

FLORA DE LES ENTRADES DE LES CAVITATS DE MALLORCA

FLORA AT THE CAVITY ENTRANCES IN MALLORCA

Lluís FIOL¹

Resum

Amb la intenció de presentar una síntesi dels coneixements disponibles sobre la flora de les entrades de les cavitats de Mallorca, feim un repàs, a partir de la bibliografia a l'abast, de les condicions ambientals que caracteritzen aquests indrets i de la flora que colonitza els microclimes peculiars que s'hi creen. Assenyalam les diferents regions que es poden distingir —preferentment en els avencs—, el seu poblament florístic més freqüent, la importància de les cavitats com a redutes d'espècies considerades relictuals i el possible origen d'aquesta flora.

Abstract

With the intention of presenting a synthesis on the available knowledge on the flora of cavity entrances in Mallorca, we will go over this issue —on the basis of the bibliography at our disposal— dealing with both the environmental conditions that characterize these areas and the flora that inhabits the peculiar microclimates generated from the former. We will point out the different regions that can be distinguished, preferently in shafts, and their most frequent botanical inhabitation, as well as the importance of cavities as redoubts of species considered as relict and the possible origin of this flora.

Introducció

El món subterrani, que pareix a primera vista poc propici per al desenvolupament de la vida, és un indret que també ha estat colonitzat per multitud d'organismes vius. Però, mentre la fauna està en condicions d'accedir a qualsevol punt d'aquest hàbitat, la vegetació queda limitada a les zones on arriba l'energia lluminosa, imprescindible tant per a la síntesi de clorofil·la com per a la fotosíntesi subsegüent. Per aquesta raó la flora queda localitzada a les entrades de les cavitats i per tant el terme "flora subterrània", utilitzat amb freqüència, el consideram poc apropiat, exceptuant la microflora quimioautòtrofa i heteròtrofa que pot viure en absència total de llum, però que per altra banda està prou allunyada taxonòmicament de la resta de grups que consideram.

Introduction

The underground world, which at first sight does not seem favourable for the development of life, is a place that has also been colonized by a multitude of living organisms. However, while fauna is in condition of acceding to almost any spot of this habitat, the vegetation is limited to the areas where the luminous energy reaches, essential both for chlorophyll synthesis and for the subsequent photosynthesis. For this reason, flora is restricted to the entrances of cavities and therefore the term "underground flora", frequently used, is considered rather inaccurate, except for the chemoautotrophic and heterotrophic microflora that can live with a total absence of light, but that on the other hand is at a great distance taxonomically from the rest of groups taken into consideration.

Although the available information on the subject in general terms, without being abundant, is beginning to be varied (MORTON & GAMS, 1925;

¹ Departament de Biologia Ambiental (Laboratori de Botànica). Universitat de les Illes Balears. Ctra de Valldemossa km 7.5. E-07071 Palma de Mallorca.

Si bé la informació disponible sobre el tema a nivell general, sense ser abundant, comença a ser variada, com per exemple: MORTON & GAMS (1925), TOSCO (1959), DALBY (1966), DOBAT (1970), CUBBON (1976), GRACIA (1974), DOBAT (1977), HERRERO-BORGOÑÓN & MATEO (1984) i HERRERO-BORGOÑÓN (1986), en canvi en relació a les cavitats mallorquines, a part d'alguna petita informació inclosa en els treballs de KNOCHE (1921-1923), KOPPE (1965), SLOOVER (1967), LLORENS (1972) i DUNK (1977), les úniques publicacions disponibles són les de MAHEU (1912), ROSSELLÓ & GINÉS (1980), GINÉS (1983), GRUP ESPELEOLÒGIC EST (1986) i GINÉS & GINÉS (1992).

A partir d'aquesta informació i en particular de la proporcionada per més de 40 cavitats repartides per l'illa (GINÉS, 1989), ja estem en condicions de donar una visió general del poblament florístic d'aquests indrets —encara que hi ha grups molt poc estudiats com són els líquens i altres com cianobacteris, algues i la resta de fongs que estan pendents d'estudi—, així com de les condicions ambientals que el fan possible.

TOSCO, 1959; DALBY, 1966; DOBAT, 1970; CUBBON, 1976; GRACIA, 1974; DOBAT, 1977; HERRERO-BORGOÑÓN & MATEO, 1984; HERRERO-BORGOÑÓN, 1986), however, with regard to Majorcan cavities, apart from some minor information included in the works of KNOCHE (1921-1923), KOPPE (1965), SLOOVER (1967), LLORENS (1972) and DUNK (1977), the only available publications are those of MAHEU (1912), ROSSELLÓ & GINÉS (1980), GINÉS (1983), GRUP ESPELEOLÒGIC EST (1986) and GINÉS & GINÉS (1992).

Starting from this information, and particularly that provided by more than 40 cavities scattered around the island (GINÉS, 1989), we are now able to give a general view of the botanical inhabitation of these places —although there are very little studied groups such as lichens and others, like cyanobacteria, algae and the rest of fungi, that are yet to be studied— as well as the environmental conditions that make it possible.

