

**GRUPPO ENTOMOLOGICO
NATURALISTICO
MELDOLESE**

Sede Sociale: Piazza F. Orsini, 12 - 47014 Meldola (FC)

il germoglio

Fotocopiato in proprio - numero unico

Organo Ufficiale G. E. N. M.



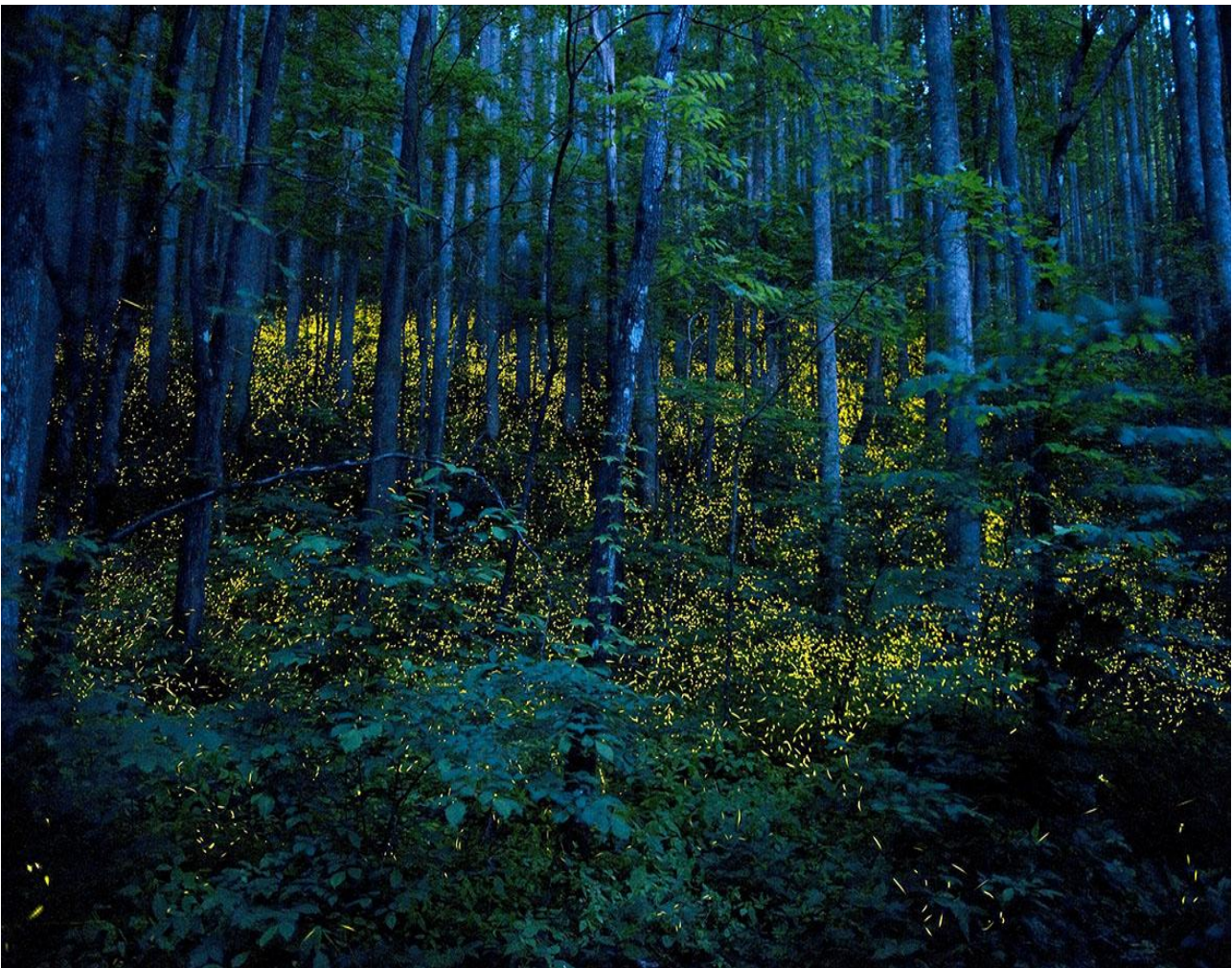
Notiziario di Informazione Naturalistica

LUCI NELLA NOTTE

di Dianora Della Torre Arrigoni

Non solo lucciole

Luci danzanti nel buio, il sottobosco che si accende di luce verde smeraldo, il mare che risplende di fuoco blu, raggi di luce argentea e blu che illuminano le grotte, grandi termitai che di notte si accendono di mille luci: immagini fantastiche che sembrano opera di magia ma che in realtà sono il frutto di uno straordinario fenomeno naturale, la bioluminescenza, testimoniato sin dall'antichità da autori come Aristotele e Plinio; è un fenomeno che trasforma molte notti o luoghi bui in mondi di irresistibile fascino: basti pensare ad un giardino di notte pieno di lucciole, una delle visioni più incantevoli e note; ma le lucciole non sono le uniche creature ad essere luminescenti; di fatto moltissimi esseri viventi, anche se tassonomicamente assai distanti tra loro (batteri, anellidi, insetti, molluschi, pesci, funghi) possiedono la capacità di trasformare energia chimica in luce attraverso particolari reazioni biochimiche.



