Regione Toscana
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità

Biodiversità dei Licheni

Una lettura del territorio. La Mofeta dei Borboi a Orciatico nell'Alta Valdera

Paolo Pasquinelli & Fabrizio Puccini

GRUPPO MICOLOGICO LIVORNESE
c/o Museo di Storia Naturale del Mediterraneo,
Via Roma 230, Livorno

Una lettura del territorio.
La Mofeta dei Borboi
a Orciatico nell'Alta Valdera

Biodiversità dei Licheni
di
Paolo Pasquinelli & Fabrizio Puccini

A cura di
Regione Toscana Giunta regionale
Direzione generale Politiche territoriali,
ambientali e per la mobilità

Foto di copertina
Evernia prunastri (L.) Ach.

Retrocopertina
Collema nigrescens (Huds.) DC.
Immagine del simbionte Nostoc a forma di catenella.

Catalogazione nella pubblicazione (CIP) a cura
della Biblioteca della Giunta regionale toscana:

Biodiversità dei licheni: una lettura del territorio :
la Mofeta dei Borboi a Orciatico nell'Alta Valdera
I. Pasquinelli, Paolo II. Puccini, Fabrizio III.Toscana.
Direzione generale politiche territoriali, ambientali
e per la mobilità IV. Gruppo micologico livornese
1. Licheni – Biodiversità - Valdera
579.7094555

Edizione Regione Toscana Giunta Regionale
Realizzazione e stampa
Centro stampa Giunta Regione Toscana
Via di Novoli 73a - 50127 Firenze

Tiratura 3 50
Distribuzione gratuita

Stampa dicembre 2010

Ringraziamenti
Gli autori desiderano ringraziare per gli incoraggiamenti e la cortese collaborazione:

Sandra Giorgetti, Regione Toscana.
Sergio Ventrella, Regione Toscana.
Andrea Casadio, Regione Toscana.
Tedeschi Fabio, Sindaco di Lajatico.
Emilio Bartalucci, già Assessore all'Ambiente
e Vicesindaco del Comune di Lajatico.
Massimo Giannelli, Ufficio Tecnico del Comune
di Lajatico.
Roberto Tognetti, Dip.to di Scienze e Tecnologie
per l'Ambiente e il Territorio, Università
del Molise.
Enrico Zucchi, chimico.
Mrs. Romie Morett, USA-CA.

Per l'uso del laboratorio di microscopia:
Il Gruppo Micologico Livornese a cui i due autori
appartengono.
Per la particolare lettura delle analisi dei gas:
Il Tecnico vulcanologo Antonio Caprai e il 1°
Ricercatore Roberto Cioni, IGG-CNR di Pisa.

Gli autori dichiarano di non aver riceveuto alcun
compenso per la ricerca effettuata.

Sommario

5 Presentazione

7 Introduzione breve

9 Capitolo 1 L'ecosistema oggetto delle osservazioni

15 Capitolo 2 Condizioni ambientali della Mofeta dei Borboi

21 Capitolo 3 Simbiosi e lichene

23 Capitolo 4 Ritrovamenti di licheni nella zona Mofeta_

25 Capitolo 5 Descrizione dettagliata di alcuni licheni rilevati alla Mofeta

43 Capitolo 6 Un po' di colore dei licheni sulle pietre

47 Capitolo 7 Ritrovamenti speciali

55 Capitolo 8 Inatteso incontro

57 Capitolo 9 Alcune cladonie interessanti

61 Capitolo 10 Dentro "l'antro" della Mofeta

69 Capitolo 11 Altre immagini di biodiversità dell'ecosistema. Miscellanea

79 Capitolo 12 Considerazioni finali

80 Bibliografia consultata

Licheni

Physcia adscendens (Fr.) H.Oliv. (colonia biancastra). *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. (colonie giallo-arancio). Zona di Orciatico. Sett. 2010.

Presentazione

Anna Rita Bramerini
Assessore Ambiente e energia della Regione Toscana

Nell'ambito delle diverse iniziative (pubblicazioni, eventi, incontri, manifestazioni) organizzate dalla Regione Toscana in occasione dell'Anno internazionale della biodiversità al fine di sensibilizzare l'opinione pubblica sull'importante tema della tutela delle specie e degli habitat a rischio di estinzione, sono felice di presentare questo libro che ha lo scopo di descrivere e illustrare le biodiversità specifiche dei licheni rilevati in una parte dell'Alta Valdera, un territorio ricco di tradizioni e di luoghi interessanti dal punto di vista naturalistico.

I licheni sono organismi simbionti composti da un fungo e da un'alga verde e/o un batterio che grazie a questa sinergia, sono in grado di colonizzare ambienti molto diversi, a ogni latitudine e altitudine, anche in condizioni di vita estreme, dove, da soli, fungo e alga non potrebbero sopravvivere.

Ed è proprio in un contesto ambientale caratterizzato da difficili condizioni di vita che questo libro propone un'interessante lettura del territorio di Orciatico nel Comune di Lajatico in Provincia di Pisa, e va ad analizzare le specie di licheni presenti in un ambiente peculiare come quello del bosco della Mofeta dei Borboi, dove la concentrazione della CO_2 aumenta oltre i normali limiti a causa dell'emissione dei gas naturali provenienti dal sottosuolo. Dagli studi realizzati dagli autori nel corso di 3 anni di sopralluoghi e analisi sono state descritte, anche mediante microscopia ottica, 34 specie di licheni di cui 5 (*Flavoparmelia caperata, Cladonia* sp*., Pertusaria amara, Parmelia perlata, Evernia prunastri)* resistenti alle difficili condizioni di vita presenti nelle immediate vicinanze della bocca d'emissione dei gas naturali.

I risultati del lavoro svolto da parte degli autori rappresentano inoltre un importante contributo non solo per la descrizione e valutazione della biodiversità che caratterizza un ambiente specifico come quello della Mofeta ma anche per una implementazione dei dati contenuti in RENATO (Repertorio NAturalistico della TOscana). A tal proposito vorrei ricordare che RENATO realizzato, in collaborazione con esperti del settore, a partire dal 1997, è una banca dati georeferenziata all'interno della quale sono state raccolte e organizzate le conoscenze ad oggi disponibili sulle emergenze floristiche, faunistiche e vegetazionali del territorio toscano. Tale archivio è in fase di costante aggiornamento e costituisce uno strumento basilare per mettere in pratica in modo efficace corrette e mirate politiche di intervento per la conservazione delle specie e degli habitat a rischio nei territori interessati, per valutare la compatibilità di piani e progetti per la gestione e lo sviluppo del territorio, per svolgere politiche attive di gestione rivolte alla salvaguardia della biodiversità.

La banca dati RENATO è fruibile da parte di tutti i cittadini collegandosi al seguente indirizzo: **http://www.regione.toscana.it/regione/export/RT/sitoRT/Contenuti/sezioni/ambiente_territorio/biodiversita/rubriche/cosafare/visualizza_asset.html_1915283971.html.**

Mi auguro infine che gli autori possano in futuro intraprendere analoghe ricerche su altre zone del territorio toscano in modo da arricchire sempre di più le conoscenze del ricco patrimonio naturalistico regionale.

Abstract

This book aims to study the specific biodiversities of lichens of a Tuscany area named "Alta-Valdera". In particular we would like to share interesting findings in this territory where the concentration of the CO_2 increases over the normal limit because of the emission of natural gasses from the underground. The vent of this emission is positioned inside the forest of the "Mofeta of Borboi" at Orciatico/Lajatico Municipality. We researched and documented 34 lichen species in all that territory. The "core" of the book points to that species of the lichens resistant to the stressful conditions of life near the natural gas emission vent. We found five species of resistant lichens: *Flavoparmelia caperata, Cladonia sp., Pertusaria amara, Parmelia perlata, Evernia prunastri*. In addition to a photographic documentation we liked to put the analysis of fine lichen structures analyzed under optical microscope. At last but not the least we discovered an important niche of lichen colonies in the area of "Mulino Fonterossa" which we suggest to protect from the human intervention. In the final chapter we propose a "miscellanea" of environmental biodiversties and some landscape of the beautiful country Alta Valdera in Tuscany.

Riassunto

Il libro ha lo scopo di illustrare le biodiversità specifiche dei licheni rilevati in una parte del territorio Toscano dell'Alta Valdera. In particolare è stata proposta un'interessante lettura di quel territorio dove la concentrazione della CO_2 aumenta oltre i normali limiti a causa dell'emissione dei gas naturali provenienti dal sottosuolo. La bocca d'emissione sta posizionata dentro il bosco della Mofeta dei Borboi a Orciatico nel Comune di Lajatico in Provincia di Pisa.
Sono descritte 34 specie di licheni repertate in tutto il territorio sottoposto a studio. Il "core" del libro punta a quelle specie di licheni resistenti alle condizioni stressogene di vita presenti nelle immediate vicinanze della bocca d'emissione dei gas naturali provenienti dal sottosuolo. Sono cinque le specie di licheni resistenti censite:
Flavoparmelia caperata, Cladonia sp.*, Pertusaria amara, Parmelia perlata, Evernia prunastri*.
In aggiunta alla documentazione fotografica vengono descritte immagini delle strutture più fini dei licheni mediante microscopia ottica. In ultimo, ma per questo non meno importante viene fatta una segnalazione di un interessante e importante ritrovamento di una nicchia di colonie licheniche abbastanza rare nella zona del Mulino Fonterossa. A tal proposito é scaturito il suggerimento di proteggere il luogo da pressioni antropiche. Nel capitolo finale viene presentata una documentazione "miscellanea" delle biodiversità e di qualche bel paesaggio esistente nella zona dell'Alta Valdera in Toscana.

Introduzione breve

La presente pubblicazione è il risultato di una ricerca condotta dai due autori nel territorio dell'alta Valdera, con particolare riguardo alla zona di Lajatico. Lo studio iniziò con una serie di osservazioni effettuate nel 2007 e fu intensificato dagli stessi dal giugno 2008 fino al settembre 2010 in ragione dell'interesse suscitato dalla presentazione dei risultati preliminari alla Direzione generale Politiche del Territorio e Ambiente della Regione Toscana. Le colline della Valdera rappresentano un eccellente esempio d'integrazione tra urbanizzazione rurale, campagna coltivata e bosco (foto 1 e 2). Un paesaggio veramente incantevole che permette di apprezzare e studiare le qualità del territorio toscano con rispetto e silenzio.

Foto 1. Vista panoramica di alcune colline dell'Alta Valdera. Nello sfondo sono visibili: in alto a Sin. le Alpi Apuane innevate, a Dx. l'Appennino tosco-emiliano. Gen. 2010.

Le attività prevalentemente legate all'agricoltura, fortunatamente non ancora intensiva, insieme a quelle di un agriturismo di nicchia, hanno permesso di mantenere armonioso il paesaggio senza alterarne troppo la conformazione geografica.
La scomparsa di una porzione del bosco perenne conseguente al crescere dell'attività antropica ha inevitabilmente ceduto il posto ad altre tipologie di territorio.
Tuttavia questo fatto è stato in qualche modo attenuato dall'introduzione di elevate masse vegetative a coltivazione stagionale e da rari insediamenti urbani aggiuntivi.
A nostro avviso si tratterà, d'ora in avanti, di considerare questo territorio alla stregua di un patrimonio dell'umanità, possibilmente esente da interventi antropici incontrollati. La nostra speranza dunque è quella di ritornare qui tra una decina d'anni e trovare ancora questi panorami inalterati, ricchi di biodiversità e di fascino discreto come lo sono attualmente.

Foto 2. Vista panoramica del giusto equilibrio ambientale nell'Alta Valdera. A metà immagine si può osservare un gregge al pascolo. Gen. 2010.

L'ecosistema oggetto delle osservazioni

La maggiore attenzione dello studio é stata rivolta alla zona della **Mofeta dei Borboi** situata a pochi Km da **Orciatico**, paese compreso nel Comune di **Lajatico**, in provincia di Pisa.
Qui il bosco é vitale, ben esteso e dunque abbondantemente rappresentato in ogni sua componente ambientale.
Ecco come si presenta l'ingresso al bosco della Mofeta (foto 3) a chi proviene dalla Strada Provinciale 45 verso Orciatico. Una barriera impone un giusto stop ai veicoli e non permette il loro inserimento nella strada sterrata che conduce ai sentieri più angusti del bosco. Per i visitatori e i ricercatori esiste un bel cartello che indica la direzione e soprattutto segnala i percorsi più interessanti dal punto di vista naturalistico (foto 4).

Foto 3. Barriera d'ingresso alla Mofeta dei Borboi.

Foto 4. Cartello indicatore del percorso e delle sue caratteristiche.

Qualche importante consiglio di prudenza per uno specifico punto di pericolo, dovuto all'emissione di gas naturali, viene aggiunto alla spiegazione delle caratteristiche del luogo.

La vegetazione si presenta a prima vista rigogliosa e ricca di biodiversità e la spiegazione che viene fornita è di carattere fisiologico (maggior crescita dell'apparato fogliare delle piante dovuta ad una concentrazione di CO_2 superiore alla media). Tuttavia la zona della Mofeta, specialmente in vicinanza della bocchetta d'emissione di gas naturali del sottosuolo (foto 5), rappresenta un unicum di ecosistema per le caratteristiche tipiche di un **ambiente stressogeno**.

Infatti, proprio lì a pochi metri di distanza dalle emissioni, riscontrammo una trasformazione dell'ambiente quasi prossima all'annullamento della flora e a una riduzione cospicua di altre specie viventi. Al contrario, all'interno del bosco che la circonda, notammo quell'abbondante crescita della vegetazione e di massa fogliare che confermavano quello che si può leggere nei cartelli e quanto si riscontri in alcune pubblicazioni scientifiche. Premesso che non siamo stati i primi a compiere osservazioni naturalistiche su quell'ambiente, tuttavia riteniamo che l'aver utilizzato, come maggior fonte descrittiva, la **biodiversità dei licheni** sia stato un fatto scientifico del tutto originale.

Per poter stabilire che la possibile causa-effetto sia da attribuirsi ad un'elevata concentrazione di CO_2 e di altri gas naturali immessi costantemente in quell'atmosfera questo nostro studio può aggiungere un contributo non indifferente al già conosciuto.

A vantaggio di una miglior lettura delle caratteristiche del luogo, entriamo da subito nell'argomento introducendo una vista particolare della Mofeta (foto 5).

Foto 5. Mofeta dei Borboi. Spettacolare gorgogliamento dei gas dopo una stagione di intense piogge. Febbraio 2010.

È stata nostra intenzione approfondire le conoscenze di questo ecosistema in ragione della possibilità che esso può offrire nell'individuare le **specie resistenti** a condizioni puntuali di vita "stressogena" (da noi così considerate). Abbiamo perciò orientato la scelta prioritaria sulla ricerca di quelle biodiversità specifiche, ad esempio i licheni, che sono riuscite a svilupparsi in tale situazione sfavorevole presente nel luogo dell'emissione gassosa.

In noi rimane la convinzione di aver lasciato una traccia scientifica come punto fermo sulla mappatura delle specie licheniche segnalate, utilizzabile per altre verifiche comparabili nel tempo. A nostro avviso i licheni (ecco la scelta) rappresentano un modello di simbiosi archeologica traslata nel tempo per la loro adattabilità ad ogni situazione ambientale e per la loro caratteristica di essere ed essere stati tra i "pionieri" colonizzatori vegetali della Terra.

Per una migliore valutazione di ciò che l'emissione gassosa della Mofeta provoca in quel miniambiente, comparata con il territorio circostante, le osservazioni hanno interessato anche altre zone fino ad estendersi al Mulino Fonterossa (foto 6) e a tratti della strada provinciale (S.P. 45).

Foto 6. Rudere restaurato del vecchio Mulino a vento Fonterossa di Orciatico.