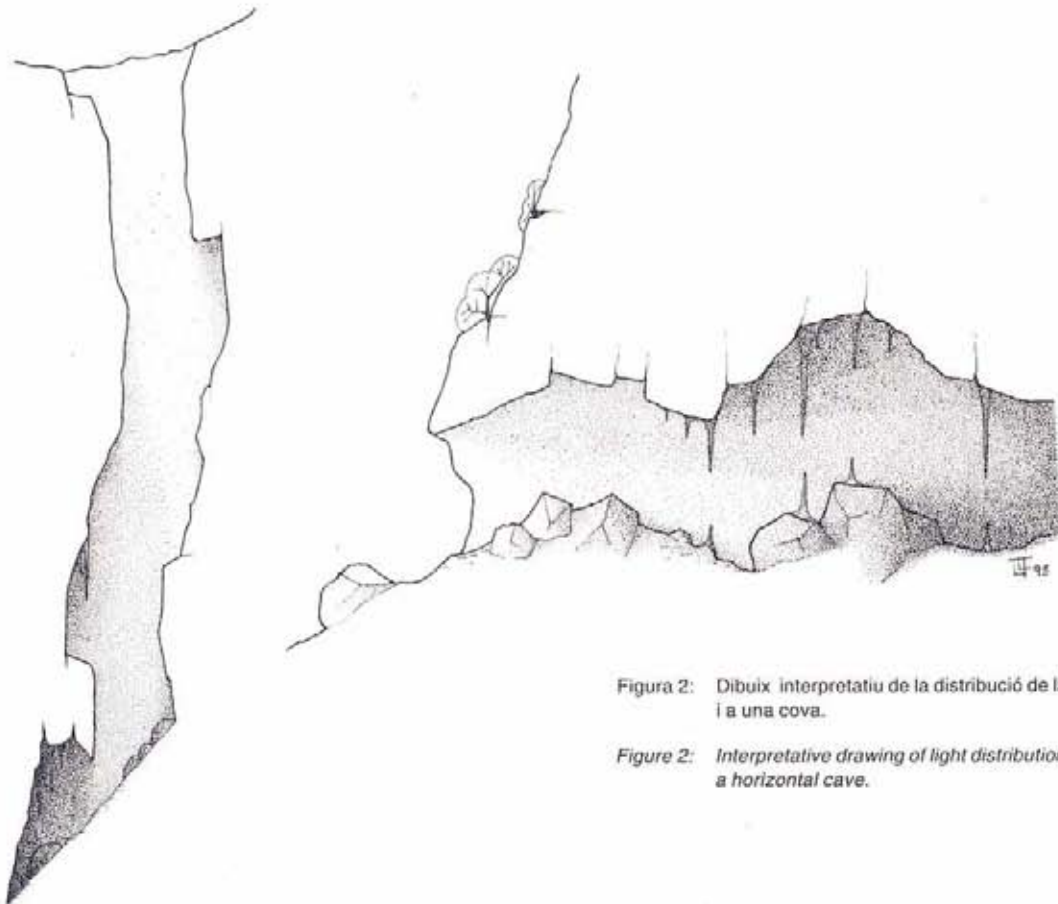


Figura 2: Dibuix interpretatiu de la distribució de la llum a un avenc i a una cova.

Figure 2: Interpretative drawing of light distribution in a shaft and in a horizontal cave.

Caracterització del medi físic

La informació disponible pertany majoritàriament a les cavitats de desenvolupament vertical o avencs, però tant a aquests com a les coves, a part de diferències significatives que tractarem més endavant,

Characterization of physical environment

Most of the available information belongs to cavities of vertical development or shafts, but both these ones and the horizontal caves, apart from

es presenten unes condicions ambientals molt peculiars que passam a comentar.

El factor més definidor i que condiciona totalment la vida vegetal en aquests indrets és la llum que, fins i tot en les condicions més favorables, disminueix ràpidament en funció de la distància a l'entrada i de manera exponencial (GRACIA, 1976) (Figura 1). L'especial topografia dels avencs, amb parets més o manco verticals o extraplomades, amb multitud de microrelleus i esclletxes, fa que la distribució de la llum sigui molt aleatòria. Com apunten ROSSELLÓ & GINÉS (1980) la significativa freqüència amb què apareix en els avencs la molsa *Tortella tortuosa*, espècie xeròfila i fotòfila, exemplificaria aquest fet. En canvi a les coves, pel seu desenvolupament més horitzontal, passa gairebé tot el contrari, ja que es pot determinar amb prou exactitud la correlació existent entre els valors de lluminositat i la distància respecte a l'entrada de la cavitat (Figura 2).