Lucciole nella Foresta delle Smocky Mountains, Tennessee



Hachijo-jima, Giappone



Spiaggia di Mjorn, Svezia



Grotte di Waitomo, Nuova Zelanda



Parco nazionale di Emas, Brasile

Nonostante il gran numero di specie animali note per essere luminescenti, solo per poche è stato chiarito il meccanismo chimico della bioluminescenza.

La luce può essere prodotta da singole cellule, da ghiandole pluricellulari o da complicati organi fotogeni.

La luce è attivata all'istante nei momenti di necessità e può esserne regolata l'intensità e la durata. Chimicamente, la maggior parte della bioluminescenza è dovuta a reazioni di ossidazione: l'ossigeno reagisce con delle sostanze dette luciferine (molecole di struttura diversa), producendo energia sotto forma di luce. Le reazioni sono catalizzate da enzimi ossido-riduttivi, detti luciferasi, che hanno affinità diverse per le diverse luciferine.

La presenza di una luciferina è fondamentale per la produzione di luce; fino al 2015, in base agli studi condotti su vari organismi bioluminescenti, erano stati scoperti otto diversi tipi di luciferine.

La bioluminescenza è diffusa sia nel mondo animale che vegetale; sebbene sia più frequente nelle creature marine, la si riscontra anche in ambiente terrestre in una varietà di differenti organismi, inclusi batteri, funghi, molluschi, artropodi e anellidi. La luminescenza è usata per le più svariate funzioni: difesa, corteggiamento, adescamento delle prede, simulazione di tossicità apparente, mimetizzazione.

In ambiente terrestre il più alto numero di specie luminescenti si riscontra negli artropodi e la maggior parte di tali specie sono insetti, e, tra questi, le specie luminose appartengono prevalentemente all'ordine dei coleotteri. La loro luce appare a volte fissa e mantenuta per un certo periodo di tempo, a volte emessa ad intervalli ritmici, con frequenza, durata ed intensità varie. Le lunghezze d'onda delle luci emesse oscillano tra il verde-blu e l'arancione rossastro, ma il medesimo insetto può emettere luci diverse od anche di diverso colore da diversi apparati e in diversi momenti. La luce emessa non è polarizzata e sebbene la sua intensità luminosa sia modesta, essa ci appare vivissima poiché ha un'intensità massima alla lunghezza d'onda di 5000-6000 Angstrom a cui l'occhio umano è sensibilissimo.

Nei coleotteri Elateridi, Lampiridi, Fengoidi adulti la luminescenza è un evidente richiamo sessuale od un segnale di difesa. Nei Lampiridi, che siamo abituati ad indicare con il nome familiare di 'luciole', l'accoppiamento ha luogo quando la femmina risponde sincronizzando la propria segnalazione luminosa (con un lampeggio di varia durata a seconda della specie) a quella del proprio maschio. La famiglia dei Lampiridi comprende circa 2000 specie; in Italia ne sono presenti due, la *Lampyrus noctiluca* L., nella quale è la femmina ad emanare luce, e la *Luciola italica* L.



Femmina e maschio di *Lampyrus noctiluca* L.

nella quale la luce è emessa anche dai maschi; in entrambe le specie la luminosità è intermittente e sono luminosi tutti gli stadi, comprese le uova. La femmina di *Noctiluca* mantiene anche da adulta un aspetto larvale. Le larve di *L. noctiluca* vivono per due o tre anni, cibandosi prevalentemente di chiocchie e limacce. La preda viene attaccata a morsi, iniettandole un fluido digestivo marrone tossico. Il fluido agisce lentamente, paralizzando la vittima e trasformando parte di essa in una pappina marrone, che la larva risucchia. In alcuni casi la vittima riesce a trascinarsi via e a sopravvivere al pasto. La larva attacca lumache che sono spesso 200 volte il proprio peso, e si attiva nelle stesse ore di maggior attività delle prede, ossia di notte e in condizioni climatiche umide. La larva muta quattro o cinque volte nel corso della propria esistenza. Durante l'inverno le larve si nascondono in posti riparati, al buio e vanno in ibernazione, per poi risvegliarsi in primavera.