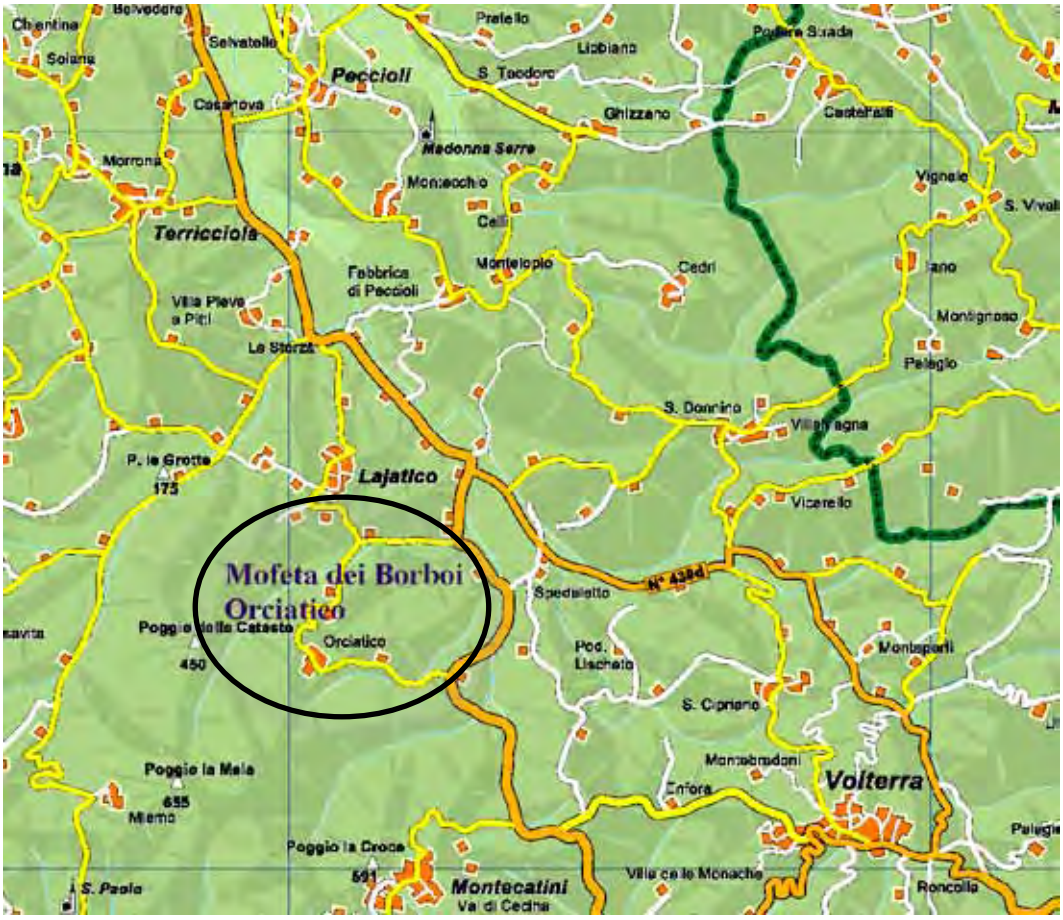
Il variare delle condizioni dell'ecosistema, nei suoi aspetti stagionali, ha conseguentemente indotto a compiere sopralluoghi in diversi periodi dell'anno. Sono state eseguite complessivamente una cinquantina di ricognizioni che hanno consentito una raccolta di dati e d'immagini talmente ampia da creare solo l'imbarazzo della scelta. Consideriamo la lettura di un territorio mediante le **biodiversità**, una tra le metodologie più interessanti che permettono di effettuare uno studio ambientale di tipo naturalistico. La ricerca delle **biodiversità specifiche**, nel nostro caso principalmente finalizzata ai **licheni**, come già accennato, deriva dalle conoscenze dello specifico settore, che abbiamo accumulato sin dagli anni 1990, peraltro coronate da evidenti risultati e riconoscimenti. Nondimeno uno sguardo è stato rivolto ad altre specie presenti che ci sembrava giusto segnalare sia per una descrizione complessiva dell'ecosistema sia per la loro inaspettata presenza ed infine per un' insaziabile nostra curiosità scientifica. Talvolta al piacere di procedere si sono aggiunte invece sgradevoli sorprese come quella di scoprire, nel Gennaio 2010, i danni provocati da uno scriteriato tentativo di disboscamento a poche decine di metri di distanza dalla Mofeta (foto 7).

Foto 7. Scriteriato disboscamento a poche decine di metri dalla Mofeta. Gennaio 2010.

Segnale quest'ultimo che indica quanto la porzione di bosco possa essere aggredibile e soggetta a modifiche antropiche dannose, qualora non si attuino sorveglianze molto rigide specialmente sulle modalità dei disboscamenti. Spesso queste situazioni sono il preludio di azioni più violente da attuarsi con strategie crescenti. In uno di questi frangenti uno di noi (P.P.) attuò con successo un intervento dissuasivo diretto al personale di una ditta di disboscamento che aveva compiuto una negligenza lavorativa, peraltro avvertendo anche chi di dovere.

Il suggerimento che ci sentiamo di dare è quello di inserire nelle gare d'appalto dei disboscamenti anche la certificazione obbligatoria da parte di professionisti (biologi, agronomi o forestali) relativa all'esecuzione dei lavori da farsi a "regola d'arte".

Cartografia semplificata della Toscana comprendente la zona della Mofeta dei Borboi tra Lajatico e Orciatico oggetto della ricerca.



Capitolo 2

Condizioni ambientali della Mofeta dei Borboi

La "puzza" di uova marce dovuta al solfuro di idrogeno (H_2S) è poco gradevole e si diffonde per buona parte dei sentieri e del territorio circostante. La cautela d'avvicinamento alla Mofeta é d'obbligo e il limite massimo d'osservazione viene segnalato dai cartelli e da una staccionata. Il percorso si snoda attraverso un sentiero piuttosto agevole inserito nel folto della boscaglia che in un'occasione presenta un bivio fuorviante, peraltro interessante per chi conduca o attui ricerche sulle biodiversità, in quanto ha una caratteristica torrentizia con pietre e rocce sconnesse.

La composizione della vegetazione è simile a quella della macchia mediterranea a prevalenza quindi di arbusti (ginepro, mirto, ginestra, erica) con aggiunta di alberi spontanei adulti (leccio, quercia, orniello, sorbo) e qualche specie d'antropizzazione o inserimento casuale (cipresso, melo, pioppo).
Come già accennato, la Mofeta presenta aspetti diversi col mutare delle condizioni climatiche stagionali. Infatti, nei periodi di scarsità di piogge, essa appare come un antro misterioso che soffia e avverte del pericolo (foto 8).

Foto 8. Vista della Mofeta durante una situazione di secchezza estiva. Luglio 2008.

Al contrario, in condizioni di piogge intense, fornisce uno spettacolo inatteso che può destare stupore e meraviglia.
La situazione ottimale quindi, per una ricognizione scientifica, la si ha dopo un'annata di piogge intese quando il piccolo torrente (botro) presenta uno scorrimento d'acqua e la bocchetta ribolle piena di fanghiglia (foto 9). Il luogo diventa ancor più spettacolare e attraente per la comparsa di gorgogliamenti che si sprigionano qua e là tra le pozze vicine alla bocca d'emissione.

Foto 9. Mofeta. Particolare del gorgogliamento alla bocca di emissione dei gas con ribollimento d'acqua mista a fanghiglia. Gennaio 2010.

Il desiderio di aggiungere notizie sperimentali alle immagini e ai filmati che documentavano quell'ecosistema produsse in noi la necessità di effettuare alcune misure chimico-fisiche. Riuscimmo ad eseguirle dapprima nell'acqua del ruscello (**pH 6.8**) poi alla bocca d'emissione (**pH 5.9**) e poco più in basso dentro una pozza (**pH 6.1**). Quest'ultime due misure sono impercettibilmente più spostate verso l'acidità per il contributo dovuto alla maggior componente gassosa solubile dell'idrogeno solforato (**H_2S**) che, come sappiamo é un acido debole ad elevata solubilità in acqua.

Foto 10. Evidenti gorgogliamenti nelle acque del torrente e nelle pozze vicino alla bocca d'emissione della Mofeta. Gennaio 2010.

La Foto 10 evidenzia un'intensa attività del sottosuolo della Mofeta che supponiamo sia parte di una vasta trama geotermica caratteristica della zona.

Coordinate della Mofeta dei Borboi rilevate con GPS:

N	43° 26' 625''	Latitudine
E	10° 42' 940''	Longitudine
altitudine	203 m	s.l.m.

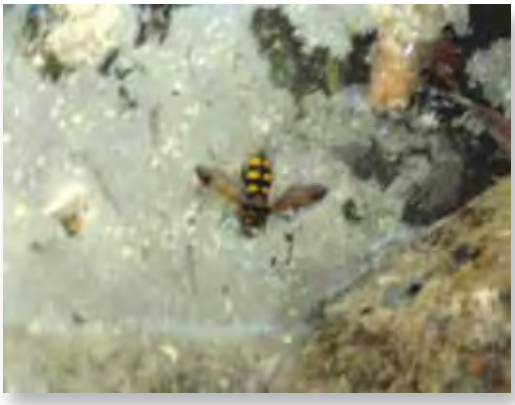
Socializzando con un accompagnatore locale (Sig. Bartalucci), tra l'altro in quel periodo Assessore all'ambiente del Comune di Lajatico, venimmo a conoscenza che alcuni animaletti in transito nei pressi della bocchetta della Mofeta spesso ci "lasciavano le penne" a causa delle esalazioni gassose e che le loro carcasse rimanevano visibili.

Di ciò avemmo conferma in tempi diversi, come testimoniano le immagini del ritrovamento dei resti di una gazza (Corvidae), di una tortora (Columbidae) che ebbero l'exitus proprio vicino a una delle pozze e di una vespa (Vespidae) che subì la stessa sorte (foto 11, 12,13).

Foto 11. Carcassa di una gazza e di un cerambice vicino alla bocca di emissione della Mofeta per un probabile effetto tossico dovuto alle emanazioni gassose durante un tentativo di abbeveraggio o di pasto. 26/08/2010.

Foto 12. Tortora spirata vicino a un pozza della Mofeta per un probabile effetto tossico delle emanazioni gassose durante l'abbeveraggio. 02/9/2010.

Foto 13. Immagine di una vespa sfinita dai gas. 02/09/2010.



Le emanazioni della Mofeta all'intorno della bocca d'emissione provocano effetti letali sui piccoli animali, specialmente a livello del terreno dove la concentrazione dei gas è molto elevata.
L'attività delle pozzette é visivamente percettibile anche in estate dopo che però si siano verificati violenti acquazzoni come avvenuto nell'agosto del 2010.
Una puntuale nostra esplorazione ha permesso di documentare quell'interessante e non comune situazione estiva (foto 14).

Foto14. Evidente attività dei gas naturali in una pozza d'acqua a pochi metri dalla bocca principale d'emissione della Mofeta. Si notano in basso a Dx i resti di due cerambici. 26/08/2010.

Proseguendo nella descrizione delle caratteristiche biologiche e fisiche dell'ambiente, anche l'aspetto dell'emanazione gassosa é stato oggetto dei rilevamenti che hanno dato i seguenti risultati:

Aprile 2009
Mofeta dei Borboi. Bocchetta d'emissione. Media di due misure percentuali in volume:

Aria	2,24%
CO_2	96,5 %
CH_4	1,23 %
H_2S	< 150ppm per deduzione 0.03%

Alla stessa data, a circa 40m di distanza dalla bocchetta, ad un dislivello superiore in altitudine di circa 10m, riscontrammo il valore: **CO_2 372 ppm** in volume. L'anno precedente (Luglio 2008), in condizioni climatiche diverse, il valore letto a circa 70m dalla bocchetta, con un dislivello superiore in altitudine di circa 15m, fu: **CO_2 450 ppm** in volume.
Ovviamente le diverse condizioni climatiche (venti e piogge) spiegano le oscillazioni della concentrazione dei gas di emissione rilevati a varie distanze dalla bocchetta di emissione e in periodi diversi. Sostanzialmente i valori di CO_2 corrispondono a quelli trovati in letteratura. Lo stesso dicasi per l'H_2S. Secondo uno studio di Baronti la concentrazione elevata della CO_2 favorisce solo inizialmente la crescita foliare delle piante che poi ritorna a livelli normali.
Una novità scientifica importante, è stata quella di aver trovato Metano tra i gas di emissione della Mofeta che, seppur in percentuale relativamente bassa (CH_4 1,23 %), potrebbe alla lunga mostrare un certo interesse energetico. Tale aspetto relativo alla bocca d'emissione dei gas naturali provenienti dal sottosuolo della Mofeta dei Borboi non era prima d'ora stato citato da alcun autore ne' riportato in letteratura.

Foto 15. Paolo Pasquinelli legge le coordinate in vista della Mofeta dei Borboi. Luglio 2008

“Rigurgiti” della Mofeta dei Borboi

Simbiosi e lichene

Prima di immetterci nella specificità della ricerca, giova ricordare alcune definizioni che chiariscono significativamente il concetto di simbiosi e quello di lichene. Riprendendo quanto recentemente scritto in una nostra pubblicazione possiamo affermare che:

la Simbiosi: *"E' un particolare rapporto che si instaura tra specie diverse che vivono a stretto contatto fra loro, con scambio permanente di sostanze utili alla loro esistenza. La simbiosi è quindi uno dei modelli di vita utilitaristica valido per la sopravvivenza delle specie."*

Il Lichene: *"È un complesso vegetale in simbiosi, costituito da due organismi differenti che convivono: Il fotobionte (alghe, cianobatteri) e il micobionte (fungo). Questa forma di vita simbiotica costituisce l'associazione chiamata lichene"*.
Proseguendo nella pubblicazione sopracitata, si legge che "i licheni possono sopravvivere anche in condizioni di stress quali siccità, poca luce ed elevate escursioni termiche". Proprio da quest'ultima considerazione é partita, da uno degli autori (Paolo Pasquinelli), l'idea di compiere uno studio approfondito sui miniambienti considerati stressogeni.
Combinazioni ottimali furono, nell'aprile 2007, l'aver consumato un desinare in una trattoria tipica toscana a Orciatico e l'aver visto un cartello indicatore della Mofeta dei Borboi con tanto di spiegazione. Quanto di meglio si poteva desiderare per iniziare un nuovo lavoro scientifico insieme al fidato ed esperto co-autore Fabrizio Puccini?
Di biodiversità in quel territorio ne avremmo certamente trovate in abbondanza, si trattava solo di scegliere e progettare. Come già detto la scelta primaria è stata orientata sui licheni e poi su quel che più di comune e di strano si potesse incontrare lungo il cammino.

Colonie di licheni epifiti, habitat. *Pertusaria amara* (color bianco, in basso), *Parmelia sulcata* (color argenteo, al centro), *Flavoparmelia caperata* (color verdastro, a destra). Piccolo ciuffo di muschio inserito al centro. Bosco della Mofeta

Praticello di *Cladonia rangiformis* Hoffm. (lichene terricolo) tra arbusti di mirto e ginepro.

Capitolo 4

Ritrovamenti di licheni nella zona Mofeta

E quindi, via dentro il bosco della Mofeta! Si inizia con la barriera del sentiero di accesso (foto 15) . Lì si che se ne trovano subito d'interessanti licheni! In questo habitat oltre alle singole specie sono presenti associazioni di macrolicheni che indicano lo stato di "buona salute" del territorio. La caratteristica di queste colonie è quella di occupare spazi limitati con strategie di bassa competizione e di massima condivisione dello spazio vitale necessario al loro sviluppo. Altre volte assumono crescite disordinate e addirittura in alcuni casi anche sovrapposte senza che nessuna delle specie colonizzatrici soccomba.

Siamo in presenza di un diffusione ubiquitaria dei licheni: sul terreno, sulle cortecce degli alberi, sulle rocce, sui manufatti edilizi. Alcuni, cresciuti nelle rocce o sulle cortecce lisce, mostrano contorni ben definiti simili ai bordi di un confine. La morfologia é grandemente differente tra generi diversi, mentre tra le specie diventa molto simile e difficilmente distinguibile a tal punto da dover usare chiavi di lettura per identificarli unitamente alla microscopia.

I luoghi della ricerca affascinano sempre i ricercatori ;-))

Foto 16. Fabrizio Puccini in osservazione all'ingresso del sentiero. Gennaio 2010

Giusto per entrare subito nel merito dei rilevamenti abbiamo ritenuto opportuno inserire qui di seguito la **lista dei licheni rilevati** nella zona di Orciatico (comune di Lajatico, Provincia di Pisa) da ricognizioni effettuate sul territorio tra Luglio 2008 e Settembre 2010:

1) *Arthonia cinnabarina* (DC.) Wallr.
2) ***Caloplaca aurantia* (Pers.) Steiner**
3) ***Cladonia convoluta* (Lam.) P. Cout.**
4) ***Cladonia foliacea* (Huds.) Willd.**
5) ***Cladonia fimbriata* (L.) Fr.**
6) ***Cladonia furcata* (Huds.) Schrad.**
7) ***Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm.**
8) ***Cladonia rangiformis* Hoffm.**
9) *Cladonia verticillata* Hoffm.
10) **Collema nigrescens (Huds.) DC**
11) ***Collema fasciculatum* (L.) Weber ex F. H. Wigg.**
12) *Chrysothrix candelaris* (L.) J.R.Laundon
13) ***Evernia prunastri* (L.) Ach.**
14) ***Flavoparmelia caperata* (L.) Hale.**
15) ***Fulgensia fulgens* (Sw.) Elenkin**
16) ***Graphis scripta* (L.) Ach.**
17) ***Lecanora atra* (Huds.) Ach.**
18) *Lecanora muralis* (Schreb.) Rabenh.
19) ***Opegrapha atra* Pers.**
20) ***Parmelia perlata* (Huds.) Vain**
21) ***Parmelia sulcata* Tayl.**
22) *Parmelia tiliacea* (Hoffm.) Ach.
23) ***Pertusaria amara* (Ach.) Nyl.**
24) ***Physcia adscendens* (Fr.) Oliv.**
25) ***Physcia aipolia* (Humb.) Hampe**
26) *Physcia semipinnata* (Gmel.) Moberg
27) ***Physcia tenella* (Scop.) DC**
28) ***Ramalina fastigiata* (Pers.) Ach.**
29) ***Rhizocarpon geographicum* (L.) DC.**
30) ***Rhizocarpon umbilicatum* (Ram.) Flagey**
31) ***Squamarina catilaginea* (With.) P.James**
32) ***Verrucaria maura* Whaelend**
33) ***Xanthoria calcicola Oksner* (L.) Th. Fr.**
34) ***Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.**

La presente lista può essere considerata non esaustiva di tutte le specie di licheni presenti nel territorio monitorato perciò è auspicabile, come avvenuto per altre pubblicazioni, che possa essere arricchita in seguito ad altri ritrovamenti e segnalazioni. Le specie scritte in "grassetto" sono descritte nel testo. C'é inoltre da segnalare che queste biodiversità specifiche (licheni) sono sottoposte a pressioni ambientali e antropiche le cui conseguenze possono portare alla scomparsa di alcune di esse. Esiste infatti una lista rossa dei licheni in cui vengono riportati i vari livelli delle categorie di minaccia. Giusto per fornire un'idea, viene mostrata di seguito la nomenclatura internazionale di quelle che possono essere le categorie di rischio delle biodiversità. I criteri sono stati ripresi dall'UICN 1994 e 2001 (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) riguardanti le liste rosse.

