P. i VANHAECKE, F., 2009, La conservación del arte rupestre: estudio de los factores de deterioro y de la composición química de los pigmentos, a J.A. LÓPEZ, R. MARTÍNEZ i C. MATAMOROS (coords.), *El arte rupestre del Arco Mediterráneo de la Península Ibérica. 10 años en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO*, Actas del IV Congreso (Valencia, 3, 4 y 5 de diciembre de 2008), Generalitat Valenciana, València, 317-325.
- ALLOZA, R., ROYO, J.I., RECUENCO, J.L., LECINA, M., PÉREZ, R. i IGLESIAS, M.^a P., 2012, La conservación del arte rupestre al aire libre: Un desafío formidable, a M.^a N. JUSTE, M.^a A. HERNÁNDEZ, A. PERETA, J.I. ROYO i J.A. ANDRÉS (eds.), *Jornadas Técnicas para la Gestión del Arte Rupestre, Patrimonio Mundial. Parque Cultural del Río Vero* (28 a 31 de mayo de 2012), Comarca de Somontano, Alquézar, Osca, 89-105.
- ALLOZA, R., 2013, Caracterización del soporte rocoso del arte rupestre, *Cuadernos de Arte Rupestre* 6, 69-75.
- ALLOZA, R., ROYO, J.I. i LATORRE, B., 2016, La conservación de un bien declarado Patrimonio Mundial y el proyecto de monitorización del arte rupestre en Aragón, a J.I. LORENZO i J.M.^a RODANÉS (eds.), *Actas del I Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés (CAPA)*, Ed. Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias de Aragón (24 y 25 de noviembre de 2015), Saragossa, 635-642.
- ALONSO, F.J., ORDAZ, J. i ESBERT, R.M.^a, 2013, Indicadores del deterioro en los materiales pétreos de edificación. Clasificación y análisis de los daños, a A. LABORDE (coord.), *Proyecto Coremans. Criterios de intervención en materiales pétreos*, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Secretaría General Técnica, Subdirección General de Documentación y Publicaciones, Madrid, 111-207.
- AMOROSO, G., 2002, *Trattato di scienza della conservazione dei monumenti. Etica della conservazione, degrado dei monumenti, interventi conservativi, consolidanti e protettivi*, Alinea Editrice, Florència, Itàlia.
- APARICIO, J., MESEGUER, V. i RUBIO, F., 1982, *El Primer Arte Valenciano II, El Arte Rupestre Levantino*, Ed. IVEPPHA, *Serie Popular* 2, València, 5-77.
- ARANGUREN, J.M.^a i ESBERT, R.M.^a, 2003, Criterios de intervención en materiales pétreos: conclusiones de las Jornadas celebradas en febrero de 2002 en el Instituto del Patrimonio Histórico Español, Bienes culturales: *Revista del Instituto del Patrimonio Histórico Español Extra-2*, 1-34.
- BALLESTER, L., 2003, *Conservación de las pinturas rupestres del Levante Español*, Universitat Politècnica de València, València (tesi doctoral inèdita).
- BARREDA, G., 2012, *Investigación de tratamientos de consolidación del soporte rocoso en el Abric de Pinos (Benissa-Alicante)*, Departament de Conservació i Restauració de Béns Culturals, Universitat Politècnica de València, València (treball inèdit d'investigació per a l'obtenció del Diploma de Estudis Avançats [DEA]).
- BARREDA, G., 2016, *Consolidantes para soportes pétreos con manifestaciones de Arte Rupestre en la Comunidad Valenciana. Análisis práctico en Cova Remígia (Barranc de la Gassulla-Ares del Maestre)*, Universitat Politècnica de València, València (tesi doctoral inèdita).
- BELTRÁN, A., 1979, Arte Rupestre Levantino (adiciones 1968-1978), *Caesaraugusta* 47/48, 5-38.
- BELTRÁN, A., 1988, La conservación del Arte Rupestre, *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Castellonense* 13, 61-81.
- BENAVENTE, D., GARCÍA DEL CURA, M.A. i ORDÓÑEZ S., 2001, Influencia de la humedad relativa y la temperatura en la durabilidad frente a la cristalización de las sales en rocas ornamentales porosas, a C. GALÉ, M. LAGO i E. ARRANZ (coords.), *Actas del III Congreso Ibérico de Geoquímica*.