A differenza del genere *Lampyris* le lucciole del genere *Luciola* non hanno un elevato dimorfismo sessuale, ma si possono comunque riconoscere facilmente. I maschi sono alati, con un corpo lungo e snello, e possono essere lunghi più di un centimetro. Possono volare a circa un metro da terra o posarsi su steli. Le femmine, più rare, sono anch'esse alate, ma il corpo è più tozzo e corto e si trovano frequentemente a terra, appena nascoste dall'erba.

La produzione di luce avviene nella parte terminale del ventre, anche nelle larve; fa eccezione la *Lamprohiza* o *Lampyris splendidula* L.



la cui larva è luminosa in più punti del corpo.

Alcuni segmenti addominali, generalmente gli ultimi, sono trasparenti sul lato ventrale e riccamente percorsi da speciali muscoli trachee che conducono l'ossigeno necessario alla reazione di ossidazione. Regolando il flusso dell'aria l'insetto può regolare la frequenza del lampeggiamento.

Nel breve tempo in cui sono adulte le lucciole smettono di nutrirsi, succhiano le gocce d'acqua su foglie e fiori, sfruttano le riserve di grasso accumulate durante lo stadio larvale e impegnano tutte le loro energie nella riproduzione, che avviene in estate.

I maschi muoiono poco dopo l'accoppiamento e le femmine sopravvivono solo qualche giorno in più, giusto il tempo di deporre 70-100 uova, anch'esse luminescenti, nelle fessure del terreno e tra le foglie. I due-tre anni di intervallo tra un accoppiamento e la successiva apparizione di un adulto

spiega il motivo per il quale, nei luoghi frequentati dalle lucciole, la loro presenza numerica possa variare notevolmente da un anno all'altro.

Un tempo comuni anche nei giardini di città le lucciole sono oggi scomparse in moltissimi luoghi a causa dei pesticidi e dell'inquinamento luminoso il quale impedendo agli insetti di vedere la luce dei richiami luminosi ne impedisce anche l'accoppiamento e la riproduzione. Ci sono tuttavia ancora molti luoghi dove le lucciole appaiono regolarmente ogni estate e numerosa è l'offerta di visite guidate notturne per godere di uno spettacolo indimenticabile della natura.

In alcune aree di vari paesi le lucciole sono presenti in numero impressionante e con un comportamento del tutto particolare che richiama milioni di turisti ogni anno; tra le zone più celebri ricordiamo l'area protetta del Parco Nazionale delle Great Smokey Mountains (Tennessee) nella quale è possibile ammirare non solo lo spettacolo di milioni di luci che lampeggiano nel bosco di notte, ma anche osservare un fenomeno particolare al quale i ricercatori non hanno ancora saputo dare una chiara spiegazione: ad un certo momento e per un certo lasso di tempo tutte le lucciole della specie *Photinus carolinus*



Photinus pyralis

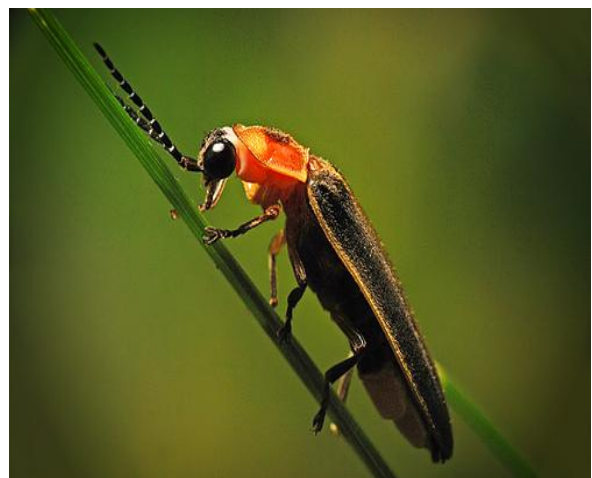
iniziano a lampeggiare in perfetta sincronia, a volte spostandosi in larghe bande luminose da una parte all'altra della foresta come immense comete dorate per 'spegnersi' poi simultaneamente per un certo lasso di tempo. Nel Parco vivono altre 19 specie di lucciole; tra queste alcune femmine del genere *Photuris* sono denominate in gergo '*femmes fatales*' poiché, diversamente dagli adulti degli altri generi, sono rimaste carnivore come nello stadio larvale: esse sono in grado di modificare la

frequenza e la luminosità della propria luce in modo da simulare la luce delle femmine di *Photinus*, attrarne i maschi e poi ... divorarli !

Queste femmine non solo acquistano maggior energia dal consumo di maschi di altre specie, ma sono anche in grado di accumulare dalle loro prede sostanze chimiche che le aiutano a proteggersi dai loro predatori mettendoli in guardia con i propri segnali luminosi dal mangiarsi una preda dal sapore disgustoso: un comportamento che viene definito 'mimetismo aggressivo'.