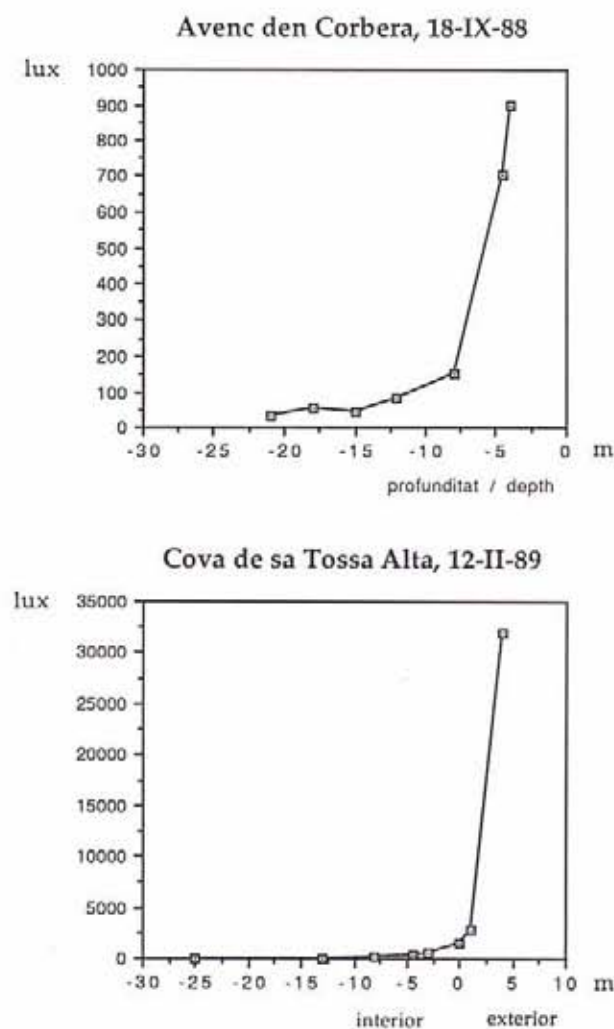


Figura 1: Valors de lluminositat de l'Avenc d'en Corbera i de la Cova de sa Tossa Alta (segons GINÉS, 1989).

Figure 1: Luminosity values in Avenc d'en Corbera and Cova de sa Tossa Alta localities (after GINÉS, 1989).

significant differences that we will deal with later on, present very peculiar environmental conditions that we will now comment.

The most defining fact and that totally conditions plant life in these areas is light which, even in the most favourable cases, diminishes quickly following an exponential trend (GRACIA, 1976) depending on the distance to the entrance of the cavity (Figure 1). The special topography of shafts, with rather vertical or overhanging walls, with a great deal of microreliefs and crevices, causes the distribution of light to be very aleatory. As ROSSELLÓ & GINÉS (1980) point out, the significant frequency with which the moss *Tortella tortuosa* appears in shafts, a xerophilous and photophilous species, would set out an example of this fact. However, in caves, due to their most horizontal development, what happens is quite the reverse, since it is possible to determine accurately the existent correlation between the amount of light received and the distance with regard to the entrance of the cave (Figure 2).

This progressive extinction of light goes very well together with zoning bands of the different plant groups and their progressive disappearance. Schematically, the phanerophytes are the first group to disappear, the pteridophytes are the following, then the bryophytes and finally the cyanobacteria. A few examples taken from recent data (GINÉS, 1983; GINÉS & GINÉS, 1992) prove this fact; therefore the umbrophilous communities of phanerophytes with *Parietaria lusitanica* or *Soleirolia soleirolii* have a rather favourable development with 1/65 or even 1/100 of the whole of the maximum exterior illumination. The fern *Polypodium cambricum* is rarely found below 700 lux, whereas *Phyllitis scolopendrium* is found with values comprised between 1,500 and 140 lux, that is to say 1/800 and 1/30 respectively. One of the most significant mosses in cavities such as *Homalia lusitanica* can be found between 200 and 40 lux and cyanobacteria reach up to about 1/2,000 of environmental luminosity.

It is interesting to point out that as we approach the extinction zones of a group, different morphological modifications take place which are very evident and that affect the size, shape and arrangement of the aerial parts and the reproductive structures significantly, which end up by disappearing. Together with the physiological changes, more difficult to detect, a proof of that would be the pigmentation changes, it can altogether hinder greatly the determination of these species.

A curious case of cave vegetation is located in the surroundings of the artificial light spots installed in show-caves which are visited by tourists. This vegetation, called "lampenflora" by DOBAT (1977), is formed by mosses, ferns and algae that are distributed concentrically in this order all around the spot of light.

The temperature and the humidity are the other

Aquesta extinció progressiva de la llum va acompanyada amb bastant precisió per una zonació en bandes dels diferents grups vegetals i la seva gradual desaparició. Esquemàticament el primer grup a desaparèixer és el de les fanerògames, a continuació el dels pteridòfits, després el dels briòfits i finalment el dels cianobacteris. Uns quants exemples a partir de dades recents (GINÉS, 1983; GINÉS & GINÉS, 1992) demostren aquest fet; així les comunitats esciàfiles de fanerògames amb *Parietaria lusitanica* i *Soleirolia soleirolii* es desenvolupen més o manco favorablement amb 1/65 o fins i tot 1/100 del total de la il·luminació màxima exterior. La falguera *Polypodium cambricum* rarament es troba per davall dels 700 lux, mentre que *Phyllitis scolopendrium* es troba amb valors compresos entre 1500 i 140 lux, és a dir 1/800 i 1/30 respectivament. Una de les moltes més significatives de les cavitats, com és *Homalia lusitanica*, la trobam entre 200 i 40 lux i els cianobacteris arriben fins aproximadament 1/2.000 de la lluminositat ambiental.

És interessant assenyalar que, a mesura que ens aproximam a les zones d'extinció d'un grup, es produeixen diferents modificacions morfològiques ben evidents que afecten la mida, forma i disposició de les parts aèries i, de forma significativa, les estructures reproductores, que acaben per desaparèixer. També es produeixen canvis fisiològics, més difícils de detectar, una prova dels quals serien els canvis de pigmentació. Tot plegat pot dificultar seriosament la determinació d'aquestes espècies.