Zaragoza, octubre 23-26, Editorial del Instituto Tecnológico de Aragón, Saragossa, 611-615.

BENAVENTE, D., BERNABEU, A.M. i CAÑAVERAS, J.C., 2004, Estudio de propiedades físicas de las rocas, *AEPECT, Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 12 (1), 62-68.

BOURGES, F., GENTHON, P., GENTY, D., LORBLANCHET, M., MAUDUIT, E. i D'HULST, D., 2014, Conservation of prehistoric caves and stability of their inner climate: lessons from Chauvet and other French caves, *Science of the Total Environment* 493, 79-91.

BRUNET, J. i VIDAL, P., 1980, Les œuvres rupestres préhistoriques: étude des problèmes de conservation, *Studies in conservation* 25 (3), 97-107.

BRUNET, J., VIDAL, P. i VOUVÉ, J., 1985, *Conservation de l'art rupestre: deux études, glossaire illustré*, UNESCO, París.

BRUNET, J., BRUNET, A., DANGAS, I., GUILLAMET, E. i VIDAL, P., 1996, Altérations, dégradations, traitements, a J. BRUNET i J. VOUVÉ (eds.), *La conservation des grottes ornées*, Éditions CNRS, París, 171-217.

BRUNET, J., FORTIER, L., STEFANAGGI, M., VOUVÉ, J. i MALAURENT, P., 2000, *Conservation et protection de l'art préhistorique. LRMH*, Direction de l'architecture et du Patrimoine du Ministère de la Culture et de la Communication, França.

CARDENAS, J., 2013, *Estudio del impacto de las condiciones ambientales y de los mecanismos de la alteración fisico-química en el soporte pétreo de pinturas rupestres. Estudio de caso: Panel G. Sitio rupestre: La Pintada, Sonora*, Universidad de Guadalajara, Jalisco, Mèxic (tesi doctoral inèdita).

DARVILL, T. i BATARDA, A.P., 2014, *Open-Air rock art conservation and management. State of the art and future perspectives*, Routledge, Nova York i Londres.

DAVID, H., 2008, Contribució a la Conservació del Arte Rupestre Prehistórico, Universitat Politècnica de València, València (tesi doctoral inèdita).

DOMINGO, I. i BEA, M., 2016, From Science to Heritage: new challenges for World Heritage

rock art sites in Mediterranean Spain in the 21st century, a L. BRADY i P. TAÇON (eds.), *Relating to rock art in the contemporary world: navigating symbolism, meaning and significance*, University Press of Colorado, 213-244.

DOMINGO, I., RIVES, B., ROMÁN, D. i RUBIO, R., 2013, *Imágenes en la piedra. Arte rupestre en el abrigo de las Monteses y su entorno (Jalance)*, Ayuntamiento de Jalance, Ministerio de Cultura, Jalance.

ESBERT, R.M.^a, ORDAZ, J., ALONSO, F.J. i MONTOTO, M., 1997, *Manual de diagnosis y tratamiento de materiales pétreos y cerámicos*. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, Barcelona.

FELIU, M.J. i MARTÍNEZ-BRELL, P., 2007, Evolución química de materiales pictóricos: degradación o conservación, a S. ROVIRA, M. GARCÍA-HERAS, M. GENER i I. MONTERO (eds.), *Actas del VII Congreso Ibérico de Arqueometría*, 8-10 octubre 2007, Madrid, 700-710.

FERNANDES, A.P., 2012, *Natural processes in the degradation of open air rock-art sites: an urgency intervention scale to inform conservation*, Bournemouth University, Anglaterra (tesi doctoral inèdita).

FORT, R., 2009, La piedra natural y su presencia en el patrimonio histórico, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 17(1), 16-25.

FORT, R., 2012, Tratamientos de conservación y restauración de geomateriales: tratamientos de consolidación e hidrofugación, a R., FORT i E.M. PÉREZ (coords.), *La conservación de los geomateriales utilizados en el patrimonio*, Programa Geomateriales, Facultad de Ciencias Geológicas IGEO (CSIC-UCM), Madrid.

FORTEA, F.J., 1993, La situación actual: protección y conservación, en *La conservación del arte rupestre paleolítico*, Mesa redonda Hispano-Francesa, Gobierno del Principado de Asturias, Colombres, Astúries, 17-24.