Un tempo si pensava che l'area delle Smokey Mountains fosse l'unico luogo del Nord America ove si potesse osservare il fenomeno delle lucciole sincroniche; in anni recenti sono state scoperte nuove zone, l'Oak Ridge Wildlife Area, sempre nel Tennessee, dove lo spettacolo è offerto dal *Photuris frontalis*, il Congaree National Park, nella Carolina del Sud e la Allegheni National Forest in Pensilvania (scoperta nel 2012) dove il protagonista è il già citato *Photinus carolinus*.

Un'altra nazione divenuta celebre in tutto il mondo per le sue grandi colonie di lucciole 'sincroniche' è la Malesia; lungo il corso del fiume Selangor e nella foresta circostante gli alberi si accendono di milioni di luci che trasformano le grandi mangrovie in alberi di natale estivi; gli insetti si radunano sulle foglie degli alberi, distribuendosi per centinaia di metri e cominciano a lampeggiare all'unisono; le loro pulsazioni sincronizzate possono continuare per ore, una notte dopo l'altra, per settimane. Tutto ciò è dovuto a lucciole del genere *Pteroptyx*; sia la penisola che il Borneo malese sono costellati di aree protette dove si ripete questo fenomeno. Attorno a queste zone si è creata tutta una rete di servizi per i numerosissimi turisti che accorrono ogni estate: un turismo eco-compatibile che ha portato lavoro e maggior benessere alle genti locali, grazie a piccole creature del microcosmo che la Malesia ha voluto celebrare in un bella emissione filatelica.



Osservare una lucciola che illumina un fiore o l'incavo della nostra mano è un'esperienza altrettanto emozionante e la luce emessa da questa piccola creatura sembra di per sé molto forte; in realtà l'insetto più luminoso al mondo è un Elateride, il *Pyrophorus noctilucus*,



Pyrophorus noctilucus

diffuso nell'America centrale e meridionale. L'adulto può raggiungere anche i 4 cm di lunghezza; la luce, emessa da due organi ai lati della testa (protorace), è fissa, varia di colore dal verde al giallo all'arancione, a seconda delle specie; l'insetto ne può cambiare l'intensità in relazione alle diverse situazioni in cui viene a trovarsi: in caso di avvertito pericolo la luminescenza raggiunge la massima intensità; la luce emessa è così forte che può essere individuata facilmente anche da una distanza di 40 metri.

Sotto l'addome possiede un altro organo che emette luce gialla, visibile solo durante il volo, motivo per il quale i ricercatori ritengono che serva a comunicare con i membri dell'altro sesso; le due luci frontali invece funzionano da avvertimento e deterrente per i predatori: "ho un sapore disgustoso e sono altamente tossico". La forte luminosità degli insetti del genere *Pyrophorus* è descritta più volte in molte cronache e diari di viaggio di vari esploratori; nel 1516 Peter Martyr d'Anghiera, nel suo libro sulla storia delle Indie Occidentali, racconta come i nativi usassero legarsi alle caviglie un paio di *P. noctilucus* per illuminare il sentiero di notte, mentre Alexander von Humboldt racconta che la sera poteva leggere chiaramente un libro nella sua tenda alla luce di una dozzina di questi insetti posti dentro una bottiglia di vetro; l'abitudine di usare coleotteri luminescenti era assai diffusa in molte altre parti del mondo come ad esempio Cina, Giappone, Indonesia; servivano per leggere, illuminare stanze, giardini, erano usati come gioielli luminosi e torce per la notte; basti pensare che una trentina di *P. noctilucus* bastano per illuminare una stanza di medie dimensioni con la stessa intensità luminosa di una candela.

Anche le larve e le pupe possiedono organi luminosi; le larve vivono nel terreno e si nutrono di materia vegetale e di piccoli invertebrati, così come delle larve di altri coleotteri, mentre gli adulti si nutrono di polline e frutta fermentata.

Esistono 26 specie di *Pyrophorus* distribuite tra il Messico meridionale ed il sud-est del Brasile e nelle Indie occidentali.

Il *Pyrophorus nyctophanus* è presente nel Cerrado in Brasile; in questa vasta area protetta, nel Parco Nazionale di Emas, sono particolarmente numerosi i termitai, molti dei quali superano i due metri di altezza; tanta abbondanza di insetti attira molti predatori; se gli adulti di *Nyctophanus* si nutrono di materia vegetale in decomposizione, le grosse larve invece sono voraci predatori di altri insetti; si nascondono in piccoli incavi nel terreno e soprattutto all'imbocco dei tunnel esterni sulle pareti dei randi termitai dove attendono le loro vittime attirandole con una forte luce verde; le notti estive, periodo di maggior movimento di insetti, per le larve di *Nyctophanus* si trasformano in un immenso banchetto; quando le giovani termiti escono in volo a migliaia, attratte in gran numero da quella miriade di luci, diventano facile preda delle larve appostate in agguato sui fianchi del termitaio.