RE (Regionally Extinct)	estinta regionalmente
CR (Critically Endangered)	minacciata d'estinzione
EN (Endangered)	fortemente minacciata
VU (Vulnerable)	vulnerabile
NT (Near Threatened)	potenzialmente minacciata
LC (Least Concerned)	non minacciata
DD (Data Deficient)	dati insufficienti
NE (Not Evaluated)	non valutata

Viene ritenuta estinta quella specie che non si ripresenta da almeno tre generazioni. Per i licheni una generazione dura circa 35 anni, quindi le tre generazioni corrispondono a circa 100 anni, per cui se, nell'arco di un secolo, quella specie lichenica non é più presente in quel territorio é da considerarsi estinta.
Nel caso del territorio dell'Alta Valdera, da noi preso in considerazione, le specie di licheni che, a nostro giudizio, sono da considerarsi minacciate appartengono a:

Arthonia cinnabarina (DC.) Wallr.	(unico ritrovamento)
Cladonia verticillata (Hoffm.) Ahti	(unico ritrovamento)
Collema fasciculatum (L.) Weber	(rarità)
Evernia prunastri (L.) Ach.	(una ventina di ritrovamenti)
Ramalina fastigiata (L.) Ach.	(unico ritrovamento)
Opheographa atra Pers.	(scarsa presenza)
Fulgensia fulgens (Sw.) El.	(unica zona Mulino Fonterossa)
Cladonia fimbriata (L.) Fr.	(scarsa presenza)
Physcia semipinnata (Gmel.) Mob.	(scarsa presenza)
Physcia tenella (Scop.) DC	(scarsa presenza)
Rhizocarpon geographicum (L.) DC	(unica zona Mulino Fonterossa)
Squamarina cartilaginea (With.) P.James	(Mulino e sentiero Mofeta)

Le minacce per questi licheni sono dovute principalmente alle attività umane di disboscamento e all'eventuale scarso rispetto del territorio.
Si legge infatti nel rapporto dell'IUCN* **(International Union for Conservation of Nature):** "*Il crescente bisogno di superfici per agglomerati, industria e commercio o strade, così come i raggruppamenti nell'agricoltura, hanno come conseguenza la continua scomparsa di habitat di licheni terricoli ed epifiti.*"
* http://www.iucn.org/

La scomparsa delle biodiversità in generale, va contro quello che è stato il dettato ONU nell'aver proclamato l'anno 2010 come l'anno delle biodiversità e della conservazione delle specie viventi. Certamente i licheni visti come **bioindicatori** sono tra i principali organismi vegetali utili a fornire notizie scientifiche su possibili inquinamenti atmosferici. Infatti, si può sostenere che laddove ci si aspetti di trovare alcune specie e non le si trovino significa che qualche cambiamento ambientale sfavorevole è avvenuto. Al contrario, se vi si trovano, e' la dimostrazione che le condizioni sono ideali per il loro sviluppo (foto 16), - ecco in pratica illustrato il significato di bioindicatore -. Utilizzati anche sotto l'aspetto di **bioconcentratori** i licheni forniscono la possibilità di analizzare ciò che hanno assorbito in un determinato periodo mediante la loro funzione di interfaccia con l'atmosfera. L'assorbimento dei prodotti inquinanti da parte dei licheni é dovuto prevalentemente alla necessità di assorbire acqua (piovana, umidità) e all'accumulo di particolati atmosferici che vi si depositano, anche per lunghi periodi.

Foto 17. Colonie di licheni epifiti su rami di quercia. Indice di condizioni ottimali di crescita in un bosco sano. Folto del bosco a 200m dalla Mofeta. Feb.2009.

Con l'intenzione di chiarire altri aspetti di nomenclatura dei licheni riteniamo utile indicare sinteticamente alcune loro suddivisioni legate all'ambiente di crescita o alla loro forma:

-Licheni endofitici	crescita su cortecce di alberi e arbusti;
-Licheni endolitici	crescita su rocce, sassi, manufatti.
-Licheni crostosi	croste molto aderenti al substrato
-Licheni foliosi	tallo a fogliette laminari
-Licheni fruticosi	ramificati, tipo cespuglietto
-Licheni squamulosi	formati da piccole squamule
-Licheni gelatinosi	gelatinosi in stato di elevata umidità

Capitolo 5

Descrizione dettagliata di alcuni licheni rilevati alla Mofeta

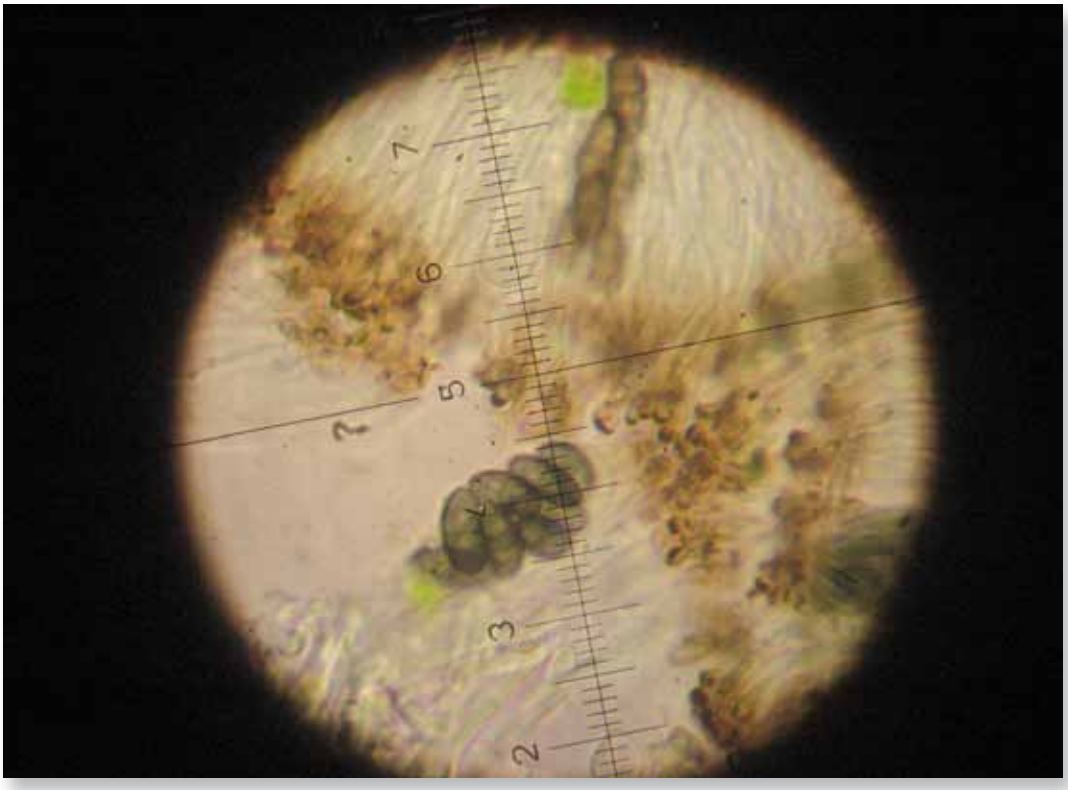
Foto 18. *Physcia aipolia* (Humb.) Hampe. Visibili grossi apoteci scuri su tallo chiaro. Ai lati il giallo di *Xanthoria parietina*.

Physcia aipolia

La Foto 18 mostra una copertura totale da parte dei licheni in piena maturità su un rametto di Olmo campestre (*Ulmus minor*) ormai nello stadio di secchezza. Si notano grandi apoteci (corpi fruttiferi) dal diametro medio di circa 0.5mm con interno scuro e bordo chiaro come il tallo (apoteci lecanorini) di *Physcia aipolia* e, ai margini, quelli gialli-arancio di Xanthoria. **Gli apoteci** sono quelle strutture per la riproduzione sessuata del lichene contenenti le spore in sacchetti denominati aschi (Foto 18).

Il tallo, o parte vegetativa della componente micobionte (fungina), in questa particolare colonizzazione quasi non esiste. Gli apoteci così numerosi e grandi sembrano voler costituire la miglior condizione di sopravvivenza del lichene in un ambiente di per sé stressogeno e angusto. Da notare come l'altro lichene, la *Xanthoria parietina* (appena visibile ai lati della foto 18), pigmentato di giallo, conviva con la *Physcia aipolia* in maniera da formare un'associazione macrolichenica endofitica.

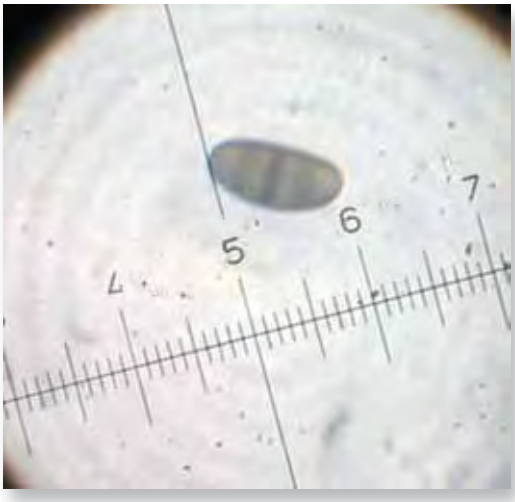
Foto 19. Asco con spore di *Physcia aipolia*. M.O. Magn. 600X e zoom digitale. Colorazione di Melzer.



La foto 19 mostra centralmente un asco maturo, fuori dall'imenio, che contiene otto spore, pronte per la diffusione sul terreno e per la riproduzione gamica utile per la conservazione e diffusione della specie. Nella parte in alto è visibile un asco immaturo contenuto nella porzione medullare e sottili parafisi che si addensano pigmentate a formare la parte corticale che assume il colore del Melzer. Due cellule dell'alga verde simbionte sono appena percettibili attaccate agli aschi.

La dimensione media è di **(70x45)µm** per l'asco e di (**28x10**) **µm** per la spora. La media delle misure è stata calcolata su una decina di aschi maturi e una cinquantina di spore con un'oscillazione del 7-10% rispettivamente in larghezza e lunghezza per entrambe le strutture viste al microscopio ottico con micrometro.

Foto 20. Spora tetra-settata di *Physcia aipolia*. M.O. Magn. 600X e zoom digitale.

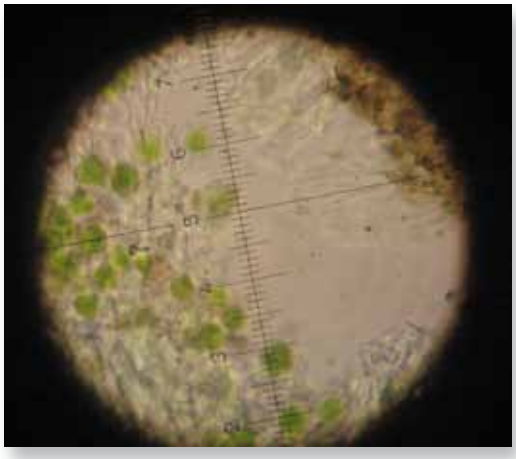


In foto 20 é rappresentata una singola spora di *Physcia aipolia* vista al microscopio ottico dopo lavaggio e separazione in soluzione fisiologica. Risultano ben evidenziati i quattro setti che costituiscono una caratteristica tipica delle spore di questo lichene. Il micrometro sta a testimoniare la reale misurazione avvenuta nel laboratorio del Gruppo Micologico Livornese (foto 21) a cui i due autori appartengono.

Foto 21. Tavolo di microscopia nel laboratorio del Gruppo Micologico Livornese.

Per completare la morfologia di questo lichene è opportuno mostrare l'alga simbionte (Trebouxia) senza la quale il "complesso" non sarebbe vitale. La Trebouxia appartiene alle alghe verdi unicellulari denominate cloroccoidi.
La moltiplicazione cellulare di Trebouxia avviene per mitosi. Qualche volta quest'alga si presenta da sola e forma strisciate verdi specialmente sulle cortecce dei pini, rimanendo in attesa dello sviluppo della parte vegetativa fungina che può avvenire anche a distanza di alcuni anni dopo la germinazione di qualche spora fungina. In effetti la capacità moltiplicativa di un'alga unicellulare, che si trovi isolata e in condizioni ottimali, ha un andamento di crescita esponenziale fino al raggiungimento dello stato stazionario in un paio di mesi. Ciò non significa che la formazione del lichene e la sua maturazione abbiano la stessa progressione, ma vuol dire che le alghe sono già pronte per ricevere, o farsi catturare/imprigionare dalla parte fungina (ife di ascomicete nel 98% dei casi) per formare il "complesso lichenico".

Foto 22. Cellule dell'alga verde Trebouxia, fotobionte di *Physcia aipolia* e di molti altri licheni. M.O. Magn. 600X



In foto 22 si evidenziano le cellule rotondeggianti dell'alga unicellulare Trebouxia in piena attività fotosintetica (colorazione verde della clorofilla). Le cellule hanno una dimensione media del diametro di **10µm**. Quest'alga è specie specifica come in tanti altri casi, ciò significa che ha una "convivenza" obbligata con quel tipo di fungo per dare origine alla *Physcia aipolia*.
L'altro lichene, trovato nello stesso habitat, appartenente allo stesso genere del precedente, é la *Physcia tenella* (Foto 23).
Su questa classificazione tassonomica, molto controversa, si intravede un sottoinsieme alla specie detto sottospecie o addirittura "forma". Infatti, importanti autori

tra i quali Nimis, avvertono della stretta somiglianza di *Physcia tenella* con *Physcia adscendens*. Un dubbio risolvibile, a loro giudizio, mediante una tipizzazione del DNA peraltro difficile. Per la nostra esperienza visiva e per una serie di osservazioni differenziate tale lichene lo consideriamo definibile quindi come:

Physcia tenella

Foto 23. *Physcia tenella* (Scop.) DC. Colonizzazione su un rametto di Olmo campestre (*Ulmus minor*). Ingresso sentiero Mofeta. 17 Luglio 2008.

In foto 23 un curioso accrescimento divaricato di *Physcia tenella* .
Sembra quasi impossibile come questo lichene abbia potuto accrescersi in tal modo sfruttando il sostegno delle tre diramazioni preesistenti del ramoscello usando la stessa strategia di una pianta rampicante. Le numerose cilia poste al termine dei lobi favoriscono l'attaccatura alla corteccia dei rametti e sostengono la massa della colonia in espansione.
Il nucleo lichenico fondante la colonia sta al centro dell'incrocio e lo si può distinguere nella parte più chiara e meno brillante.
La crescita è vigorosa e anche in questo caso l'immagine ci fornisce una visione simil-frattalica dell'intero complesso lichenico.

Foto 24. *Physcia tenella* (Scop.) DC. Particolare di apoteci visti con lo stereomicroscopio. Magn. 25X e zoom digitale.

La foto 24 mostra un'immagine ravvicinata degli apoteci appartenenti al genere Physcia scattata allo stereo-microscopio. Gli apoteci sono di tipo "lecanorino" cioè con bordi di colore identico al tallo (chiaro) e interno scuro diverso dal tallo.
Nel sottofondo si notano i quadretti della carta millimetrata usata per effettuare misure di comparazione con i diametri degli apoteci.
Procedendo oltre nel cammino del sentiero, prima di entrare nel luogo stressogeno della Mofeta, è facile imbattersi in un gran numero di specie licheniche comprese nell'elenco riassuntivo riportato nel Cap. 4. Tra queste scegliamo di illustrarne solo alcune che riteniamo più interessanti, più appariscenti e forse anche più conosciute. Senza dubbio, a tali caratteristiche, corrisponde l'ubiquitario genere di *Xanthoria*. È stata trovata sulle cortecce degli alberi prevalentemente rugose, sui sassi e sulle tegole dei tetti e su vecchi manufatti. È un lichene considerato folioso con pigmentazione rosso-arancio.

La sua presenza maggiore in questa ricerca si colloca lungo gli olmi della strada provinciale SP45 e su pioppi lungo il sentiero che conduce alla Mofeta. È invece del tutto assente nel luogo più vicino alla bocca di emissione dei gas della Mofeta. Di questo genere abbiamo classificato la *Xanthoria calcicola* e la *Xanthoria parietina*.

Xanthoria calcicola

Foto 25. Habitat di *Xanthoria calcicola* Oksner su vecchie tegole a Orciatico. Nov. 2009.