FORTEA, F.J. i DE LA RASILLA, M., 2000, L'Art Rupestre paleolític cantàbric: investigació i conservació, *Cota Zero: revista d'Arqueologia i Ciència* 16, 9-23.

GALÁN, C., 1991, Disolución y génesis del Karts en rocas carbonáticas y silíceas: un estudio comparado, *MUNIBE (Ciencias Naturales)* 43, 43-72.

GARCÍA, G., HERNÁNDEZ, M.S. i BARCIELA, V., 2011, Entornos de protección del arte rupestre de la Comunidad Valenciana: propuesta y aplicación, *Pyrenae* 42 (2), 7-27.

GÓMEZ-HERAS, M., 2012, La temperatura en los materiales del patrimonio, en R., FORT i E.M. PÉREZ (coords.), *La conservación de los geomateriales utilizados en el patrimonio*, Programa Geomateriales, Facultad de Ciencias Geológicas IGEO (CSIC-UCM), Madrid, 87-95.

GÓMEZ-VILLALBA, L.S., LÓPEZ-ARCE, P. FORT, R., ÁLVAREZ DE BUERGO, M. i ZORNOZA, A., 2011, Aplicación de nanopartículas a la consolidación del patrimonio pétreo, a M. DEL EGIDO i D. JUANES (coords.), *La Ciencia y el Arte III. Ciencias experimentales y conservación del Patrimonio Histórico*, Ministerio de Cultura, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, Madrid, 39-57.

GÓMEZ-VILLALBA, L.S., LÓPEZ-ARCE, P., FORT, R. i ÁLVAREZ DE BUERGO, M., 2010, La aportación de la nanociencia a la conservación de bienes del patrimonio cultural, *Patrimonio Cultural de España* 4, Ministerio de Cultura, Subdirección General de Publicaciones, Información y Documentación, Madrid, 43-56.

GONZÁLEZ, M., IÑIGO, A.C., GARCÍA, A., GARCÍA, J., MOLINA, E., VICENTE, S. i RIVES, V., 2005, Caracterización y estudios de deterioro/conservación de materiales pétreos en monumentos históricos. *Actas del II Congreso del Grupo Español del IIC: Investigación en conservación y restauración*, Universidad de Barcelona, Barcelona.

GUILLAMET, E., 1990, *Problemàtica sobre la conservació i restauració de la pintura rupestre a l'aire lliure*, Ed. Diputació Provincial de Barcelona, Barcelona, 69-72.

GUILLAMET, E., 2000, Intervencions de conservació-restauració en pintura rupestre. *Cota zero: revista d'arqueologia i ciència* 16, 111-119.

HERNÁNDEZ, M.S., CATALÀ, E. i FERRER, P., 1988, *Arte Rupestre en Alicante*, Fundación Banco Exterior y Banco de Alicante, Alacant.

HERNÁNDEZ, M.^a A. i ROYO, J.I., 2013, Actuaciones de conservación de arte rupestre en la Comunidad Autónoma de Aragón, en *Actas de las Jornadas Técnicas: La conservación del arte rupestre: sostenibilidad e integración en el paisaje*, Octubre 2013, Ed. Junta de Castilla y León. Consejería de Cultura y Turismo, Salamanca, 185-196.

HERNANZ, A., RUIZ, J.F., GAVIRA-VALLEJO, J.M., MARTÍN, S. i GAVRILENKO, E., 2010, Raman microscopy of prehistoric rock paintings from the Hoz de Vicente, Minglanilla, Cuenca, Spain, *Journal of Raman Spectroscopy* 41, 1104-1109.

HOERLÉ, S., 2005, A preliminary study of the weathering activity at the rock art site of Game Pass Shelter (KwaZulu-Natal, South Africa) in relation to its conservation, *South African Journal of Geology* 108, 297-308.

ICOMOS, 2003, Principios para la Preservación, Conservación y Restauración de Pinturas Murales. Ratificados por la 14.^a Asamblea General del ICOMOS, Victoria Falls, Zimbábue.

ICV. *Instituto Cartográfico Valenciano* [en línea], consulta: 8 de març de 2017, disponible a <http://www.icv.gva.es>.

LASHERAS, J.A., 2002, La conservación de la Cueva de Altamira: el Museo Nacional de Altamira y el Centro de Investigación, a P. ARIAS (coord.), *La gestión del patrimonio cultural: la transmisión de un legado*, Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León, Valladolid, 971-14.