Un cas curiós de vegetació cavernícola es presenta als voltants dels punts de llum artificial instal·lats a les coves condicionades per a ser visitades pels turistes. Aquesta vegetació, denominada "lampenflora" per DOBAT (1977), està formada per moltes, falgueres i algues que de forma concèntrica es distribueixen per aquest ordre al voltant del punt de llum.

La temperatura i la humitat són els altres dos factors limitadors de la vida a les cavitats, però mentre que en els avencs s'estableix una estratificació vertical amb uns gradients de temperatura i humitat nítidament delimitats, que presenten una marcada inèrcia respecte als canvis que tenen lloc a l'exterior durant el pas de les estacions, a les coves aquesta estratificació és molt més difusa a causa sobretot dels corrents d'aire que s'hi generen periòdicament.

Respecte a la temperatura, és interessant remarcar la suavització de l'estacionalitat que es produeix a les cavitats i que es fa més evident a mesura que anam accedint a les parts més profundes, fins arribar a una zona on la temperatura és quasi constant (Figura 3). Aquesta generalització s'ha de matisar ja que hi pot haver factors locals que modifiquin el règim tèrmic, com seria el cas dels corrents d'aire a les coves, o el que es deriva de les observacions climàtiques realitzades en el Clot des Sero (GINÉS & GINÉS, 1992), que demostren que aquesta cavitat ac-

two restrictive factors of life in cavities, but while in shafts a vertical stratification with some temperature and humidity gradients clearly delimited is established, which present a marked inertia with regard to the changes that take place in the exterior as seasons go by, this stratification is much more diffuse in caves mainly due to air draughts that generate periodically.

In relation to the temperature, it is interesting to observe the seasonal mildness that occurs in cavities and that becomes more evident as we get to the deepest parts, until we reach an area where the temperature is almost constant (Figure 3). This

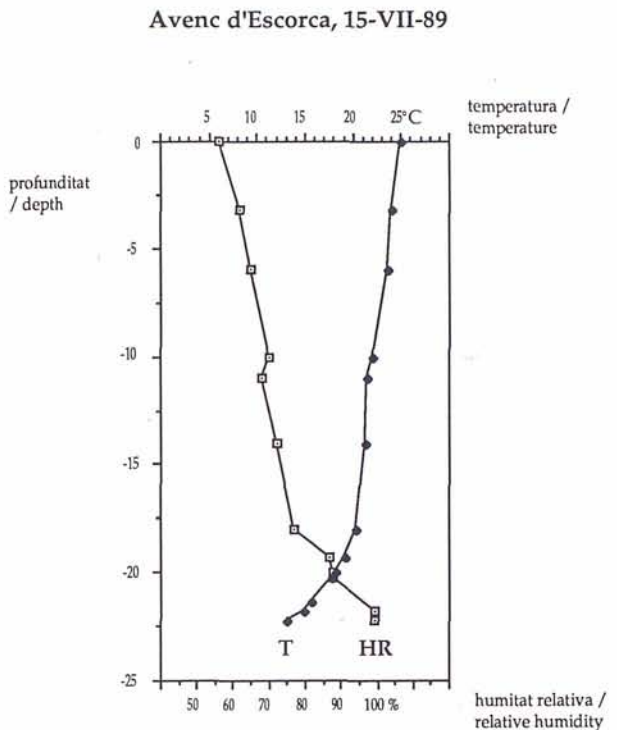


Figura 3: Perfils verticals de temperatura i humitat relativa de l'Avenc d'Escorca, o de sa Font de s'Espinal (segons GINÉS & GINÉS, 1992).

Figure 3: Vertical profiles of temperature and relative humidity in Avenc d'Escorca, also named Avenc de sa Font de s'Espinal (after GINÉS & GINÉS, 1992).

generalisation has to be clarified taking into account the existence of local factors that can modify the thermic system, like the case of draughts in caves, or what derives from climatic observations such as those carried out in the shaft named Clot des Sero (GINÉS & GINÉS, 1992), which prove that this cavity acts like a "cold air trap" (CHOPPY, 1982; 1983). This fact makes the presence of the fern *Phyllitis scolopendrium* possible in this special microclimate, which in turn is fitted into an exterior macroclimatic context absolutely adverse for most of the species that inhabit the interior of this shaft.

The values of relative humidity become apparent

tua com una "trampa d'aire fred" (CHOPPY, 1982; 1983), que fa possible la presència en aquest microclima de la falguera *Phyllitis scolopendrium* dins un context macroclimàtic exterior radicalment advers per a aquesta i la majoria d'espècies que colonitzen l'interior d'aquest avenc.

Els valors d'humitat relativa es manifesten com un factor ambiental de primer ordre, que influeix decisivament en el poblament florístic de les cavitats. Aquests valors s'incrementen amb la profunditat, i donen lloc a bandes ben definides (PIPAN, 1956), i arriben a les parts més profundes a valors de saturació o pròxims a ells (Figura 3). Convé insistir, per la transcendència que té a un clima mediterrani com el nostre, en la poca incidència a l'interior de les cavitats dels períodes de marcada sequera estival que es donen a l'exterior, i que fan possible unes agrupacions vegetals encara mal definides, però en moltes ocasions exclusives d'aquests indrets.

Es poden considerar també altres factors ecològics de menor incidència general, però que localment poden ésser decisius per a explicar el poblament florístic d'una determinada cavitat o de part d'ella, com són: tipus de substrat, disposició, porositat i valors del seu pH, etc.