Xanthoria parietina

Foto 26. Habitat di *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. su olmo. Strada Provinciale 45 per Orciatico. Sett. 2010

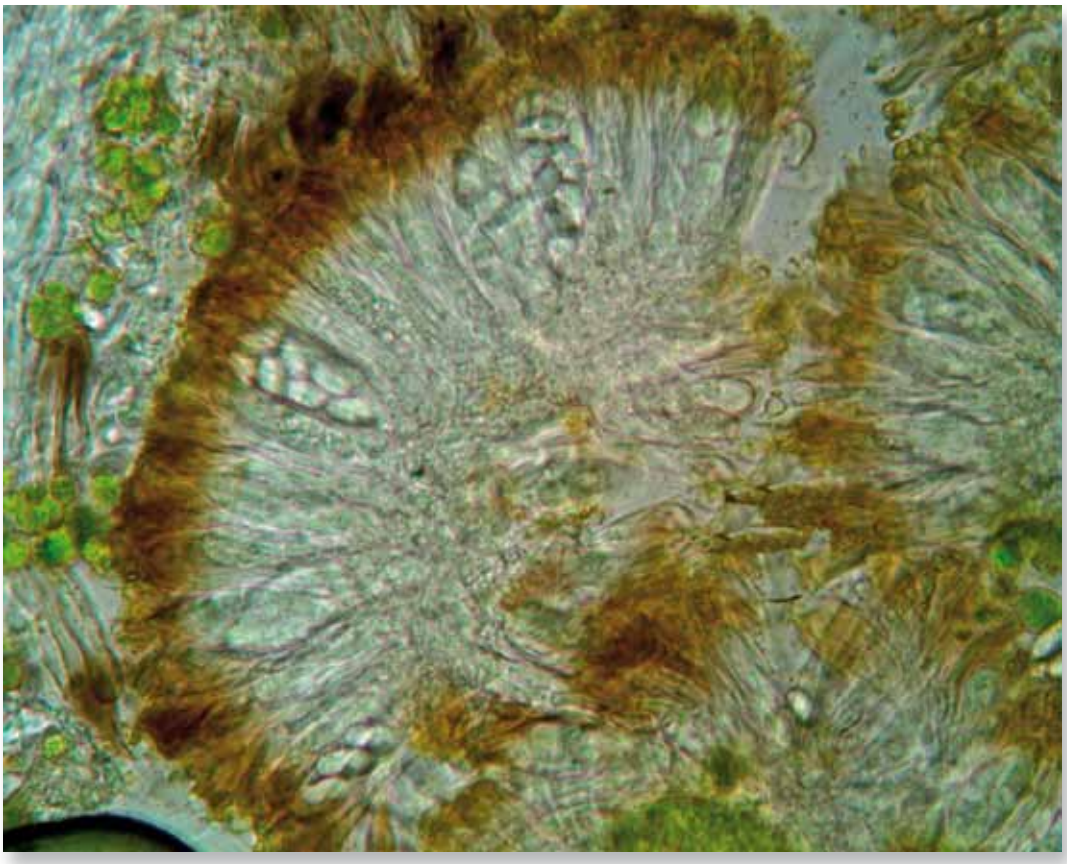
Nelle foto 25 e 26 vengono illustrati gli habitat di questo genere di licheni che assumono un **aspetto folioso** con la tendenza a ricoprire totalmente le superfici su cui sono adesi. La loro crescita vegetativa é abbastanza rapida (2,5-3cm per anno) se si paragona a quella più lenta dei licheni crostosi (0,5-3mm per anno).
I pigmenti giallo arancio rendono questo genere inconfondibile a prima vista anche se ovviamente devono seguire conferme mediante indagine microscopica.
Riteniamo opportuno soffermarci a descrivere le strutture morfologiche di *Xanthoria parietina* (foto 27) grazie al numero elevato degli apoteci e alla loro grandezza, caratteristiche queste che permettono di preparare facilmente ottime sezioni sui vetrini da microscopia.

Foto 27. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. su corteccia di Olmo. Al centro grossi apoteci rotondeggianti (0,5-0,8mm) nel tallo folioso. Zoom digitale. Feb. 2010.

Altrettanto interessante é l'unicità morfologica delle loro spore polardiblastiche che può costituire un buon modello di esercitazione per chi affronta questi argomenti (rare volte si trovano immagini di queste spore ben descritte). Per evidenziarle sono necessari alcuni passaggi al microscopio ottico (M.O.) che mostrano meglio tutte le strutture contenute nell'apotecio indicate di seguito:

Imenio. Porzione fertile del corpo fungino Ascomicete che contiene gli aschi intercalati da ife (elementi primari miceliari) sterili chiamate parafisi.
Ife. Filamenti unicellulari o pluricellulari, che disposti uno accanto all'altro formano il corpo vegetativo (miceliare).
Parafisi. Tipo di ifa sterile che si interpone tra gli elementi fertili dell'imenio.
Asco. Cellula fertile a forma di sacchetto che contiene le spore**.**
Spora. Cellula riproduttiva

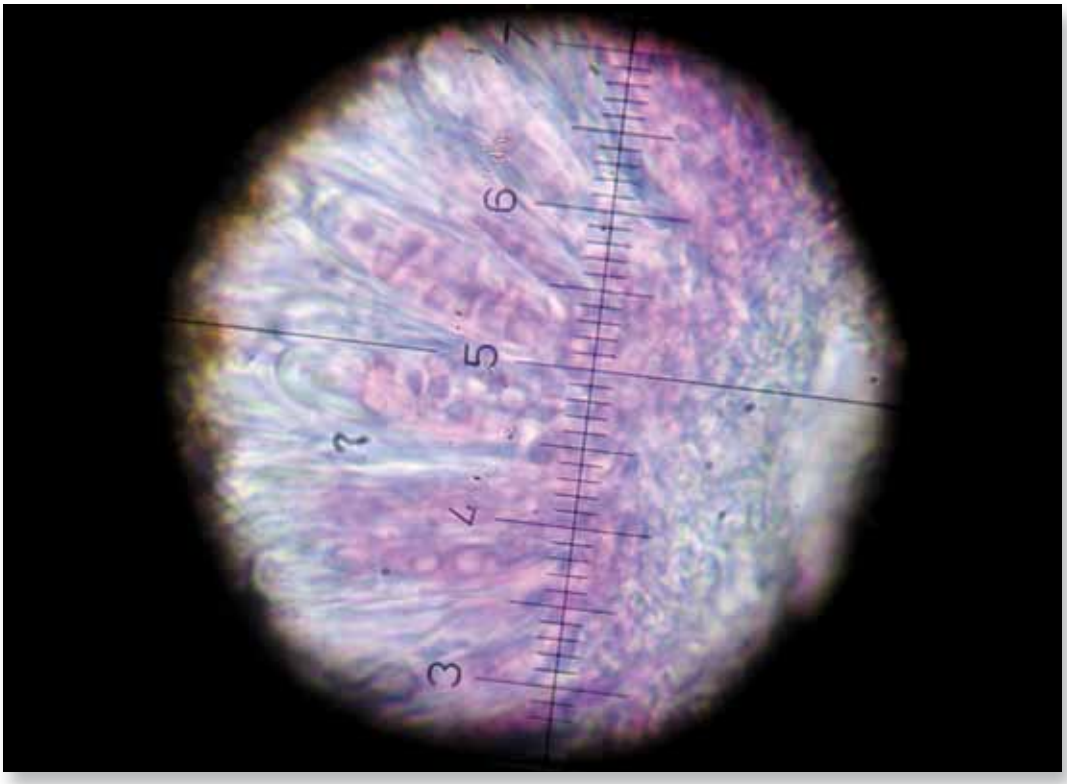
Foto 28. *Xanthoria parietina*. Sezione d'imenio. Nella parte sub-corticale si notano gli aschi contenenti le spore e le ife interposte delle parafisi. In alto a sin. cellule dell'alga verde Trebouxia. M.O. Magn. 400X e zoom digitale. Colorazione di Melzer.



La foto 28 mostra una struttura denominata **imenio** che contiene tutte le componenti del complesso riproduttivo comprese nell'apotecio. Più é grande l'apotecio, più numerosi sono gli imeni in esso contenuti. La parte semicircolare costituisce la porzione **corticale** (*Excipulum ectale*) che avvolge e contiene quella interna **midollare** (*Excipulum midollare*). A ben vedere la corticale è una conformazione e non una membrana di avvolgimento. Infatti le parti terminali delle **parafisi** si addensano a mazzetti fino a formare uno strato semicircolare fortemente pigmentato.

All'interno della medulla si trovano i sacchetti degli aschi con le spore ancora immature e una serie di filamenti allungati (parafisi) che li avvolgono proteggendoli fino al momento della maturazione quando le spore saranno espulse dall'imenio attraverso opercoli formatisi per pressione.
Il percorso della microscopia segue una logica di successione: cioè si passa all'identificazione e illustrazione delle strutture più grosse con il M. stereoscopico a quelle più fini presenti nel complessivo dell'imenio con il M. ottico ad ingrandimenti maggiori.

Foto 29. *Xanthoria parietina*. Particolare degli aschi con spore immature. M.O. Magn. 600x e zoom digitale. Colorazione Floxina.



In foto 29 viene presentato il particolare degli aschi contenenti all'interno le spore immature (normalmente 12). La dimensione media degli aschi, misurata col micrometro, é di **65x35µm**.
L'abbondanza degli aschi dimostra la strategia di diffusione di questo lichene fondata sì sulla proliferazione vegetativa del tallo folioso per la copertura degli spazi, ma anche sulla riproduzione gamica dovuta alla propagazione delle spore fertili. Talvolta le spore escono dall'involucro trascinandosi qualche cellula dell'alga simbionte. In questo modo già permettono, in condizioni ottimali di umidità, di luce e dopo germinazione, la formazione del lichene, perpetuandone la specie.
Quando invece le spore non sono, per così dire, già "simbiontate", trascorrono diversi anni prima di vedere la nascita di un esemplare completo.

Foto 30. *Xanthoria parietina*. Numerose spore polardiblastiche. M.O. Magn.600X e zoom digitale. Colorazione Floxina.

La foto 30 presenta un'eccezionale raccolta di spore di *Xanthoria parietina* dopo "harvesting" (spremitura) di un apotecio in soluzione fisiologica. A seguito di numerose prove effettuate, suggeriamo la spremitura degli apoteci ritenuti più maturi. Sono certamente da scegliere quelli più grandi e maggiormente pigmentati per poi premerli direttamente con il vetrino coprioggetto allontanandone i frustuli residuali come mostrato nella foto 30. La delicatezza da usare in questa operazione é d'obbligo per non alterare la morfologia delle strutture al fine di avere dei buoni reperti da colorare e analizzare. La limpidezza dell'immagine è una condizione essenziale per osservare la forma particolare di queste spore che destano sempre interesse.

Foto 31. *Xanthoria parietina*. Al centro un'eccellente immagine di spora polardiblastica con la tipica forma a clessidra. M.O. con micrometro, Magn. 800X e zoom digitale. Colorazione Floxina.

In foto 31 si mostra un'eccellente immagine di spora polar-diblastica, ottenuta dopo i consueti lavaggi e separazione in soluzione fisiologica. La spora ha una dimensione misurata di **25X10µm** e rappresenta uno degli aspetti più significativi per il riconoscimento di questo genere di lichene.
Si presenta con un ponte citoplasmatico che mette in comunicazione i due poli cellulari facendogli assumere appunto una **forma a clessidra**.
Rimane da aggiungere, per completezza di descrizione, che la sua alga simbionte é la Trebouxia, già illustrata in foto 22.
Esiste anche un riconoscimento preliminare cosiddetto "alla tocca" o "spot-test" che pur non rivestendo una grande valenza per la determinazione tassonomica, tuttavia assume validità di prima identificazione. Tale test consiste nel porre alcune gocce di un reattivo sul lichene per verificare il viraggio del colore sul tallo o sugli apoteci. Nel caso di Xanthoria il reattivo é il KOH e il viraggio passa dal giallo arancio al rosso vinato (foto 32).

Foto 32. *Xanthoria parietina*. Spot-test.Viraggio degli apoteci KOH+ al color rosso vinato.

Il percorso di identificazione tassonomica del lichene *Xanthoria parietina* si può considerare concluso e abbastanza facile da eseguire. Questo iter identificativo è usabile per quasi tutti i licheni e costituisce un buon modello di sperimentazione e di didattica. Ovviamente per situazioni di specie simili o sottospecie si impone una tipizzazione del DNA.

Procedendo nel percorso boschivo, all'inizio del sentiero, a un centinaio di metri dalla Mofeta, trovammo un inatteso lichene a tallo gelatinoso su una roccia calcarea, il Collema nigrescens abbondantemente imbibito d'acqua.
Di questa specie sono state identificate successivamente altre stazioni riconoscibili specialmente in situazioni di elevata umidità.
Al primo impatto si potrebbe confondere con il genere Leptogium appartenente allo stesso ordine delle Peltigerales. Soltanto modeste differenze li fanno distinguere di cui un esempio è l'aspetto più folioso del Leptogium.

Foto 33. *Collema nigrescens* (Huds.) DC. Immagine del lichene nel suo habitat su roccia. Sentiero zona Mofeta 16/01/2010.

Nella foto 33 è rappresentato il lichene *Collema nigrescens* che assume una colorazione nerastra e diventa flaccido e gelatinoso dopo abbondanti piogge. La sua disposizione di crescita tende a seguire le modulazioni della roccia, in questo caso appoggiata sul terreno. Un'ulteriore sorpresa fu l'incontro successivo di una colonia lichenica a forma di un'isola rigonfiata collematosa come appare in foto 34. Queste differenze morfologiche ci fecero pensare ad una possibile sottospecie o al limite a un **soggetto diverso**. Una rarità che andava oltre la sorpresa.
C'e' voluto il dubbio di uno di noi e la determinazione di volerlo identificare tassonomicamente in *Collema fasciculare* (L.) Weber ex F. H. Wigg.

Foto 34. *Collema fasciculare* (L.) Weber ex F. H. Wigg. Rara immagine del lichene conformato ad isola nel suo habitat su roccia. Sentiero alternativo a quello che conduce alla zona della Mofeta. 16/01/2010.

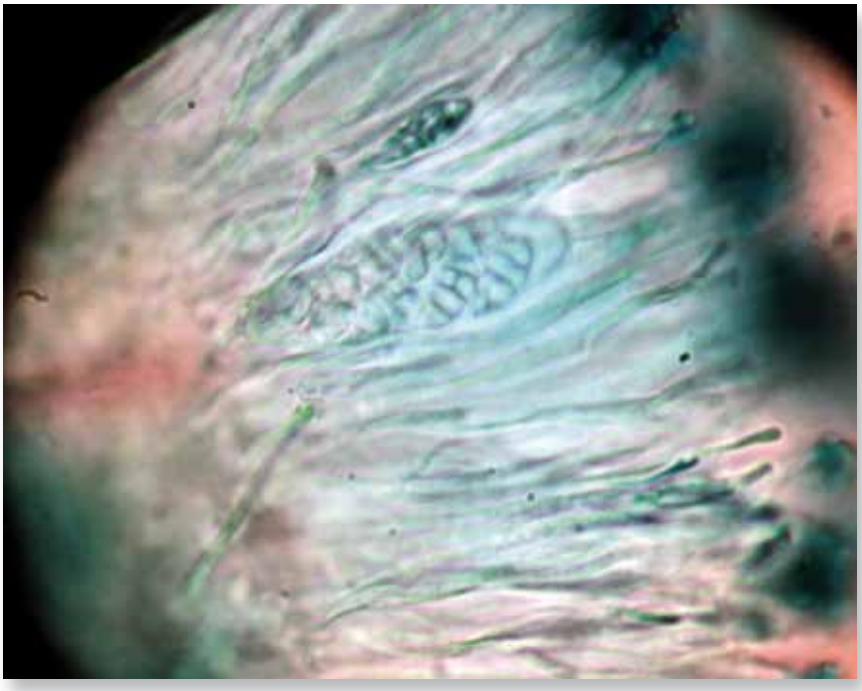
La foto 34 mostra una struttura rugosa e turgidamente compatta, isolata dal contesto vegetativo e adesa ad una roccia calcarea del terreno. La colorazione tra il verde oliva e il marrone scuro con punte di nerastro mostra una specifica bellezza cromatica. Numerosi apoteci appaiono di diverse dimensioni in funzione di una strategia di spazio e di un differente grado di maturazione. Sono visibili, nei contorni marginali degli apoteci, gli isidi e, ai margini bassi della colonia lichenica, modeste parti verdi di muschio. L'incertezza tassonomica dovuta alla non ancora nostra "totale" o, per meglio dire, imperfetta conoscenza del mondo dei licheni, ci costringe ad asserire per onestà d'informazione scientifica che il lichene in foto 34 rimase per diversi mesi in fase di studio prima di una sua classificazione certa.

Le chiavi di lettura ci orientarono verso il genere Peltigerales e la famiglia Collematacee che comprende ovviamente i licheni "gelatinosi". I successivi passi e le verifiche attraverso immagini reperite in letteratura ci hanno indotto a confermare che si tratta proprio di *Collema fasciculare* (L.) Weber ex F. H. Wigg. Non osammo fare alcun minimo prelievo per non disturbare il microambiente di questo lichene, data la sua rarità.