Di notte distese di 'piramidi' si illuminano di miriadi di luci verdi lasciando incredulo chi ha la fortuna di assistere a questo straordinario spettacolo.



Delle oltre 12.000 specie di millepiedi esistenti solo un esiguo numero appartenente al genere *Motyxia* è luminescente e si trova unicamente nelle regioni montuose della California. Nascosti sotto il suolo durante il giorno, questi insetti escono di notte in cerca di vegetali decomposti di cui nutrirsi; essi emettono una luce costante dal loro esoscheletro: è un avvertimento della brutta sorte che toccherebbe ad eventuali, incauti predatori; infatti, se minacciati o disturbati, essi emettono dai piccoli pori del corpo cianuro tossico.



Millepiedi, *Motyxia* spp.

In questi millepiedi la bioluminescenza è dovuta ad una fotoproteina che si illumina quando reagisce con composti ricchi di calcio, un meccanismo simile a quello che si verifica nella medusa *Aequorea victoria* che si vale della proteina verde fluorescente.

Sebbene vi siano poche specie di millepiedi bioluminescenti, ve ne sono invece moltissime di biofluorescenti; occorre infatti distinguere nettamente tra i due fenomeni: la bioluminescenza deriva da un processo chimico che avviene in organi specifici di un essere vivente ed è attivato e regolato a piacimento, mentre la bio-fluorescenza è una caratteristica passiva dell'animale che non può attivarla quando vuole; le creature fluorescenti hanno la caratteristica di assorbire la luce UV e di rimetterla con lunghezza d'onda e colori diversi; esistono molte specie di pesci, tra cui vari squali, la

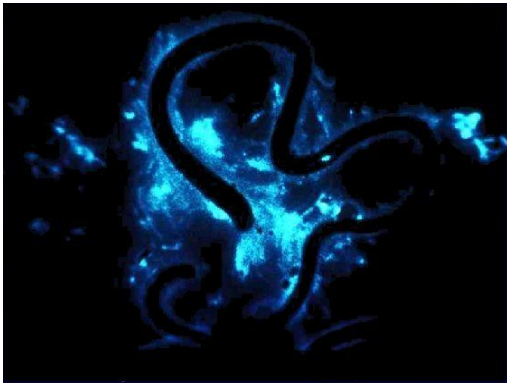
cui pelle è ricoperta da proteine pigmentate; quando una fonte di luce ultravioletta viene proiettata su di loro, entra in gioco il fenomeno della bio-fluorescenza; nonostante sia molto diffusa, la funzione della biofluorescenza e delle proteine fluorescenti non è ancora ben chiara ai ricercatori. Tornando alle creature terrestri bioluminescenti alquanto particolari, troviamo i cosiddetti 'vermi-treno', coleotteri appartenenti alla famiglia dei Fengoidi e al genere *Phrixothix*,

presenti in Sudamerica; una particolarità è che le femmine mantengono un aspetto larvale anche da adulte, sono feroci predatrici di millepiedi e di altri artropodi ed hanno undici paia di organi luminosi, distribuiti sui due lati del lungo corpo, dai quali emana una luce verde o gialla, motivo per il quale sono state paragonate ad una carrozza ferroviaria con la luce che esce dai finestrini; ma non basta, sulla testa, infatti, hanno un organo fotogeno che emette una vivace luce rossa che si accende immediatamente non appena la femmina si sente disturbata, mentre di fronte ad un più serio pericolo vengono accese anche tutte le luci lungo il corpo: un chiaro avvertimento ai predatori sul sapore terribile che si troverebbero nelle fauci. I maschi sviluppano un aspetto da coleottero, sono alati, pare che non si nutrano ed hanno una vita da adulti che dura pochi giorni.

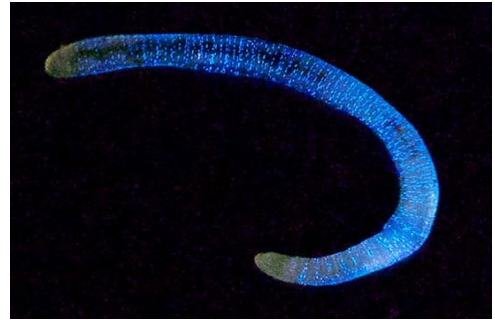


E' raro che nessuno di noi non abbia mai visto lombrichi o vermetti di terra (più propriamente degli Anellidi), ma chi ne ha visto di luminescenti ? Eppure a tutt'oggi se ne conoscono 34 specie

distribuite in tutto il mondo; uno dei primi ad essere scoperto è stato il *Diplocardia longa* che vive nei terreni sabbiosi delle pianure costiere della Georgia (USA); ciò che ha stupito i ricercatori è il fatto che a diventare luminescente non è qualche parte del suo corpo bensì il muco che secerne dall'apparato boccale; il muco gli serve normalmente per scivolare meglio sul terreno e facilitare l'ingresso nella tana, ma una 'sparata' di luminoso muco blu può disorientare un'eventuale talpa alla ricerca di cibo e dare il tempo al vermicello di trovare una via di fuga.