Considerant tots els factors citats i en especial els tres primers, és possible caracteritzar una sèrie de microclimes diferents a les cavitats, entre els quals el més característic i per tant aquell on es desenvolupa la vegetació més típica, és la zona —d'amplitud variable segons les cavitats— on la quantitat de llum és encara suficient i els valors d'humitat relativa són ja prou elevats. Aquest àmbit sol presentar uns límits difusos com a conseqüència del seu dinamisme, en funció dels canvis macro i micro ambientals que es van succeint en el temps.

Zonació i vegetació associada

En funció del seguit de microclimes i de les necessitats dels diferents grups i espècies, es crea una distribució zonada de la vegetació. A partir de la informació que ja disposam (GINÉS, 1989) i seguint el criteri exposat per DOBAT (1970) podem distingir, més clarament definides als avencs, les següents regions:

REGIÓ D'ACCÉS, que es correspon amb els sectors immediats a l'entrada de les cavitats i que, si bé ja pot ésser una zona més o menys ombrívola, està sempre ben il·luminada i presenta quantitats considerables de sòl. En aquests indrets predominen les fanerògames, que formen part de la vegetació pròpia dels voltants de la cavitat, amb espècies tan xèriques com: *Ampelodesmos mauritanica*, *Smilax aspera*, *Pistacia lentiscus*, *Asparagus acutifolius*, *Erica multiflora*, *Oryzopsis miliacea*, etc. Entre els pteridòfits cal destacar *Selaginella denticulata* i *Ceterach officinarum*. D'altra

as a major environmental factor, which influences decisively the botanical inhabitation of cavities. These values increase with depth, producing well-defined bands (PIPAN, 1956), and reach to the deepest parts up to saturation values or very near them (Figure 3). It is convenient to insist, due to the importance in a Mediterranean climate as ours, on the scarce incidence inside the cavities of marked droughts that take place in the exterior during dry summer season, and which favour the appearance of groups of plants, still badly defined by the researchers, but being in many occasions exclusive of these kind of locations.

Other ecological factors of less general incidence can also be considered, but that can be decisive locally in order to explain the botanical inhabitation of a determined cavity or part of it, such as: the kind of substratum, disposition, porosity and values of its pH, etc.

Taking into account the mentioned factors and specially the first three, it is possible to characterize a series of different microclimates in cavities, among which the most characteristic, and therefore the one where the most typical vegetation grows, is the area —of a variable width depending on the cavities— where the amount of light is still sufficient and the humidity values are high enough. This ambit usually presents diffuse limits as a result of its dynamism depending on the macro and micro environmental changes that occur in time.

Zoning and associated vegetation

Depending on the successive microclimates and on the needs of the different groups and species, a zoning distribution of vegetation arises. Starting from the information at our disposal (GINÉS, 1989) and according with the criterion exposed by DOBAT (1970) we can distinguish, more clearly defined in shafts, the following regions:

ACCESS REGION, which corresponds with the immediate sectors at the entrance of cavities and that, although it can be a rather shady area, is always well-illuminated and presents considerable amounts of soil. In these places there is a predominance of phanerophytes, which form part of the typical vegetation of the surroundings of the cavity, with species so xerophilous as: *Ampelodesmos mauritanica*, *Smilax aspera*, *Pistacia lentiscus*, *Asparagus acutifolius*, *Erica multiflora*, *Oryzopsis miliacea*, etc. Among the pteridophytes we must point out *Selaginella denticulata* and *Ceterach officinarum*. On the other hand, the liverworts *Porella laevigata* and *Plagiochila asplenioides* often appear, whereas the most frequent mosses are *Anomodon viticulosus*, *Ctenidium molluscum* and *Scorpiurium circinatum*. In

banda solen aparèixer les hepàtiques *Porella laevigata* i *Plagiochila asplenioides*, mentre que les molles més freqüents són *Anomodon viticulosus*, *Ctenidium molluscum* i *Scorpiurium circinatum*. En aquesta zona de l'Avenc d'Escorca —conegut també com Avenc de sa Font de s'Espinal— hem trobat els líquens, tots ells més o manco esciàfils: *Acrocordia conoidea*, *Dermatocarpon miniatum* var. *miniatum*, *Peltigera canina*, *Porina byssophila*, *P. oleriana* i *Verrucaria pinguicula*.

REGIÓ DE L'ENTRADA, caracteritzada per rebre una il·luminació indirecta encara bastant intensa, per presentar un considerable pendent i menors quantitats de sòl disponible. La vegetació és ja més higròfila i esciàfila, pròpia del sotabosc o rupícola. Entre les fanerògames, totes elles de fulles més grosses, citam: *Geranium robertianum* subsp. *purpureum* (Figura 4), *Hedera helix*, *Acer granatense*, *Tamus communis*, *Ficus carica*, *Cyclamen balearicum*, *Parietaria*



Figura 4: *Geranium robertianum* L. subsp. *purpureum* (Vill.) Nyman.