Si è preferito perciò procedere ad una successiva analisi microscopica studiando il *Collema nigrescens* (quello illustrato in foto 32) allo scopo di verificarne le strutture più fini. La preparazione del campione

da esaminare richiede esperienza di laboratorio e pazienza, perché spesso i reperti non sono generosi nel fornire tutto ciò che serve alla loro identificazione. Ci siamo accorti che qualche volta i testi, specialmente quelli di colorazione forniscono diverse ricette ed è per questo che abbiamo seguito soltanto quello di Nimis che tratta delle chiavi analitiche per la determinazione dei licheni. In alcuni altri casi ci é parso conveniente fidarci della nostra capacità di interpretazione sia delle concentrazioni sia delle caratteristiche dei coloranti spesso da noi testati senza la pretesa di proporli come metodi ufficiali, ma con lo scopo di rendere meglio visibili le strutture più fini.

Foto 35. *Collema nigrescens*. Immagine di un asco contenete spore muricate. M.O. Magn. 600X e zoom digitale. Colorazione doppia di Floxina e Blu Cresile. 08/03/2010.



La foto 35 mostra un asco in fase avanzata di maturazione. Infatti si osservano spore muricate con setti ben definiti e altre, non ancora completamente formate, poste verso il peduncolo dell'attaccatura alla porzione medullare. Sono ben visibili i filamenti allungati delle parafisi che terminano con un modesto ingrossamento finale del tipo "bacchetta di tamburo". L'addensamento degli strati di parafisi nella parte della corticale consente il trattenimento del colorante Blu Cresile. La colorazione rosata con Floxina permette di apprezzare meglio i contorni delle strutture che sono esaltate dal blu (motivo per cui abbiamo usato la doppia colorazione). Uno studio particolare merita il simbionte cianobatterio (o alga azzurra) Nostoc, di seguito rappresentato da una spettacolare immagine ottenuta con una colorazione al Blu Cotone (fig. 36). Non sempre il Nostoc è unico simbionte presente nelle ife fungine. Talvolta in alcune Peltigerae condivide questa funzione con alghe coccoidi come la Trebouxia.

Foto 36. *Collema nigrescens*. Immagine del simbionte Nostoc a forma di catenella, tipica di questa specie. Sono visibili filamenti di ife parzialmente ialine. M.O. Magn. 600X e zoom digitale. Colorazione Blu Cotone. 18/01/2010.

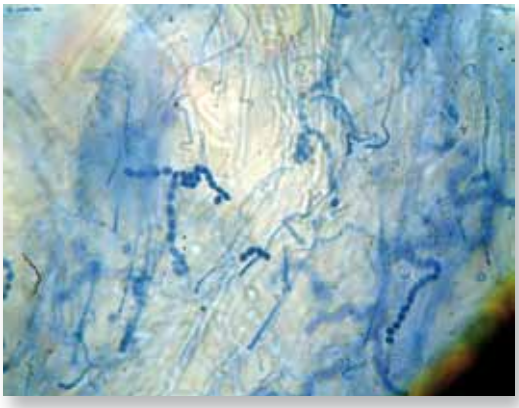


Foto 37. *Collema nigrescens*. Spora muriforme ottenuta dopo spremitura, lavaggio e separazione con soluzione fisiologica. M.O. Magn.600X e zoom digitale. Colorazione di Blu Cotone.

In foto 36 si ha una visione chiara della composizione di uno strato della parte gonidiale (sottocorticale) del lichene *Collema nigrescens* il cui fotobionte, come già detto, é un cianobatterio specializzato nella **fissazione diretta dell'azoto atmosferico**. Le catenelle allungate e talvolta attorcigliate di Nostoc, mostrano le **cellule coccoidi** che si associano allineate e ben distinguibili dalle ife filamentose ialine (trasparenti) che le intrappolano. Tutto sommato la definizione per ife e alga, attribuibile a A. Bartoli di "prigione e prigioniero" è altrettanto valida e più concreta di quella di "associazione cooperativistica" spesso usata da altri autori.

L'intreccio o distribuzione dell'alga nelle ife avviene nella parte subcorticale e midollare sia in maniera omogenea sia stratificata.

Per completare la descrizione di questo lichene riteniamo opportuno mostrare la foto di una sua spora muricata o muriforme fotografata isolata in posizione trasversale.

La foto 37 mostra un bell'esempio di spora muricata (ornata o a mattoni) a vista tetrasettata tipica del lichene *Collema nigrescens* sopra descritto. I setti di separazione presentano un'ornatura che appare come una cornicetta delle cellule comprese nei setti come dei mattoncini in un muro.

Procedendo nelle ricognizioni, prima di arrivare al "core" della questione, cioè il luogo stressogeno della Mofeta, ci siamo imbattuti in una ventina di altre specie che desideriamo esporre nei limiti dello spazio e della convenienza didattico-divulgativa al fine di produrre una lettura sufficientemente valida di un territorio boschivo. Per alcuni di questi licheni verranno mostrate immagini complessive, mentre per altri un modello parziale oppure completo di determinazione tassonomica.

La Graphis scripta, il lichene dei geroglifici

All'inizio sembra d'incontrare una corteccia piena di punteggiatura poi, osservando con una lente, appaiono delle scritte simili a geroglifici. Ecco dunque apparire il lichene Graphis.

Foto 38. *Graphis scripta.* Colonie crostose in differente fase di crescita su corteccia liscia di *Fraxinus ornus*, alcune non ancora ben identificabili.

Foto 39. *Graphis scripta*. Si identifica la tipica "scrittura a geroglifici" delle lirelle. Foto macro realizzata in loco. Magn. Circa 10X e zoom digitale.

Nel genere Graphis sono state inserite e classificate una quindicina di specie europee, confondibili e probabilmente uniformabili con alcune di Opegrapha, un genere che ne comprende circa trecento.
È quindi difficile poter identificare sul posto a quale dei due generi appartenga un lichene con tali caratteristiche. Anche se si possiede una lente contafili o una digitale macro, si rende tuttavia necessario asportarne un modesto quantitativo da poter analizzare successivamente in laboratorio con la solita metodologia.
I prelievi di piccoli quantitativi o di esemplari sono autorizzati solo per motivi di ricerca agli studiosi che ne facciano richiesta e che appartengano ad organizzazioni micologiche riconosciute dalle Province di appartenenza, validate dalla Regione Toscana o dal parco di MSRM per il territorio di competenza come nel nostro specifico caso che le abbiamo tutte.

Il ritrovamento di queste colonie anche su fusti di alberi molto giovani a corteccia liscia, fa presupporre che già siano stati presenti al momento dell'iniziale crescita della pianticella. Oseremmo ipotizzare che le ife e le spore siano già adese sui semi della pianta al momento della loro germinazione e crescita iniziale, quasi come se preesistesse una micelizzazione della corteccia a similitudine di quanto avviene nelle radici di molti alberi. Questa é più di un'ipotesi se si considera che praticamente i miceli formano una rete che si estende in quasi tutto il terreno dove crescono le piante e che le spore fungine vengono lanciate fuori dagli apoteci a "contaminare" il terreno circostante oltre che essere distribuite anemofilamente.
La conservazione della specie é garantita dalla strategia quantitativa di diffusione delle spore.

Foto 40. *Graphis scripta*. Lirelle al M.steroscopico. Magn. 25X e zoom digitale.

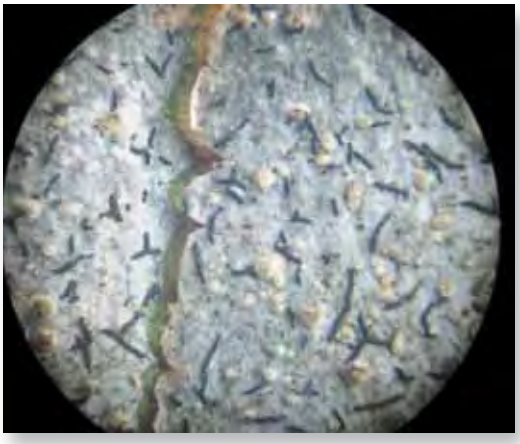
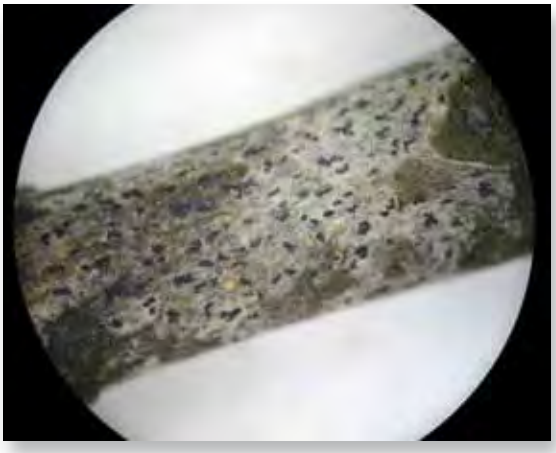


Foto 41. *Opegrapha sp.* M.steroscopico. Magn. 25X.



Nelle foto 39 e 40 sono ben descritte le **lirelle** ovvero apoteci allungati con margine intero a forma diseguale, come se il lichene volesse rappresentare una scrittura geroglifica, tanto da indurre i lichenologi inglesi a soprannominarlo "**Hieroglyphics Lichen**". La caratteristica di questo lichene è quella di accrescersi in strato sottile sempre su cortecce lisce (carpino, orniello, fico, alloro). Una nota curiosa della foto 40 è la presenza di un'alga verde nella crepatura della corteccia che niente ha da spartire con il complesso del lichene e che si è accresciuta nell'anfratto attraverso il percolamento di acqua piovana costituendo una tutto casuale "contaminazione". Ogni spazio é utilizzato ed e' vitale per le biodiversità, anche nei microambienti!
A titolo di confronto riteniamo utile fornire alcune immagini del genere affine Opegrapha come esempio della difficoltà di classificazione quando non si disponga di strumenti adatti per la tipizzazione del DNA e di un laboratorio di citogenetica. Le immagini proposte di seguito hanno però il pregio di mostrare il fotosimbionte che é identico per entrambi i generi trattandosi di Trentepholia (foto 42).

La foto 41 presenta una difficile situazione tassonomica che é in fase di studio. Al momento abbiamo l'impressione che potrebbe trattarsi di *Opegrapha varia*, anche se è necessario approfondire

Foto 42. *Opegrapha sp.* Fotobionte (ficobionte) alga Trentepohlia. M.O. Magn. 600X. La foto 42 mostra l'alga Trentepholia ripiegata la cui lunghezza in distensione è mediamente di circa **100 µm.**

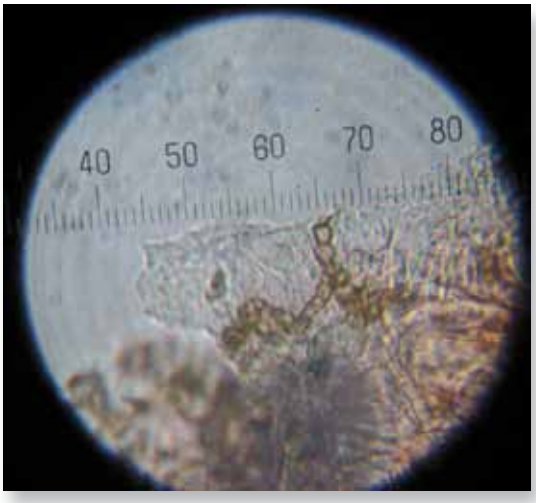


Foto 42 bis. Altra immagine al M.O. dell'alga Trentepholia dove si evidenzia la caratteristica colorazione giallo-arancio e l'aspetto a catenella ripiegata. L'alga é stata separata in soluzione fisiologica dal lichene *Graphis scripta*. Magn.400X e zoom digitale.

Un po' di colore dei licheni sulle pietre

Foto 43. *Lecanora atra, Caloplaca aurantia* e *Verrucaria maura* in competizione su una roccia calcarea.

La foto 43 ci permette di apprezzare i bei colori che hanno assunto queste tre colonie di licheni crostosi quando si accrescono su sassi posizionati sul terreno da almeno una cinquantina d'anni. Lecanora si presenta biancastra con apoteci scuri, Caloplaca ha un colore vivace giallo-arancio.
Sotto di loro, semicoperti ne appaiono altri, più chiari, vecchi e in condizione di esaurimento. Altri puntinati sono in fase di esistenza come apoteci apparentemente senza tallo. Infine appaiono, in basso a dx, un paio di macchie nerastre (carbonacee) di Verrucaria. I licheni crostosi possono narrare senz'altro la storia di almeno un secolo del luogo in cui si sono accresciuti. Quindi il miniambiente in cui si trovano, oltre ad essere rimasto indisturbato per moltissimi anni, presenta caratteristiche ottimali di crescita sino ad oggi rimaste favorevoli. La speranza è che nessuno smuova la pietra o la utilizzi per altri scopi. Vedremo tra qualche anno se sarà così. Una di tali colonie, quella della Verrucaria *maura*, è stata analizzata secondo il solito modello. Di seguito riportiamo le immagini utilizzando una roccia silicea dove il lichene era maggiormente espanso.

Verrucaria maura

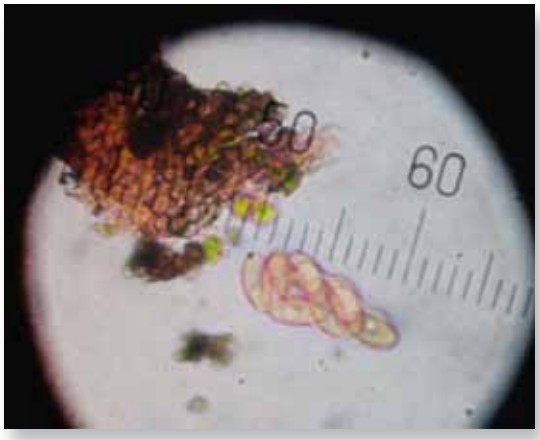
Foto 44. *Verrucaria maura* Whalemb. Colonia ben sviluppata di color nerastro (carbonaceo). Roccia in zona prossima al sentiero della Mofeta. Gen 2010.

La colonia lichenica descritta in foto 44 ben si prestava a ulteriori indagini vista la sua ricchezza di apoteci, la maturità complessiva e l'estensione le cui dimensioni erano di circa 10X8cm nella parte centrale, con la presenza di piccole isole d'accrescimento laterali. Ciò può voler significare che l'età di sviluppo è di circa 20-25 anni.

Foto 45. *Verrucaria maura* Whalemb. Particolare di apoteci a forma di verruca. M.stereoscopico e zoom digitale circa 25X.

Foto 46. *Verrucaria maura* Whalemb. Imenio con aschi e spore. Assenza di parafisi. M.O. Magn.600X e zoom digitale. Colorazione Floxina.

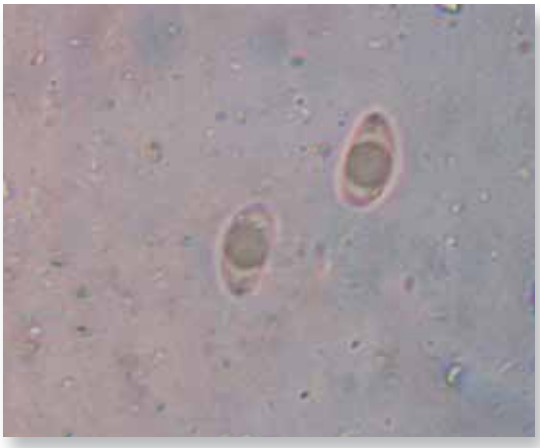
Foto 47. *Verrucaria maura* Whalemb. Spettacolare immagine di un asco intero, maturo contenente otto spore in cui si intravedono le guttule. Si apprezzano alcune cellule di alga verde. M.O.Magn.600X. Col. Floxina.



In foto 45 sono apprezzabili le verruche di questo lichene crostoso che potrebbe essere scambiato per una piccola macchia di catrame se non fosse situato sulle rocce dei boschi o in pianura, ma sviluppato vicino al mare. Le due foto successive 46 e 47 mostrano le strutture più fini a cui si è arrivati dopo numerosi tentativi di spremitura e separazione in soluzione fisiologica.

Con un'attenta osservazione si possono già notare le spore oblunghe che contengono una o più guttule chiare all'interno delle cellule sporali. La misura di un asco è mediamente di circa **40x20µm,** quella della spora di circa **6x4µm.** Le cellule algali in questo caso sono di tipo clorococcoide e hanno un diametro di circa **3.5µm.**

Foto 48. *Verrucaria maura* Whalemb. Due spore lisce oblunghe con grossa guttula centrale e nucleo polare. M.O. Magn.600X e zoom digitale. Col. Floxina.