Recentemente scoperto in Siberia, il *Fridericia heliota* accende tutto il suo corpo di un intenso blu lapislazzuli; il meccanismo della sua bioluminescenza è ancora oggetto di studio, tuttavia



nel processo biochimico è già chiara la presenza di un nuovo tipo di luciferina. Può sembrare strano che dei moscerini siano in grado di creare uno tra gli spettacoli più incredibili della natura e che attraggono migliaia di turisti ogni stagione; tutto ciò accade in varie grotte in Australia e Nuova Zelanda ad opera di piccoli Ditteri del genere *Arachnocampa*, detti moscerini dei funghi; l'arco di vita di queste piccole mosche è di 11-12 mesi dei quali circa dai 6 ai 9 sono vissuti allo stadio di larve; appena uscite dalle uova misurano dai 3 ai 5 mm, in seguito possono raggiungere i 3 cm; ogni larva fila un nido sericeo sul soffitto della grotta, poi tutto attorno al nido appende una settantina di fili serici, ciascuno lungo dai 30 ai 40 cm, e li cosparge di gocce di muco gelatinoso; l'ambiente riparato delle grotte è l'unico dove il vento non può danneggiare le trappole mortali; in certi casi le larve aggiungono alle gocce di muco una sostanza tossica che facilita la debilitazione della preda. Le larve si distribuiscono su tutto il tetto della grotta emettendo una forte luce blu per attrarre le preda sui loro fili: il tetto di una grotta coperto di larve luminescenti è incredibilmente simile ad un cielo notturno pieno di stelle !

Nonostante l'effetto meraviglioso all'interno della grotta, ognuna di queste 'stelle' brillanti, non appena qualche insetto resta intrappolato in un filo, scende dalla sua volta celeste e si trasforma in una vorace predatrice.







Sentieri luminosi nel bosco

Immaginatevi ora di essere in un bosco in una notte senza luna e di accorgervi, dopo qualche passo, che state camminando su un terreno con mosaici di luce verde brillante; poi guardandovi attorno cominciate a scorgere alberi dal tronco luminoso mentre nel sottobosco scorgete aggregazioni di luci smeraldine su vecchi rami o tronchi caduti a terra; e se poi incontrate un gruppo di *Panellus stipticus* potreste sedervi accanto e leggervi un libro senza alcuno sforzo: ebbene non vi sto suggerendo di calarvi in un mondo di pura fantasia, ma semplicemente di provare ad immaginare ciò che è già capitato a molti che hanno visitato i boschi di notte per vedere il 'fuoco delle fate', come veniva chiamato l'effetto creato dai funghi luminescenti.