LASTENNET, R., LOPEZ, B., DENIS, A. i MERTZ, J.D., 2011, Hydrogéologie, caractérisation des eaux d'infiltration et propriétés du support à Lascaux, *Documents d'Archéologie Française* 105, 93-120.

LÓPEZ-ARCE, P., GÓMEZ-VILLALBA, L.S., PINHO, L., FERNÁNDEZ-VALLE, M.E., ÁLVAREZ DE BUERGO, M. i FORT, R., 2010, Influence of porosity and relative humidity on consolidation of dolostone with calcium hydroxide nanoparticles:

effectiveness assessment with non-destructive techniques, *Materials Characterization* 61 (2), 168-184.

MAGAR, V., 2002, Weathering processes at a rock art site in Baja California, Mexico, a *ICOM Committee for Conservation. 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro*, James & James, Londres, 578-581.

MORA, P., MORA, L. i PHILIPPOT P., 2001, *La conservazione delle pitture murali*, Editori Compositori, Bolonya, Itàlia.

MORENO, M.ª I.S. i DÍEZ, M.G., 2005, Arte rupestre paleolítico y conservación. Reflexiones sobre un legado a gestionar, disfrutar y mantener. *Cuadernos de Arte Rupestre: revista del Centro de Interpretación de Arte Rupestre de Moratalla 2*, 215-220.

PORTILLO, M.C., ALLOZA, R. i GONZÁLEZ, J.M., 2009, Three different phototrophic microbial communities colonizing a single natural shelter containing prehistoric paintings, *Science of the total environment* 407 (17), 4876-4881.

RODRÍGUEZ DE GUZMÁN, S., SANTANA, I. i MARTÍNEZ, J., 2001, La gestión del arte rupestre en Andalucía. Actuaciones en materia de protección y conservación, *Panel, Revista de Arte Rupestre* 1, 32-43.

ROGERIO-CANDELERA, M.A., 2008, *Una propuesta no invasiva para la documentación integral del arte rupestre*, Universidad de Sevilla, Sevilla (tesi MSCE).

ROLDÁN, C., 2012, Contribución de los análisis físico-químicos a la caracterización y conservación del arte rupestre en entornos abiertos, a N. JUSTE, M.ª Á. HERNÁNDEZ, A. PERETA i J.I. ROYO (eds.), *Jornadas Técnicas para la Gestión del Arte Rupestre, Patrimonio Mundial. Parque Cultural del Río Vero* (28 a 31 de mayo de 2012), Comarca de Somontano, Alquézar, Osca, 129-135.

RONDA, A., 1990, *Arqueología de Benissa*. Instituto de Cultura «Juan Gil-Albert», Alacant.

ROYO, J., ANDRÉS, J.A., ROYO, J.I. i ALLOZA, R., 2013, Trabajos de estabilización de urgencia en el soporte rocoso y estudio de patologías en el abrigo de "La Cañada de Marco" en Alcaine,

Parque Cultural del Río Martín (Teruel), *Cuadernos de Arte Rupestre* 6, 147-159.

SAIZ-JIMÉNEZ, C., 2013, Cave Conservation: A Microbiologist's Perspective, a *Cave Microbiomes: A Novel Resource for Drug Discovery* Springer, Nova York, 69-84.

SAN NICOLÁS DEL TORO, M., 1995, Aspectos de la documentación gráfica del Arte Rupestre, *Verdolay: Revista del Museo Arqueológico de Murcia* 7, 133-145.

SÁNCHEZ-MORAL, S., CAÑAVERAS, J.C., HOYOS, M. i SANZ-RUBIO, E., 1996, Los procesos de alteración de las rocas soporte de las pinturas de los conjuntos rupestres del Tajo de las Figuras (Cádiz) y Peñas Cabreras (Málaga), *GEOGACETA* 20 (5), 1222-1225.

SÁNCHEZ-MORAL, S., SOLER, V., CAÑAVERAS, J.C., SANZ-RUBIO, E. VAN GRIEKEN, R. i GYSELS, K., 1999, Inorganic deterioration affecting the Altamira Cave, N Spain: quantitative approach to wall-corrosion (solutional etching) processes induced by visitors, *Science of the Total Environment* 243, 67-84.