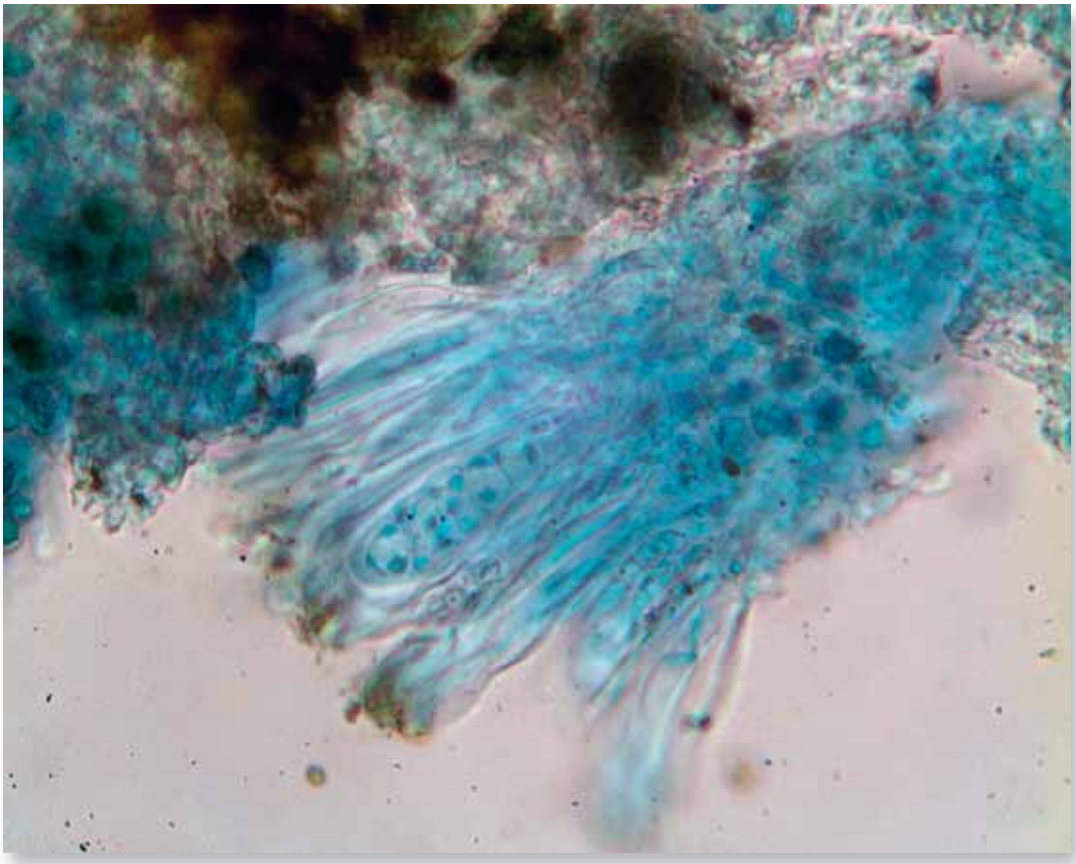


La "guttula" (foto 48), termine latino diminuitivo di "gutta", significa gocciolina. Si trova in alcuni tipi di spore fungine ed é costituita da una componente oleosa necessaria a proteggere la cellula contenuta in caso di condizioni climatiche sfavorevoli.

Caloplaca aurantia

Foto 49. *Caloplaca aurantia* (Pers.) Steiner. Evidenti apoteci maturi. Ago. 2009.

Foto 50. *Caloplaca aurantia* (Pers.) Steiner. Porzione d'imenio con asco maturo contenente spore polardiblastiche. Mgn. 600X e zoom digitale. Col. Blu di Cresile.



Nelle foto 49 e 50 vengono rappresentate immagini del lichene crostoso Caloplaca ed i particolari dell'apotecio dove ben si distingue un asco maturo con all'interno spore polardiblastiche, simili (romboidali invece che ellittiche) a quelle del genere Xanthoria, il tutto contornato da parafisi sulla cui parte terminale sono addensati granuli pigmentati. Questa specie é molto comune sopra le rocce dell'Alta Valdera ed è perciò ragionevole considerarlo un lichene crostoso ubiquitario. Lo abbiamo addirittura trovato persino sul contorno della fontana di travertino nel paese di Orciatico, ma non così ampiamente cresciuto e bello da vedersi come quello sopra mostrato.

Ritrovamenti speciali

Uno spettacolo inatteso che ha suscitato in noi meraviglia é stata la presenza di una colonizzazione di *Fulgensia fulgens* sulla cima del colle al vecchio rudere del Molino Fonterossa di Orciatico. Lì, nascoste su rocce un po' decentrate rispetto al rudere, crescono da secoli colonie di specie crostose dal colore giallo chiaro.
Tale ritrovamento merita una segnalazione per un'eventuale zona protetta (foto 51).

Foto 51. Coordinate di *Fulgensia fulgens* al vecchio Molino. Gen. 2010.

Fulgensia fulgens

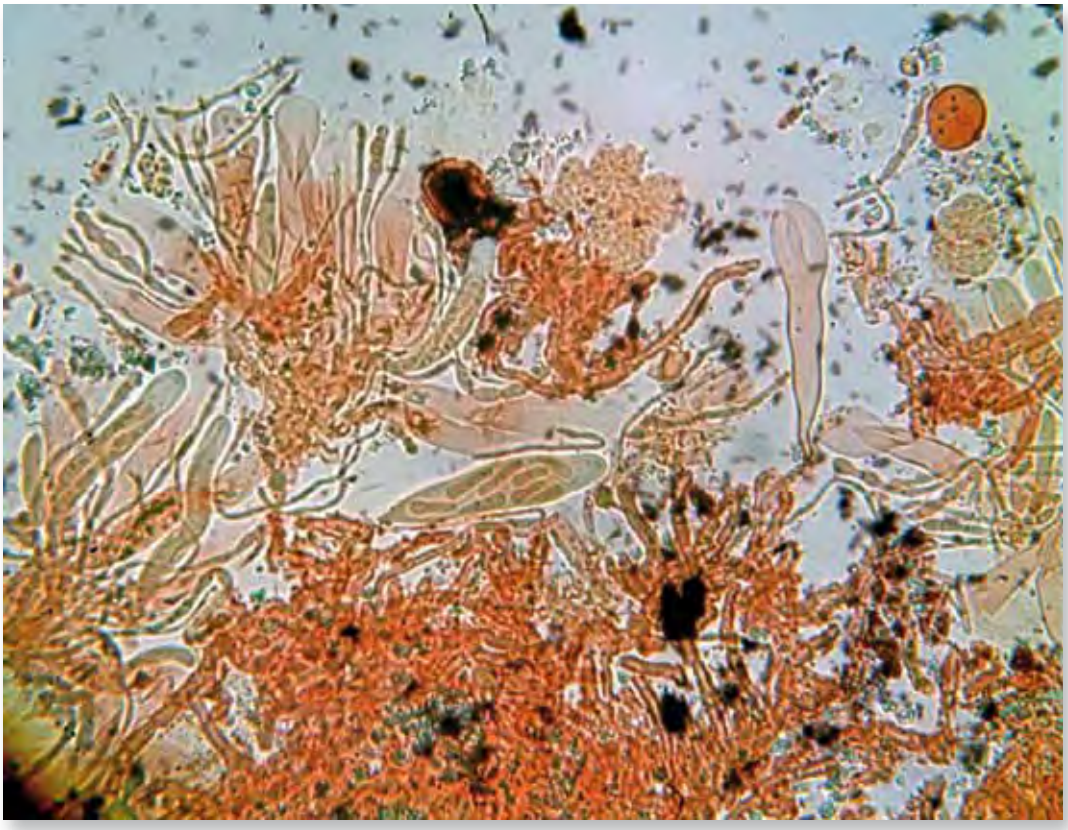
Foto 52. *Fulgensia fulgens* (SW.) Elenk. Zona vecchio Molino Fonterossa. Gen.2010.

In Foto 52 viene mostrato il ritrovamento di colonie di *Fulgensia fulgens*, adese su roccia, in eccellente condizione di crescita e maturazione. Sono ben evidenti gli apoteci di color terra di Siena distribuiti prevalentemente vicino alla parte semicircolare di accrescimento. In questo caso il lichene descritto appare dominante rispetto ad altri che condividono questi spazi e che appaiono in fase di invecchiamento ad esaurimento crescita. Lateralmente, negli anfratti della roccia, si nota una porzione di muschio ben inserito ed utile alla conservazione dell'umidità che permette a questo microambiente di svilupparsi e mantenere le condizioni ottimali.

Foto 53. *Fulgensia fulgens* (SW.) Elkin. Particolare di apoteci maturi. Gen.2010

Nella foto 53 sono ben evidenziati gli apoteci rosso-marrone distribuiti proprio in corrispondenza del bordo semicurvo del tallo in accrescimento. Questo aspetto pensiamo faccia parte di una strategia di mantenimento della specie. Procedendo con la microscopia di questo lichene sono apparse per la prima volta da noi descritte le immagini delle sue strutture più fini.

Foto 54. *Fulgensia fulgens* (SW.) Elkin. Al centro, asco maturo con otto spore. A Dx. aschi vuoti. A Sin. aschi immaturi,parafisi e ife. In alto a Dx, una cellula algale. Magn.400X e zoom digitale. Col. Rosso Congo.



La foto 54 presenta il complessivo delle strutture contenute nell'apotecio. Se si osservano attentamente le spore mature si intravede la loro forma a clava.

L'altro lichene di cui andiamo a descrivere le caratteristiche è il *Rhizocarpon geographicum* ritrovato a una trentina di metri da Fulgensia. In entrambi i casi si tratta di licheni crostosi che normalmente crescono in altitudini intorno ai 500m. Qui siamo ad una quota inferiore (circa 390m) ma le condizioni ambientali sono ovviamente ideali per il loro sviluppo. Esiste infatti una parte limitrofa boschiva (pini e lecci) posizionata verso Nord che garantisce umidità e una zona rocciosa con bassi arbusti verso Ovest illuminata sufficientemente.

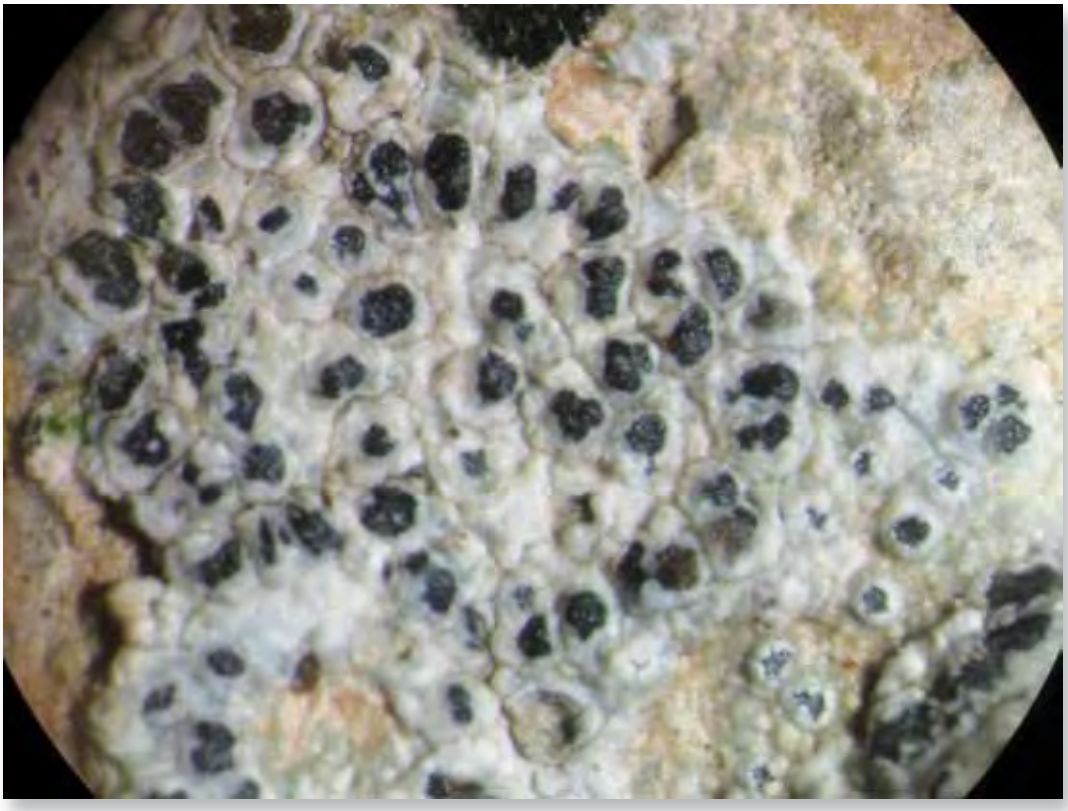
Rhizocarpon geographicum

Foto 55. *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC. su roccia. Zona Mulino Fonterossa. Porzioni di colonia color giallo oro con apoteci neri. Luglio 2009.

In foto 55 viene proposto l'unico esempio di *Rhizocarpon geographicum* trovato durante le ricerche. E' così chiamato perché appare costituito da tante porzioni congiunte seppur delimitate ciascuna da un "confine" netto (ipotallo nero) come se formassero, appunto, una carta geografica. Questa specie viene utilizzata in lichenometria per stabilire l'approssimativa data di deposizione sulla roccia al fine di una valutazione del "**Global warming**". Infatti poiché la datazione col ^{14}C non risulta attendibile al di sotto dei 500 anni, si tende ad usare la misura di accrescimento della colonia (0,5mm yr^{-1}) come migliore indice. Nel nostro caso la colonia più ampia di circa 12cm si proponeva da almeno 240 anni d'anni su quella stessa roccia silicea.

Rhizocarpon umbilicatum

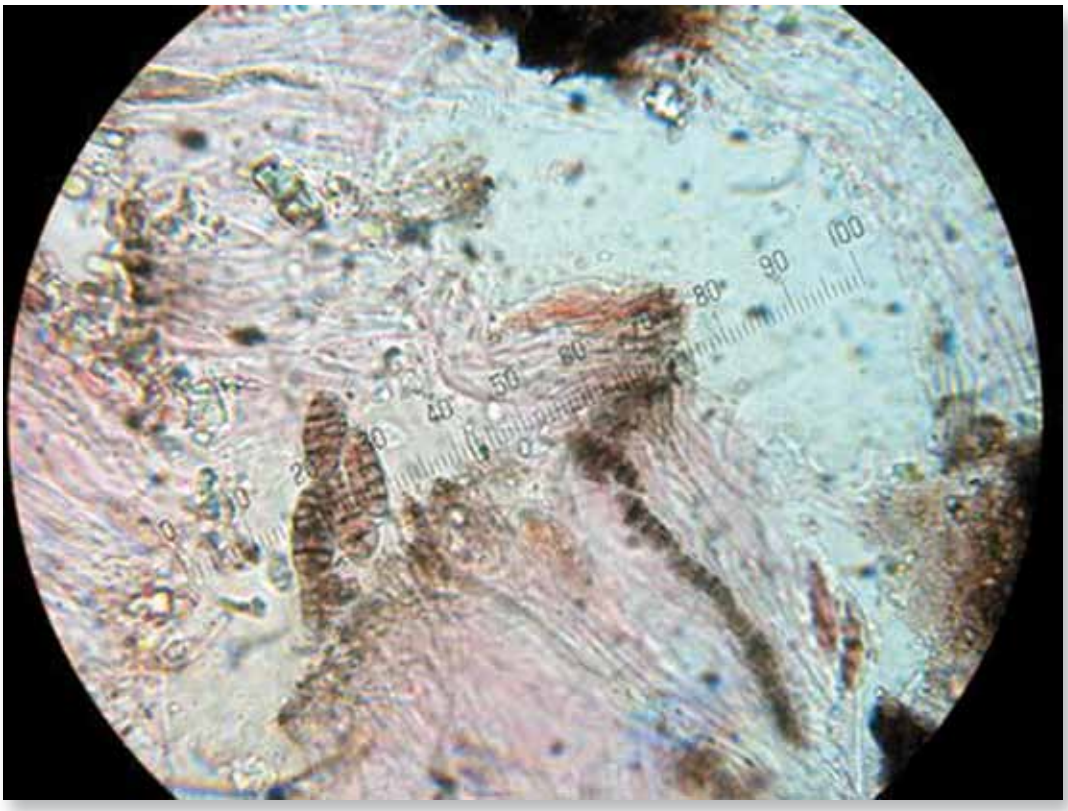
Foto 56. *Rhizocarpon umbilicatum* su roccia siliceo-calcarea, piccolo prelievo. M.stereoscopico. Magn. 25X e Zoom digitale. Luglio 2008.



Nella foto 56 é illustrata l'immagine del lichene crostoso su rocce calcareo-silicee ritrovato in prossimità dell'ingresso del sentiero che porta alla Mofeta e in zona Mulino Fonterossa. Fu effettuato un piccolo prelievo roccioso per consentire successivi studi in laboratorio. L'immagine mostra il tallo crostoso biancastro e gli apoteci di tipo lecanorio con la parte incavata nerastra (a forma di cratere). Il tallo sembra quasi marmorizzato e la strategia di propagazione gamica di questa specie sembra basarsi sul forte contrasto (b.n.) utile all'assorbimento diretto del calore (corpo nero) da parte dell'apotecio che favorirebbe la sua apertura e fuoriuscita delle spore (visibile svuotato al centro in basso immagine di foto 56).

La successiva indagine di microscopia ha rivelato una struttura di unica bellezza che ha giustificato il prelievo del pezzetto di roccia.

Foto 57. *Rhizocarpon umbilicatum* (L.) DC. Porzione corticale e subcorticale di imenio. Visibili spore muricate allineate dentro un asco. Altre spore fuori dalla corticale. Colorazione Floxina. Magn.600X e zoom digitale.



In foto 57 ritroviamo le spore muricate multi settate (4-5) ben visibili dentro e fuori l'imenio. L'asco maturo, molto allungato ha una dimensione di circa **175x25µm.** mentre quella media di una spora é di **30x12µm**. Le sottili parafisi proteggono e avvolgono l'asco con qualche dozzina di micron in più di lunghezza. Nella corona circolare alto a Dx. e nell'agglomerato alto laterale a Sin. sono osservabili le ife fungine provenienti dallo sfaldamento dell'imenio provocato dalla spremitura dell'apotecio sul vetrino. L'alga simbionte del Rhizocarpon appartiene al genere Coccaceae (Chlorophyta) non visibile nella foto.