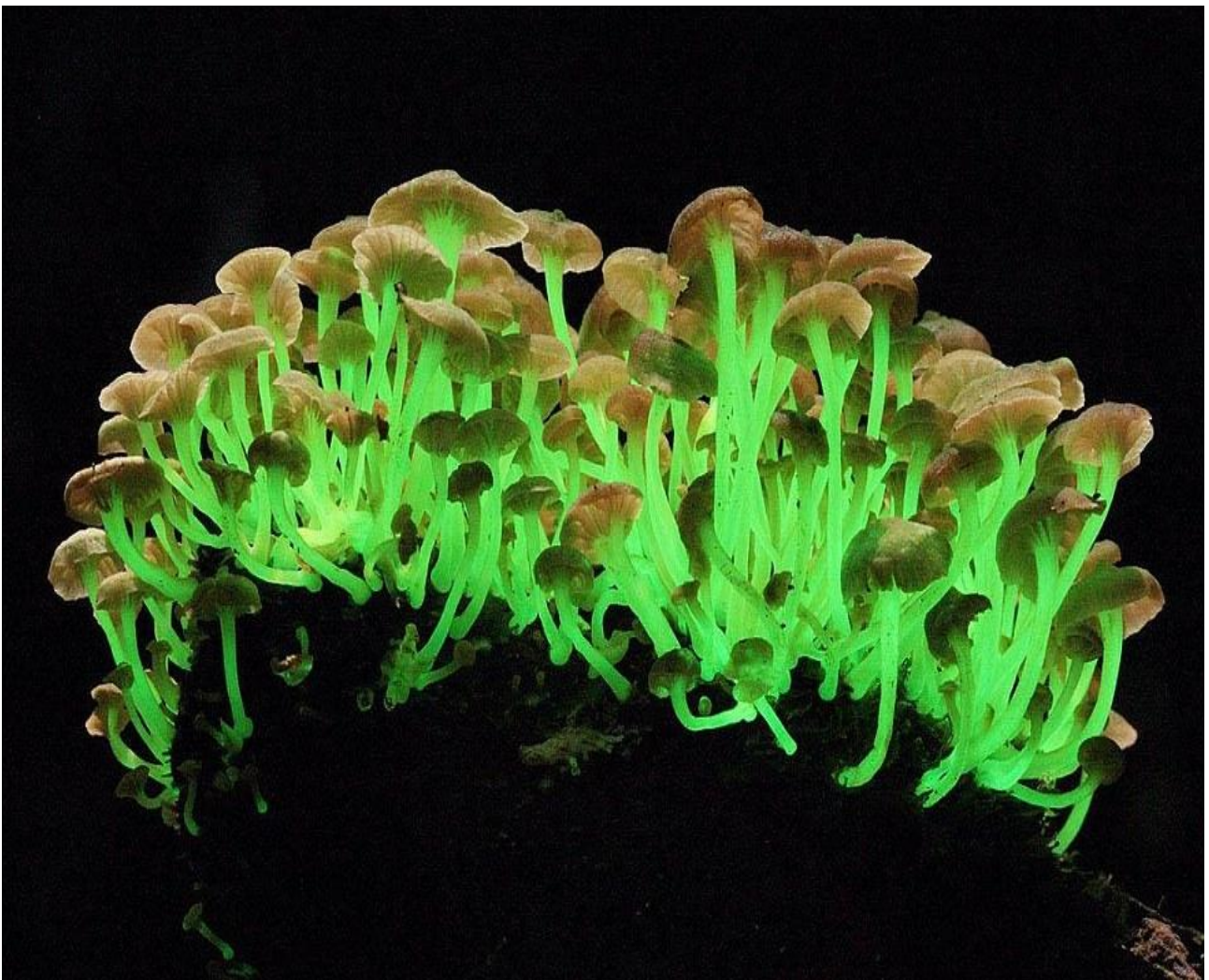
Finora sono state scoperte oltre 100 specie luminescenti, appartenenti ai generi *Mycena*, *Armillaria*, *Pleurotus*, *Omphalotus* e *Panellus*.

Nel fungo possono essere bioluminescenti il micelio, le lamelle, il cappello, le spore.

Le sostanze che intervengono nel processo biochimico della luminescenza dei funghi sono rimaste a lungo un mistero; solo nel 2015 un gruppo di ricercatori russi ha scoperto che nella maggior parte dei funghi, se non in tutti, la luminescenza si attiva quando l'antiossidante hispidina (un precursore di luciferina) viene convertito dall'enzima hydroxylase nella luciferina 3- hydroxyhispidina che a sua volta ossidata da un altro enzima produce luce. Restano tuttavia da individuare le esatte sostanze che entrano in gioco in varie altre specie di funghi. Si ipotizza che la funzione pratica della bioluminescenza nei funghi sia quella di attrarre piccoli invertebrati che possono contribuire alla dispersione delle spore così come quella di attrarre i predatori di invertebrati che si nutrono di funghi, ma si tratta di ipotesi che non hanno ancora conferme certe: l'esatta funzione fisiologica ed ecologica della bioluminescenza nei funghi rimane ancora oggetto di studio.

Brasile e Giappone sono i due paesi con maggiori presenze di specie luminescenti.

Tra le specie più luminose *Armillaria mellea* è quella più vastamente distribuita nel mondo; *Panellus stipticus*, presente in tutti i continenti, cresce in fitti gruppi sui tronchi caduti di alberi decidui, in particolare betulle, pioppi, querce; la luminescenza è localizzata ai bordi delle lamelle e nel punto di congiunzione del gambo e del cappello; la chimica alla base della sua bioluminescenza resta ancora da chiarire; sono almeno 33 le specie luminescenti nel genere *Mycena* e la luminescenza è prodotta sia nel micelio che nel tessuto che produce le spore. In Giappone l'isola di Hachijo-jima, a 50 minuti di volo da Tokyo, è diventata una meta naturalistica per migliaia di turisti durante la breve stagione umida quando di notte i boschi di latifoglie si illuminano di insolite luci: le cortecce, le foglie sugli alberi e quelle cadute a terra brillano di luce verde dorata emessa dai lunghi filamenti del micelio di un piccolissimo fungo non ancora identificato; i sentieri percorsi dai visitatori sono tappezzati di chiazze di luce, mentre ai lati altre specie di funghi illuminano il sottobosco: dagli aggregamenti della piccola *Mycena-lux-coeli* (1-2 cm di diametro del cappello) che emette una luce verde-bianca, ai graziosi 'paralumi' della *Mycena chlorophos*, all'*Omphalotus japonicus* che occupa i tronchi fino alla cima. Nei boschi dell'Australia subtropicale le brillanti colonie di *Mycena manipularis* sono un facile incontro, mentre nei boschi del Brasile, sorprendono la luminosa *Mycena lucentipes* o la radiosa *Mycena luxeterna* e nuove specie bioluminescenti si vanno quasi continuamente scoprendo.