Figure 4: *Geranium robertianum* L. subsp. *purpureum* (Vill.) Nyman.

lusitanica, etc. Dins aquest grup convé destacar una sèrie d'interessants endemismes tirrènics i baleàrics que es troben a coves de la zona NW de la Serra de Tramuntana, com són: *Urtica bianorii*, *Soleirolia soleirolii*, *Pimpinella bicknelli*, *Sibthorpia africana* i *Cymbalaria aequitriloba*; falgueres com *Polypodium cambricum*, *Asplenium onopteris* i l'interessant *Polystichum setiferum*, que apareix, entre les poques localitats a tota l'illa, a un grapat d'avencs del Puig Major. Hi ha les hepàtiques *Leiocolea turbinata*, *Conocephalum conicum* i *Pellia fabbroniana*, i les molles *Neckera crispa* i *Rhynchostegiella tenella*, juntament amb alguna espècie de la zona anterior. Al Clot des Sero hem localitzat els líquens *Lepraria* sp., que

this upper region of Avenc d'Escorca shaft —also known as Avenc de sa Font de s'Espinal— we have found lichens, all of them rather umbrophilous: *Acrocordia conoidea*, *Dermatocarpon miniatum* var. *miniatum*, *Peltigera canina*, *Porina byssophila*, *P. oleriana* and *Verrucaria pinguicula*.

ENTRANCE REGION, characterized for receiving an indirect illumination still quite intense, as well as for presenting a considerable slope and less amounts of available soil. The vegetation is now more hygrophilous and umbrophilous, typical of the surrounding undergrowth, or even rupicolous. Among the phanerophytes, all of them having bigger leaves, we will mention: *Geranium robertianum* subsp. *purpureum* (Figure 4), *Hedera helix*, *Acer granatense*, *Tamus communis*, *Ficus carica*, *Cyclamen balearicum*, *Parietaria lusitanica*, etc. In this group it is convenient to point out a series of interesting Tyrrhenian and Balearic endemisms that are found in the caves of the NW area of Serra de Tramuntana, such as: *Urtica bianorii*, *Soleirolia soleirolii*, *Pimpinella bicknelli*, *Sibthorpia africana* and *Cymbalaria aequitriloba*; ferns such as *Polypodium cambricum*, *Asplenium onopteris* and the interesting *Polystichum setiferum*, which appears, among the few locations on the island, in a number of shafts near the Puig Major summit. There are also the liverworts *Leiocolea turbinata*, *Conocephalum conicum* and *Pellia fabbroniana*, and the mosses *Neckera crispa* and *Rhynchostegiella tenella*, together with some species of the previous access region. In Clot des Sero shaft, we have located the lichens *Lepraria* sp., which spreads widely forming a whitish carpet of a few m², and *Opegrapha mougeotti* (Figure 5).

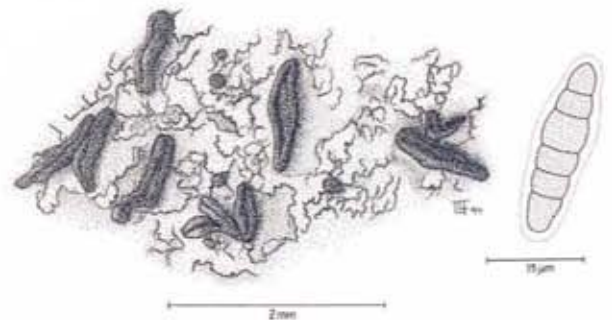


Figura 5: *Opegrapha mougeotti* Massal.

Figure 5: *Opegrapha mougeotti* Massal.

Inside the shafts with a wider opening, like Avenc d'Escorca and Clot des Sero, this vegetation appears luxuriantly at the bottom of the cavities, together with ferns and mosses from the next region.

The lower part of this entrance region usually marks the limit of the phanerophytic occurrence inside the caves.

s'estén àmpliament formant una catifa blanquinosa d'uns quants m², així com *Opegrapha mougeotti* (Figura 5).

Als avencs amb boca més ampla, com l'Avenc d'Escorca o el Clot des Sero, aquesta vegetació apareix de manera exuberant en el fons de les cavitats, juntament amb falgueres i molses de la regió següent.

La part inferior d'aquesta regió sol ésser el límit de les fanerògames.

REGIÓ DE TRANSICIÓ, que es correspon amb la zona de la cavitat on arriba una dèbil llum indirecta. A la part externa d'aquesta regió es desenvolupen les falgueres: *Adiantum capillus-veneris*, *Phyllitis sagittata*, *P. scolopendrium*, que és l'espècie més representativa del avencs que es troben en els sectors muntanyosos humits de la Serra de Tramuntana, així com *Asplenium trichomanes*, que és la falguera que arriba a major profunditat. Els briòfits estan representats per un grup de molses que, per les altes freqüències d'aparició en els avencs (ROSSELLÓ & GINÉS, 1980), es poden considerar com les més cavernícoles de les citades fins ara, són: *Thamnobryum alopecurum*, *Homalia lusitanica* (Figura 6), *Eucladium verticillatum*, *Fissidens cristatus* i *Mnium* sp.

L'escassa llum que arriba a la part interior d'aquesta regió encara fa possible que la zona sigui colonitzada per les molses *Th. alopecurum* i *H. lusitanica*, que assenyalen el límit d'extinció dels briòfits. També trobam algues i cianobacteris respecte dels quals, si bé pertanyen a grups no estudiats a bastament fins ara, es pot afirmar que l'important paper tradicionalment assignat als cianobacteris i a les algues com a darrers colonitzadors en els llocs menys il·luminats, queda als avencs molt minimitzat a causa de la competència per la llum que s'estableix amb les darreres molses citades, i que suposa que aquestes siguin de fet el límit intern de la vegetació a les cavitats verticals (GINÉS, 1989).