SÁNCHEZ-MORAL, S., SOLER, V. i CAÑAVERAS, J.C., 2000, Caracterización microambiental en sistemas kársticos someros (Cueva de Altamira, Cantabria), a *V Congreso Geológico de España, Alicante, 10-14 julio, Geotemas* 1 (3), 345-350.

SÁNCHEZ-MORAL, S., ROBLEÑO, S.C., FERNÁNDEZ-CORTÉS, A. i JIMÉNEZ, J.C., 2008, Geología-Geoquímica-Microclima aplicados a la conservación del Patrimonio, a C. SÁIZ i M.A. ROGERIO (eds.), *La investigación sobre patrimonio cultural*, CSIC, Sevilla, 240-256.

SÁNCHEZ-MORAL, S., PORTILLO, M.C., JANICES, I., CUEZVA, S., FERNÁNDEZ-CORTÉS, A., CAÑAVERAS, J.C. i GONZÁLEZ, J.M., 2012, The role of microorganisms in the formation of calcitic moonmilk deposits and speleothems in Altamira Cave, *Geomorphology* 139, 285-292.

SÁNCHEZ-MORAL, S., CUEZVA, S., FERNÁNDEZ-CORTÉS, A., JANICES, I., BENAVENTE, D., CAÑAVERAS, J.C., ÉLEZ, J., GONZÁLEZ, J.M. JURADO, V. LAIZ, L.,

PORTILLO, M.C., ROGERIO, M.A. i SÁIZ-JIMÉNEZ, C., 2014, *Estudio Integral del estado de conservación de la cueva de Altamira y su arte paleolítico (2007-2009). Perspectivas futuras de conservación*, Dirección General de Bellas Artes y Bienes Culturales (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte) y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Ministerio de Ciencia e Innovación), Secretaría General Técnica Subdirección General de Documentación y Publicaciones, Madrid.

SANZ, E., GÓMEZ-BARRERA, J.A., FORT, R., YAGÜE, P.L. i BUSTILLO, M., 2000, Estado actual de los estudios de conservación de las pinturas rupestres esquemáticas del Monte Valonsadero (Soria) y propuestas para su protección y salvaguarda, *Espacio Tiempo y Forma, Serie I, Prehistoria y Arqueología* 13, 189-252.

SASTRE, J.C. i RODRÍGUEZ, O., 2010, Estado de conservación del arte esquemático de la provincia de Zamora: situación actual y medidas de protección para su preservación, a J. MARTÍNEZ i M.S. HERNÁNDEZ (eds.), *Actas del II Congreso de Arte Rupestre Esquemático en la Comarca de Los Vélez*, 5-8 de mayo 2010, Ayuntamiento de Vélez-Blanco, Almería, 271-278.

SNEYERS, R.V. i HENAU, P.J., 1969, La Conservación de la piedra, a H.J. PLENDERLEITH

i P. COREMANS (coords.), *La Conservación de los Bienes Culturales. Museos y Monumentos*, XI, Editorial de la UNESCO, París, 223-249.

TABASSO, M. i SIMON, S., 2006, Testing methods and criteria for the selection/evaluation of products for the conservation of porous building materials, *Review in Conservation* 7, 67-82.

VÁZQUEZ-CALVO, C., 2012, Pátinas de protección históricas, a R., FORT i E.M. PÉREZ (coords.), *La conservación de los geomateriales utilizados en el patrimonio*, Programa Geomateriales, Facultad de Ciencias Geológicas IGEO (CSIC-UCM), Madrid, 133-141.

VIDAL, P., 2001, *El arte rupestre en peligro: un patrimonio mundial que hay que salvar*, Creática, Santander.

VIÑAS, R., 1982, Arte rupestre. La Valltorta y su conjunto rupestre, a R. VIÑAS (dir.), *La Valltorta, Arte rupestre del Levante Español*, Edicions Castell, Barcelona, 84-189.

ZALBIDEA, M.^a A., 2008, La humedad y eflorescencias salinas en los edificios, *Ecohabitar* 19.

ZALBIDEA, M.^a A., 2007, *Principales causas de alteración de las pinturas murales*, Editorial Universitat Politècnica de València, València (recurso electrónico CD).