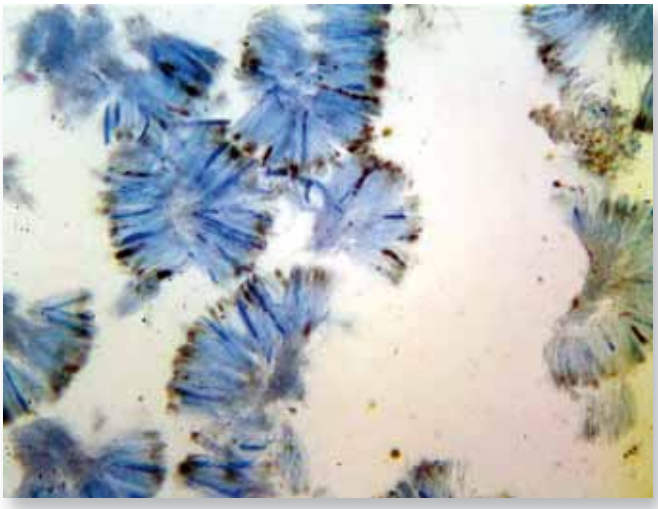
Squamarina cartilaginea

Foto 58. Particolare di *Squamarina cartilaginea* (With.) P.James in habitat. Mofeta e Fonterossa. Giu. 2008 e Dic. 2010.

Quello della Squamarina é un ritrovamento "eccellente", nel senso che l'abbiamo trovata soltanto in un paio di postazioni (sentiero alternativo alla Mofeta e Mulino Fonterossa). Il suo habitat naturale é su roccia, spesso convive insieme ai muschi che ne confondono o coprono la sagoma. Nel caso della zona di Fonterossa é risultata ben evidente su rocce di diaspro, isolata in colonie mature o insieme ad altri licheni crostosi peraltro ben separata. Il tallo, in condizioni di umidità é di color verdasto (foto 58), mentre in aridità é grigiastro tendente al bruno. Le squamule presentano una leggera pruina specialmente ai bordi arrotondati dei lobi delle foglioline del tallo e tendono ad assumere una crescita oltre che orizzontale anche verticale in sovrapposizione. Da notare la delicata colorazione rosa degli apoteci maturi.

In tutti questi anni di ricerca ci eravamo imbattuti con Squamarina una sola volta in un'unica postazione sulle Colline Livornesi nel 1998 in occasione di una mappatura di una zona da noi ritenuta residuo archeologico vegetale (almeno per quel che riguardava i licheni).

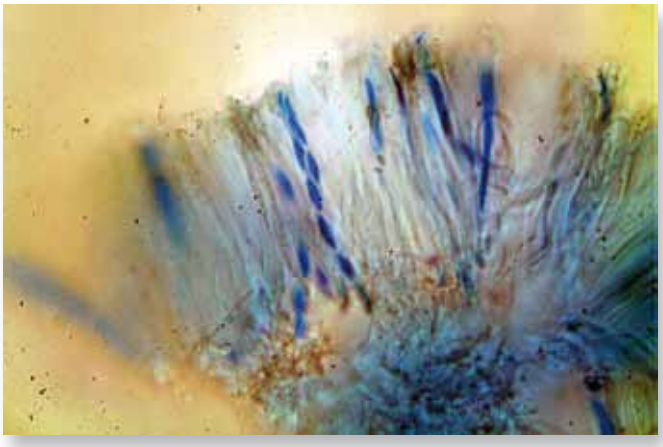
Foto 59. *Squamarina cartilaginea*. Complessivo di imeni. M.O. Magn.200X e zoom digitale. Col. Blu cresile.



La rarità di questo lichene é pari alla sua bellezza dovuta ai grossi apoteci di color rosato, contenitori di innumerevoli imeni (o imenofori) che, come già accennato, costituiscono la parte fertile del complesso.
Sorprese ancor maggiori si sono avute dopo colorazione con Blu cresile.
Infatti, in foto 59 sono visibili imeni integri, provenienti da un singolo apotecio, con tutto lo splendore dei loro componenti:

- la cortex a forma di ventaglio dalla colorazione marrone a granuli dovuta alla parte terminale delle parafisi;
- gli aschi con le spore in blu e le parafisi ialine;
- l'excipulum midollare alla base.

Foto 60. *Squamarina cartilaginea*. Particolare di porzione d'imenio con aschi e spore oblunghe allineate. M.O. Magn.600X e zoom digitale. Col. Blu cresile.



Nella foto 60 si può apprezzare la struttura della parte fertile del lichene e la bellezza della colorazione. Le spore mature affusolate, ben allineate, sono in posizione di "pronti" per uscire dall'asco e diffondersi nello spazio circostante appena le condizioni di apertura dell'apotecio lo permetteranno (normalmente in situazione di secchezza estiva con temperature elevate).

Inatteso incontro

Si sa che quando si va nei boschi per studio si possono fare inattesi incontri. Infatti, se siamo in periodo di caccia, qualche cacciatore lo si può incontrare per cui é meglio conoscere il calendario venatorio, ma quando siamo in chiusura di essa, gli animali si muovono con minor circospezione. Emozionante e raro, se non unico è stato il momento quando uno di noi (P.P.) si è imbattuto in una coppia di *Vipera aspis* in effusioni amorose. Nel settembre del 2008, durante una prospezione solitaria, é avvenuto "l'incontro". L'esperienza e la prudenza hanno consentito di ottenere immagini eccezionali di cui una (foto 59) viene mostrata di seguito e un'altra nel Capitolo 11.

Foto 61. Una coppia di *Vipera aspis* in atteggiamento amoroso. Sentiero a 100m post bivio Mofeta. 25/09/2008.

La foto 61 ci fa capire come anche gli animali abbiano una sfera sentimentale e sessuale a noi il più delle volte sconosciuta. Dopo il corteggiamento abbastanza lungo é avvenuto l'accoppiamento e dispiace che uno spazio limitato non permetta di inserire altre foto.
"*È stato importante, per non disturbarle e farle rimanere tranquille, muoversi lentamente dopo un periodo di stop iniziale e incantarle con un fischio modulato e continuo, anche se sentono solo le sue vibrazioni* (P.P.)". Molto lentamente sono poi ritornate nel folto del bosco quasi salutando. La bellezza di questi due esemplari parla da sola se si osserva la foto. Come per altri aspetti già descritti é augurabile che nessuno le disturbi, seppur suggerendo grande prudenza quando le si incontrano.

Fasi dell'amplesso amoroso tra coppia di *Vipera aspis* (L.).

Capitolo 9

Alcune cladonie interessanti

Le cladonie rappresentano uno dei generi di licheni più diffusi nel suolo della Valdera. Sono licheni dalle forme più varie sempre interessanti dal punto di vista di studio e di foto naturalistiche.

Foto 62. *Cladonia furcata* (Huds.) Schrad. Praticello fronte boscaglia. Luglio 2008.

La riattivazione della componente algale conferisce nuova vita alla colonia lichenica.

Foto 63. *Cladonia furcata* e *Cladonia convoluta* dopo una pioggia intensa. Ott. 2009.

Le foto 62 e 63 rappresentano l'habitat di due delle più comuni Cladonie che si trovano sui praticelli e nelle radure dei boschi della Valdera. Le loro forme, cespugliosa e ramificata con divaricazioni terminali (a forca) nel primo caso, a foglioline nel secondo, le nascondono tra le altre erbe e rametti quando la situazione ambientale è di secchezza. Appena l'umidità del'ambiente aumenta , o in caso di pioggia, immediatamente l'alga si attiva e il cespuglietto si colora in verde. È possibile notare, in foto 62, alcuni apoteci rossastri che svettano in un rametto del tallo protesi verso l'alto. La determinazione con la microscopia avviene più facilmente su reperti in stato di secchezza allorché apoteci e spore sono più facilmente separabili dal tallo oltrechè presentano nella stagione estiva un maggior grado di maturazione che non in quella invernale.

Foto 64. *Cladonia furcata*. Particolare di apoteci. Magn. circa 20X da zoom digitale.

In foto 64 si apprezzano apoteci di una colonia raccolta in eccellente stato di crescita. La biforcazione si ripete in maniera dicotomica simil-frattalica fino al "frutto" terminale. Il rametto del tallo presenta cavità tipiche di queste specie che talvolta ospitano acari o altri piccoli insetti.
Due cladonie molto comuni che abbiamo ritrovato inserite nello stesso habitat della precedente sono:
- la *Cladonia convoluta* (Lam.) Cout. (foto 65) e la *Cladonia foliacea* (Huds.) Willd. che differiscono tra loro soltanto per la diversa colorazione delle fibrille marginali delle foglioline del tallo (fibrille bianche per la convoluta, nere per la foliacea) tali differenze sono facilmente verificabili con una lente tipo contafili sul campo, o con lo stereoscopio in laboratorio.
Per motivi di spazio proponiamo solo un'interessante sequenza delle strutture fertili della *Cladonia furcata*, ridotte come dimensione in foto 65 e 66, segnalando le spore come rarità di refertazione.

Foto 65. *Cladonia furcata*. Imeni.

Foto 66. *Cladonia furcata*. Aschi e spore.

Nella foto 66 , ottenuta con la colorazione del Blu cotone si ha un'eccellente quanto rara descrizione di aschi, parafisi e spore delicatamente separati da agglomerati di imeni d'apotecio (foto 65) mediante spremiture e passaggi in soluzione fisiologica. L'altra cladonia, la "convoluta" viene riportata di seguito in foto 67.

Foto.67. *Cladonia convoluta* (Lam.) Cout. nel suo habitat naturale. Apr.2009.

Foto. 68. *Cladonia convoluta*. Particolare delle fibrille bianche. Magn. Circa 20X da zoom digitale.

Come già accennato precedentemente questa cladonia presenta fibrille bianche (foto 68) che la identificano dall'altra simile che le ha nere.

Un'altra cladonia interessante dal punto di vista naturalistico e fotografico è la *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm. (foto 69).

Foto 69. *Cladonia pyxidata* (L.) Hossm. Crescita su rametto marcescente di leccio. Nov. 2009.

Il suo nome deriva proprio dai podezi a forma di pixide o calicetto, con soredi di tipo farinoso utili per la riproduzione vegetativa. Si trova spesso ai piedi dei tronchi di leccio o su rami marcescenti depositati sul terreno.

Foto 70. *Cladonia pyxidata*. Due podezi e parte del tallo colorati in rosso-arancio sono Parafenilendiammina+. Magn. circa 20X da zoom digitale.

La reazione chimica che identifica senza dubbio la *Cladonia pyxidata* e quella alla Parafenildiammina che fa assumere una colorazione rosso arancio ai podezi (caliceti) e in parte al tallo. La reazione non é tra le più semplici e implica prudenza e accorgimenti dovuti alla tossicità del prodotto che peraltro abbiamo usato a bassa concentrazione (20mg/ml) sciolto in soluzione idroalcolica al 5%. La foto 70 mostra la positività del lichene a questa reazione e, mai come in questo caso, avevamo ottenuto una colorazione rosso-arancio come descritto nei testi (3).

Capitolo 10

Dentro “l’antro” della Mofeta

Riteniamo opportuno riproporre al lettore un’immagine della bocchetta della Mofeta dei Borboi da dove si sprigionano i gas naturali ad elevata concentrazione di CO_2 e altri gas (vedasi Capitolo 2).

Foto 71. Mofeta dei Borboi, bocchetta d’emissione dei gas naturali. 26/08/2010.

Nell’ambiente vicino alla bocchetta d’emissione (foto 71) si osserva una carenza di vegetazione che presenta un’evidente difficoltà di sviluppo e crescita vigorosa come invece avviene nel bosco che la circonda. Le poche e malridotte piante, arbusti, muschi e licheni che riescono a crescervi sono da considerarsi forme resistenti. La situazione è quella di secchezza estiva.

Foto 72. Mofeta dei Borboi. Vista d'insieme dell'ambiente carente di vegetazione. In alto, proprio sopra la bocchetta, si può notare anche uno scriteriato tentativo di disboscamento. Gen. 2010.

La foto 72 mostra la condizione stressogena prodotta localmente dall'emissione della mofeta. La scarsezza di vegetazione e i colori poco vivaci unitamente a sofferenza nella crescita delle piante di quel luogo, ce lo fanno apparire come un antro. Questa visone, unitamente ai soffi emessi in continuità si accentua ancor più nei momenti di siccità estiva quand'anche il puzzo di uova marce dovuto all'acido solfidrico rende l'aria irrespirabile. Il colore delle rocce e' altrettanto strano, un grigiastro uniforme le ricopre e ne trasforma l'aspetto. In queste condizioni la permanenza nel luogo è sconsigliabile e le immagini é bene effettuarle a debita distanza e con un teleobbiettivo. In situazioni di pioggia intensa con il successivo scorrimento del ruscello si riducono le condizioni di stress e ci si può avvicinare con prudenza. Le nostre osservazioni si sono focalizzate sulla ricerca di quelle specie di licheni che riescono a crescere lì, nonostante questo tipo di avversità ambientali. Intanto c'è da dire che nessun lichene abbiamo trovato crescere sul terreno. La nostra attenzione è quindi andata verso tronchetti di arbusti di erica e di ornielli che si trovano a circa 10m dalla bocchetta, su una quercia a 10m e su un paio di lecci a 12m. Andando al "core" della ricerca degli esemplari "resistenti" si può subito presentare le immagini recenti di quei licheni che siamo riusciti a reperire per lo più sulle cortecce talvolta sofferenti (per sfibrature, accrescimenti non uniformi o per aggressione di insetti che provocavano galle). Il primo lichene descritto é la *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale.

Foto 73. *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale. Colonia resistente che presenta un accrescimento scomposto con evidenti segni di sofferenza al centro. Posizione: su ramo di orniello a 10m dalla bocchetta d'emissione della Mofeta dei Borboi. Feb. 2010.

La flavoparmelia è un lichene molto comune nei boschi della Valdera e si presenta sempre molto rigoglioso e in colonia uniformemente accresciuta. In questo caso la sofferenza di crescita si é manifestata nella parte centrale d'accrescimento. Questo è un esempio che potremmo definire, senza essere smentiti, di parziale resistenza o **elevata sensibilità** all'ambiente stressogeno.

Ecco ora presentarsi una cladonia **resistente** all'ambiente, ma dalla difficile classificazione, tanto da chiamarla *Cladonia* sp.

Foto 74. *Cladonia* sp. Evidente sofferenza del tallo e delle strutture fertili dei podezi e degli apoteci che non hanno consentito un'adeguata classificazione.

In Foto 74 viene proposta l'immagine di un ritrovamento di una cladonia ai piedi di una quercia distante 8m dalla bocchetta d'emissione. Questo esemplare ha rappresentato un caso complicato perché pur essendo il tallo verde e folioso, esso presenta una evidente discontinuità della crescita segnatamente nella rottura (crepa) della colonia. Oltre a questo le foglioline assumono una sorta di forma caotica non assimilabile ad altre conosciute. Anche i podezi con gli apoteci hanno **forme diseguali**. Tutto ciò non ha permesso una classificazione e ha lasciato il dubbio che possa essere una forma mutata di cladonia che ha risentito dell'effetto stressogeno dell'ambiente. Potremmo definire questo esemplare come un resistente mutato.

Foto 75. *Cladonia* sp. Podezi diseguali, sofferenti quelli al centro in basso. Un calicetto deformato sullo sfondo che potrebbe far pensare ad una *Cladonia pyxidata* mutata.

In questo caso non abbiamo voluto disturbare con prelievi l'ambiente della cladonia perché ci siamo resi conto che le analisi di laboratorio non avrebbero consentito di trarre alcuna conclusione. Forse con la tipizzazione del DNA sarebbe possibile stabilire se si tratta di una mutazione oppure no. Ma a cosa e a chi avrebbe potuto giovare? Procediamo con attenzione sin dal primo approccio entro la zona limite e ci accorgiamo subito di una distinguibilissima patacca bianca su un paio di tronchetti esausti, ma in parte ancora vitali di orniello ad una distanza di 12m dalla bocca d'emissione.

Foto 76. *Pertusaria amara* (Ach.) Nyl. 20/11/2008 a pochi metri dall'emissione gassosa della Mofeta.

Un lichene, questo, veramente resistente che ha meritato più di una nostra attenzione sin dall'inizio della ricerca. Dopo ripetute osservazioni ne abbiamo scoperte anche altre e necessariamente per la tipizzazione abbiamo in un caso effettuato il metodo alla tocca col KOH perché supponevamo fosse una Pertusaria. In effetti la conferma la avemmo con la comparsa di un bel viraggio rosso sulla una di quelle colonie. C'è da dire che la Pertusaria l'abbiamo trovata anche al di fuori della Mofeta, seppure non in quantità abbondanti, ma ben vitale ed adesa sia su piante a corteccia liscia che rugosa (leccio). La prova alla tocca con il KOH ha dato esito positivo come si evince, nella successiva foto 77, dalla macchia rossa sulla superficie del lichene al bordo superiore.

Foto 77. *Pertusaria amara* su corteccia rugosa a circa 10m dalla bocchetta d'emissione gas della Mofeta dei Borboi. In alto, nella colonia si evidenzia la colorazione rossa dello spot-test risultato KOH+. 24/07/2008.