REGIÓ PROFUNDA, que s'estén a partir de l'extinció de la llum i, per tant, és una zona incompatible amb la vida vegetal en sentit estricte. HERRERO-BORGOÑÓN (1986) identifica aquesta regió com a zona micofítica, amb uns valors d'intensitat lluminosa inferiors a 1/2.500 respecte de l'exterior i colonitzada per fongs i bacteris.

Un caràcter prou interessant dels avencs, a causa dels peculiars microclimes que presenten, és el d'actuar com a refugi de certes espècies que es consideren relictuals (TOSCO, 1959), com són a Mallorca els briòfits: *Taxiphyllum wissgrilli*, *Orthothecium intricatum*, *Solenostoma triste* i *Rhizomnium punctatum*, que fins ara sols s'han trobat dins cavitats. Això fa pensar en la possibilitat de descobrir novetats florístiques desconegudes fins ara, com demostren les set primeres noves cites de briòfits per a les Balears publicades a ROSSELLÓ & GINÉS (1980).

TRANSITION REGION, which corresponds with the area of the cavity where a weak indirect light gets through. Ferns grow in the external part of this region: *Adiantum capillus-veneris*, *Phyllitis sagittata*, *P. scolopendrium* that is the most representative species of the shafts situated in the humid mountainous sectors of Serra de Tramuntana, as well as *Asplenium trichomanes*, which is the fern that reaches a greater depth. Bryophytes are represented by a group of mosses that, due to their high-frequency appearance in shafts (ROSSELLÓ & GINÉS, 1980), they can be considered as the most cavernicolous of the above mentioned up till now; they are: *Thamnobryum alopecurum*, *Homalia lusitanica* (Figure 6), *Eucladium verticillatum*, *Fissidens cristatus* and *Mnium* sp.

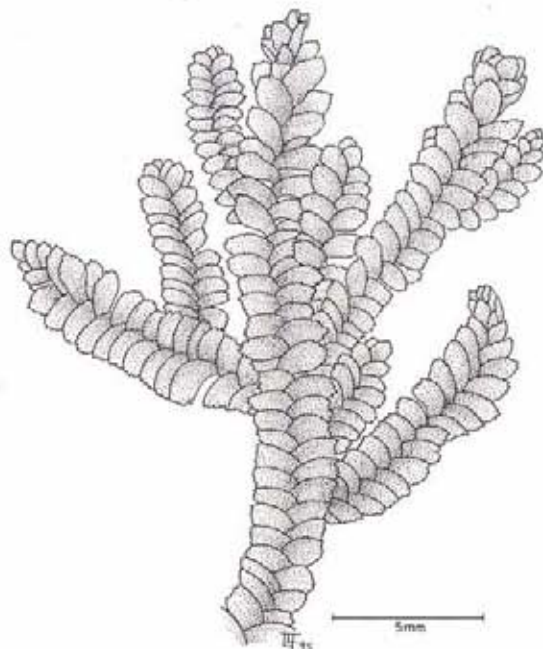


Figura 6: *Homalia lusitanica* Schimper.

Figure 6: *Homalia lusitanica* Schimper.

The scarce light that reaches the interior part of this region still makes possible for the area to be inhabited by the mosses *Th. alopecurum* and *H. lusitanica*, which mark the extinction limit of bryophytes. We also encounter algae and cyanobacteria, groups which have not been well-studied until present; however, it can be now asserted that, in spite of the important role traditionally assigned to algae and cyanobacteria as the inner inhabitants of the less illuminated spots in the cavities, they are absolutely minimized in the shafts due to the competition for light that is established with the last mosses above mentioned, and which entails that these constitute the internal limit of vegetation in vertical cavities (GINÉS, 1989).

Orígen de la flora cavernícola

Tot el que hem exposat fins ara pareix indicar que l'origen de la flora de les cavitats s'ha de cercar a les masses boscoses, tal vegada de caducifolis, que possiblement arribaven a coronar les parts altes de la nostra serra i feien possible, dins un clima més temperat i humit, l'existència d'un sotabosc on eren presents les espècies citades com a més típiques de les cavitats. Un progressiu canvi de clima cap a situacions més extremes, o fins i tot la intervenció de l'home, van provocar la desaparició paulatina d'aquests boscos i les plantes integrants del sotabosc varen quedar relegades a les zones més ombrívoles i humides que proporcionava el relleu, entre les quals es troben les cavitats càrstiques, que en certs casos han resultat ésser els darrers reductes d'aquestes espècies a les nostres illes.

DEEP REGION, that spreads starting from the extinction of light and, therefore, it is an incompatible area with regard to plant life in the strict sense. *HERRERO-BORGOÑÓN (1986)* identifies this region as a mycophytic area, with values of light intensity below 1/2,500 of exterior illumination and inhabited by fungi and bacteria.

A rather interesting characteristic concerning shafts, due to the peculiar microclimate that they present, is their role as refuge for certain species that are considered relict (TOSCO, 1959), such as several bryophytes in Mallorca: Taxiphyllum wissgrilli, Orthothecium intricatum, Solenostoma triste and Rhizomnium punctatum, that up till now have only been found in cavities. This leads one to believe in the possibility of discovering botanical novelties unknown until present, as it is proved by the first seven new occurrences of bryophytes in the Balearic islands found inside some shafts (ROSSELLÓ & GINÉS, 1980).

Origin of cave flora

Everything we have exposed up till now seems to indicate that the origin of flora in Majorcan cavities has to be sought in wood masses, perhaps in deciduous ones, which probably —in a more temperate and humid climate— managed to cover the high areas of our mountains and made the existence of undergrowth communities possible, where the species now quoted as the most typical of cavities were present. A progressive change of climate towards more extreme conditions, or even the intervention of man, provoked the gradual disappearance of these woods, and the integrating plants of the undergrowth were relegated to the shadiest and most humid zones that the relief provided, among which we encounter the karstic cavities that in certain cases have become the last redoubt of these species on our islands.

Bibliografia / References

- CHOPPY, J. (1982): *Processus climatiques dans les vides karstiques. 1, Dynamique de l'air*. Série Phénomènes Karstiques. 84 pàgs. París.
- CHOPPY, J. (1983): *Processus climatiques dans les vides karstiques. 2, Composition de l'air*. Série Phénomènes Karstiques. 88 pàgs. París.
- CUBBON, B.D. (1976): Cave Flora. In: FORD, T.D. & CULLINGFORD, H.D. (Eds.): *The Science of Speleology*. 423-452. Londres.
- DALBY, D.H. (1966): The growth of plants under reduced light. *Studies in Speleology*, 1 (4) : 193-203. Londres.
- DOBAT, K. (1970): Considérations sur la végétation cryptogamique des grottes du Jura Souabe (Sud-Ouest de l'Allemagne). *Annales de Spéléologie*, 25 (4) : 871-907. Moulis.
- DOBAT, K. (1977): Zur ökogenese und ökologie der Lampenflora deutscher Schauhöhlen. In: FREY, W.; HURKA, H. & OBERWINKLER, F. (Eds.): *Beiträge zur Biologie der niederen Pflanzen*. 177-215. Stuttgart.
- DUNK, K.V.D. (1977): Zur Moosvegetation von Mallorca. *Herzogia*, 409-413.
- GINÉS, A. (1983): *Bioespeleología del karst mallorquín. Datos ecológicos preliminares*. Tesi de Llicenciatura. Universitat de les Illes Balears. 219 pàgs. Palma de Mallorca. Inèdit.
- GINÉS, A. (1989): *Morfología kárstica y vegetación en la Serra de Tramuntana. Primeros datos*. Memòria d'Investigació 3er Cicle. Universitat de les Illes Balears. 86 pàgs. Palma de Mallorca. Inèdit.
- GINÉS, A. & GINÉS, P. (1992): Principals característiques climàtiques des Clot des Sero (Calvià, Mallorca). *Endins*, 17-18 : 37-42. Palma de Mallorca.
- GRACIA, C. (1974): Consideraciones teóricas y experimentales sobre algunos problemas que plantea el estudio de la vegetación cavernícola. *Comunicaciones IV Simposium Biospeleología*, 107-111. Barcelona.
- GRACIA, C. (1976): Espeleobotànica: les plantes en el món subterrani. In: *Introducció a la Biospeleologia*. Escola Catalana d'Espeleologia. 8 pàgs. Barcelona.
- GRUP ESPELEOLÒGIC EST (1986): S'Era d'Escorca (Escorca, Mallorca) i algunes cavitats veïnes. *Endins*, 12 : 3-11. Palma de Mallorca.
- HERRERO-BORGONÓN, J.J. (1986): *La flora de las simas valencianas. Contribución a su estudio*. Federación T. Valenciana de Espeleología. 301 pàgs. València.
- HERRERO-BORGONÓN, J.J. & MATEO, G. (1984): Sobre la presencia de *Asplenium scolopendrium* y *A. sagittatum* en las simas valencianas. *Fol. Bot. Misc.* 4 : 7-14. Barcelona.
- KNOCHE, H. (1921-1923): *Flora balearica: étude phytogéographique sur les îles Baléares*. Vol. 1-4. Montpellier.
- KOPPE, F. (1965): Bryologische Beobachtungen auf der Insel Mallorca. *Botaniska Notiser*, 118 : 25-48. Lund.
- LLORENS, L. (1972): Anotaciones a la flora balear. *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 17 : 55-62. Palma de Mallorca.
- MAHEU, J. (1912): Exploration et flore souterraine des cavernes de Catalogne et des îles Baléares. *Spelunca, Bulletin et Mémoires de la Société de Spéléologie*, 8 (67) : 361-465. Paris.
- MORTON, F. & GAMS, H. (1925): Höhlenpflanzen. *Speläologische Monographien*, V, 227 pàgs. Viena.
- PIPAN, L. (1956): Ricerche preliminari di meteorologia ipogea nelle grotte del Carso Triestino. *Le Grotte d'Italia*, serie 3, 1 : 225-261. Castellana Grotte.
- ROSSELLÓ, J.A. & GINÉS, A. (1980): Introducció a la brioflora dels avencs mallorquins. *Endins*, 7 : 27-35. Palma de Mallorca.
- SLOOVER, J.L. de (1967): Quelques Bryophytes recueillies à Majorque. *Les Naturalistes Belges*, 18 : 389-394. Brussel·les.
- TOSCO, U. (1959): Contributi alla conoscenza della vegetazione e della flora cavernicola italiana; I. Cenni Preliminari sulla vegetazione delle caverne con particolare riguardo alla Briofite. *Le Grotte d'Italia*, serie 3, 2 : 37-70. Castellana Grotte.