Per una più approfondita determinazione si é dovuto procedere ad un'incisione della parte più vecchia del lichene, lasciando inalterata la colonia più giovane sottostante. Altrettanto dicasi dell'altro precedente esemplare di foto 76.
Così, a prima vista campale, il lichene presentava pochissimi corpi fertili apoteciali. Il seguito del riconoscimento é avvenuto in laboratorio. La verifica di conferme mediante microscopia ha presentato grandi difficoltà per lo scarso numero di apoteci. Comunque si sono avute delle belle sorprese.

Foto 78. Sopra, interno di corteccia. Visibile un'evidente marchiatura lichenica. Sotto, esterno di corteccia con macchia rossa quale risultato della prova KOH+.

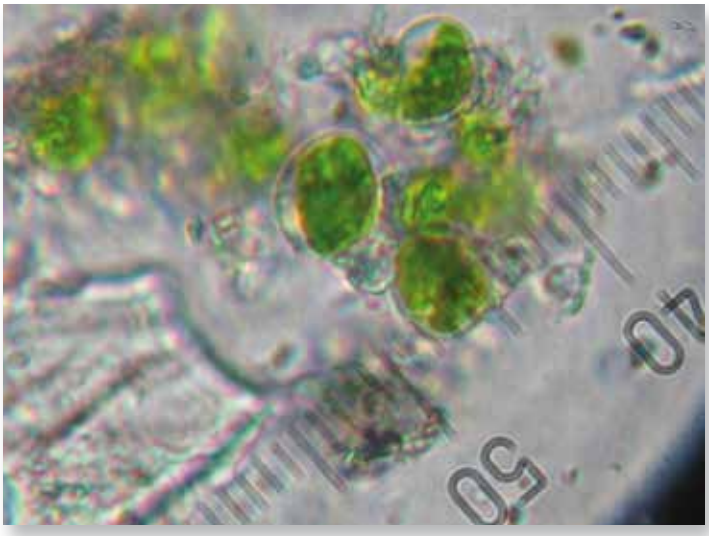
La foto 78, indica la penetrazione del lichene all'interno della corteccia liscia (marchiatura bianca). La scorza in basso mostra lo stesso lichene definibile come *Pertusaria amara* dopo il viraggio al rosso con il KOH, visibile al centro dell'immagine. C'e' da ipotizzare, viste le scarse dimensioni delle circonferenze degli alberelli, che il lichene sia stato già presente sulla pianticella al momento dell'iniziale crescita.

Foto 79. *Pertusaria amara*. Fortunata immagine di imeni. M.O. Magn. 200X e zoom digitale.

Foto 80. *Pertusaria amara*. Particolare di foto 78. Imenio con asco e spore immature contornato da parafisi. M.O. Magn.600X. Col. Floxina.

Foto 81. *Pertusaria amara*. Rara immagine delle spore bisettate. M.O. Magn. 600X e zoom digitale.

Foto 82. Rare cellule di alga verde fotosimbionte di *Pertusaria amara*.



La scarsezza di cellule algali verdi (foto 82), seppur in attività fotosintetica dimostra che il lichene vive più come parte fungina di ascomicete che non nel suo complesso simbiotico.

L'immagine descritta nella susseguente foto 83 e' indicativa dell'aspetto stressogeno che si riversa su piante e licheni limitatamente a pochi metri dalla bocca d'emissione dei gas.

Foto 83. *Rametti di Erica arborea e Fraxinus ornus* sofferenti nell'ambiente stressogeno della Mofeta. Sono visibili due modeste forme licheniche (a Sin. Parmelia, a Dx. Pertusaria). Feb.2010.

È molto probabile che l'annerimento dei rami, visibile in Foto 83 sia dovuto all'azione dell'acido solfidrico che tende a formare solfuri scuri con alcuni sali contenuti nelle cortecce. Dopo numerose osservazioni compiute, abbiamo trovato altre due specie di licheni di cui diamo notama che purtroppo di uno, *Evernia prunastri*, in stadio appena iniziale di crescita, non abbiamo documentazione visiva. L'altro, trattasi di *Parmelia perlata* Ach., viene mostrato di seguito in foto 84.

Foto 84. *Parmelia perlata* Ach. Evidenti note di sofferenza nella crescita della colonia sul lato sinistro del tronco. Si notano alcuni soredi a forma di perlette in una fogliolina in primo piano.

La foto 84 mostra un accrescimento irregolare del lichene folioso che si sviluppa **strategicamente** (obbligato) verso il lato più favorevole. Al contrario sul lato opposto della corteccia si intravede la decomposizione a causa di una situazione sfavorevole.
La difficoltà di riconoscimento delle specie *Flavoparmelia caperata* di foto 73 e della *Parmelia perlata* di foto 84, già di per sé non facile, viene resa ancor più difficile dalla sofferenza di crescita e scompostezza morfologica delle colonie che vivono in quell'ambiente stressogeno da almeno una decina d'anni.
Concluderemo questo capitolo riassumendo le specie licheni che resistenti alla situazione stressogena che sono state oggetto di osservazione:

- *Flavoparmelia caperata*
- *Cladonia* sp.
- *Pertusaria amara*
- *Parmelia perlata*
- *Evernia prunastri*

Capitolo 11

Altre immagini di biodiversità dell'ecosistema. Miscellanea

Vorremmo aggiungere una carrellata di immagini, talune uniche ed irripetibili, rappresentative di un ecosistema più largo di quello fin qui descritto, sempre appartenenti all'ecosistema della Valdera.

Foto 85. *Clavulina rugosa* (Bull.: Sr.). Un fungo dai caratteri delicati.

Foto 86. Coccinella uscita in perlustrazione, nel mezzo di una gelata.

Foto 87. Mimetismo di un bruco.

Foto 88. *Phellinus torulosus (Pers.*) Baud. Fungo lignicolo inserito tra due tronchi di *Erica arborea.* La peluria bianca è ghiacciata.

Foto 89. *Schizophyllum commune* Fries. Fungo lignicolo a forma di piccolo ventaglio rosa-arancio durante una gelata del Gen.2010.

Foto 90. Frutti di *Rosa canina* (L.).

Foto 91. Bacche di mirto. M*yrtus communis* (L.).

Foto 92. Pseudobacche (galbule) di *Juniperus communis* L.

Foto 93. Frutti di *Smilax aspera* (L.).

Foto 94. *Tulostoma brumale* Pers. Piccolo fungo basidiomicete con cristalli di ghiaccio sulla testa globosa

Foto 95. *Lichene Xanthoria parietina* (L.)Th. Fr.

Foto 96. Fioritura settembrina fuori stagione di *Smilax aspera* (L.).

Foto 97. *Arctium lappa* (L.). Una pianta medicinale (Bardana maggiore).

Galle

Foto 98. Galle su foglie di arbusto alla Mofeta. Attacco di insetti litofagi.

Foto 99. Interno di una galla. Visibile il bruco ancora vitale.

Campagna

Foto 100. Campagna gestita razionalmente nell'alta Valdera.

Foto 101. Giovani daini al limitare di una radura tra Lajatico e Orciatico.

Foto 102. Lichene *Ramalina fastigiata* (Pers.) Ach.

Ghiaccio

Foto 103. Meravigliosa cristallizzazione di giaccio in un rigagnolo d'acqua nel sentiero della Mofeta. -6°C di Temperatura. 01/02/2010. Immagine simil frattalica.

Foto 104. Cristallizzazione di ghiaccio in un rigagnolo d'acqua in prossimità della Mofeta. -4°C di Temperatura. 1/2/2010. Immagine simil caotica.

Foto 105. Lichene *Favoparmelia caperata*. (L.) Hale. Curioso sviluppo della colonia epifita.

Foto 106. Alga *Trebouxia* sp. simbionte in Squamarina cartilaginea. M.O. Magn. 600X e zoom digitale

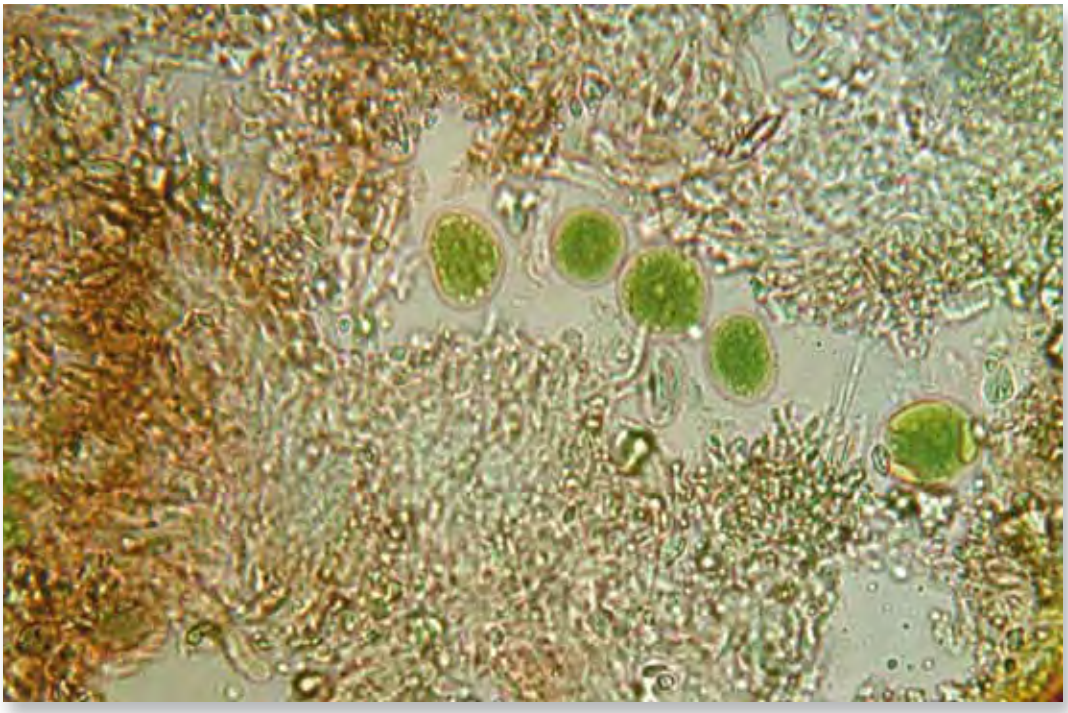


Foto 107. Bacche in fase di maturazione di *Arbutus unedo* (L.), nome comune Corbezzolo. Sett. 2010

Foto 108. Frutti maturi di biancospino comune, *Crataegus monogyna* Jacq. Campagna di Orciatico. Sett. 2010.

Foto 109. Insetto *stecco Phasmatodea* sp. mimetizzato in humus ghiacciato. Bosco Mofeta. Gen.2010

Foto 110. Drupe (more) di rovo comune *Rubus ulmifolis* Schott.

Foto 111. Podezi del lichene *Cladonia fimbriata* (L.) Fr. su rametto marcescente. Ott. 2008

Capitolo 12

Considerazioni finali

Lo studio che abbiamo affrontato per più di un triennio nel terriorio dell'Alta Valdera, mirato prevalentemente alla zona della Mofeta dei Borboi, ha consentito di ottenere risultati da noi ritenuti soddisfacenti e in linea con quanto altre Istituzioni di prestigio hanno fatto in quest'anno 2010 dedicato dall'ONU alla **conservazione delle biodiversità** nel Pianeta Terra. Senza enfatizzare troppo possiamo dire di aver dato un seppur minimo contributo di **originalità** utile per la valorizzazione del territorio del Comune di Lajatico e del paese di Orciatico che presentano la peculiarità di contenere un luogo "strano", quale la Mofeta, in un ambiente ancora godibile dal punto di vista naturalistico. Oltre a questo la ricerca ha portato alla classificazione di 34 specie di licheni di cui alcune inattese e interessanti dal punto di vista tassonomico.
La particolarità cercata é stata quella di individuare **specie resistenti** in un ambiente puntuale da noi considerato stressogeno per l'emissione di gas naturali provenienti dal sottosuolo in maniera continua a concentrazioni elevate specialmente per il CO_2 e alla presenza inconsueta di altri gas. Si legge nei cartelli e in alcune comunicazioni che la condizione di concentrazioni di CO_2 si ripercuote come un sostanziale beneficio per la crescita dell'apparato foliare delle piante e della loro biomassa. È difficile per noi stabilire ciò, anche se è nostra opinione che questo aspetto possa interessare solo le fasi iniziali di crescita delle piante "livello di plantula". Per quel che riguarda la "popolazione" dei licheni, in effetti abbiamo trovato **eccellenti condizioni di crescita e di variabilità biologica**, a dimostrazione del fatto che il bosco é sano e vive in condizioni ottimali. Come accennato nel testo abbiamo però riscontrato alcuni interventi di disboscamento condotti in maniera scriteriata che probabilmente produrranno dei danni nei prossimi anni. Tornando al "core" del lavoro siamo stati gratificati dai ritrovamenti di almeno cinque specie di licheni resistenti all'ambiente vicino alla bocchetta d'emissione dei gas. Anche se le loro condizioni di crescita non sono apparse eccellenti, tuttavia c'è da dire che la loro **vitalità** e resistenza all'ambiente stressogeno **è stata sorprendente**. Fatte queste considerazioni sul luogo della Mofeta, giova mettere in evidenza la bellezza ed unicità del territorio roccioso e parzialmente arbustivo che esiste in località Mulino vecchio Fonterossa. Infatti, lì esistono colonie di licheni rari che si sono accresciute e mantenute intatte da centinaia d'anni. La loro descrizione attraverso questi nostri appunti è avvenuta anche con lo scopo di sensibilizzare chi ha l'obbligo di conservare e mantenere un territorio in equilibrio. Sappiamo bene che un territorio presenta aspetti dinamici dovuti a pressioni antropiche di ogni tipo, ma il plusvalore che si riesce ad aggiungere alla qualità della vita mantenendo inalterati questi luoghi che, a ben vedere sono nicchie, é calcolabile ormai non più in maniera astratta ma in termini più concreti anche di "green economy".

Bibliografia consultata

Argstrom R."Lichens, lichenometry and Global warming"

Microbiologist, September 2004.

http://www.blackwellpublishing.com/Microbiology/pdfs/lichens.pdf

Baronti S., Miglietta F. Raschi A., Tognetti R., Vaccari F.P., Maracchi G.

"Le sorgenti naturali di CO_2: quindici anni d'attività di ricerca scientifica",

Clima e cambiamenti climatici: le attività di ricerca del CNR, 653-656.

Bartak M., Raschi A. and R. Tognetti. "Photosynthetic characteristics of sun and shade leaves in the canopy of *Arbutus unedo* L. trees exposed to *in situ long-term* elevated CO_2". PHOTOSYNTHETICA 37.(1): 1-16, 1999

Bartoli A. "i licheni" (Rambelli A., Pasqualetti M.,Nuovi fondamenti di micologia Jacca book, Milano). 1996.

Bonner G. "Nouvelle Flore des Lichens". Cogery, Paris. 1972.

Jahns H.M. "Felci, muschi, licheni d'Europa". Ed. Muzzio, Padova. 1992.

Nimis P.L. "I macrolicheni d'Italia.Chiavi analitiche per la determinazione". Ed. Gortania 1987. Atti del Museo Friulano di Storia Naturale, Udine.

Nimis P.L.. "The lichens of Italy. An annoted catalogue" . Museo Reg. si Scienze Naturali, Torino. Monografia XII. 1993

Nimis P.L. e Martellos S. "Keys to the lichens of Italy". I Terricolous Species. Ed. Goliardiche. 2004.

Pasquinelli P., Puccini F., Caroti V., Pasquinelli J. "Biodiversità dei licheni nel Parco naturale Migliarino San Rossore Massaciuccoli". Ed. Giovane Holden Sas. 2009.

Pasquinelli P. "Alcuni aspetti delle valutazioni qualitative nei sistemi viventi. Un approccio preliminare: la simbiosi lichenica". Il trimestrale del Laboratorio/The Lab's Quarterly." II 2007- ISSN 1724-451X. UNIPI.

Penuelas J., Castells E, Joffre R. and Tognetti R. "Carbon based secondary and structural compounds in Mediterranean shrubs growing near a natural CO_2 spring".

Global Change Biology. (2002), 8, 281-288.

Stylinski C.D. , Oechel W.C., Gamon J.A., Tissue D.T., Miglietta F.& Raschi A.

"Effects of life long [CO_2] enrichment on carboxilation and light utilization of *Quercus pubescens* Willd. Esamine with gas Exchange, biochemistry and optical tecniques.". *Plant, Cell and Environment* (2000), 23. 1353-1362.

Tognetti R., Minnocci A., Penuelas J., Raschi A. and Jones M.B. "Comparative field water relation of three Mediterranean shrub species co-occurring to natural CO_2 vent". Journal of Experimental Botany. Vol 51, No.347, pp 1135-1146, June 2000.

Tognetti R. and Penuelas J. "Nitrogen and carbon concentrations and stable isotope ratios in Mediterranean shrubs growing in the proximity of a CO_2 spring". BIOLOGIA PLANTARUM 46 (3): 411-418, 2003.

Togentti R., Cherubini P. and Innes J.L. "Comparative stem-growth rates of Mediterranean trees under background and naturally enhance ambient CO_2 concentrations". RESEARCH, *New Phytol* (2000), 146, 59-74.