Mycena lucentipes



Omphalotus japonicus



Mycena chlorophos



Mycena luxeterna



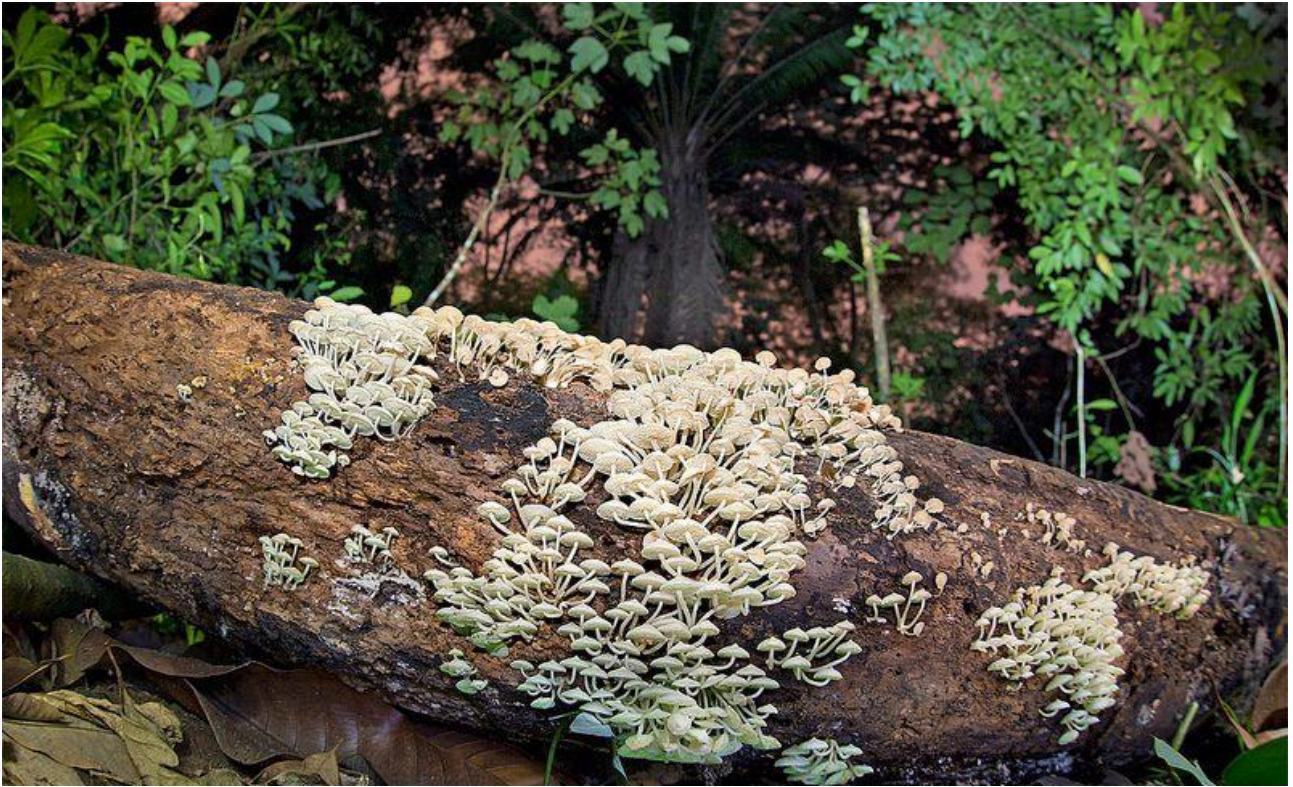
Mycena lucentipes



Panellus stipticus



Omphalotus nidiformis



Mycena manipularis nella luce diurna



Mycena manipularis nella luce notturna

Negli abissi marini

L'80% delle creature bioluminescenti vive negli oceani e si tratta in maggior parte di animali abissali, che vivono sotto i 1000 metri ed oltre; si nascondono nelle profondità durante il giorno e salgono in superficie solo di notte per mangiare. Trascorrono quindi gran parte della loro vita al buio e in questo tipo di ambiente, la bioluminescenza è fondamentale per trovare cibo o partner, allontanare od attirare i predatori, o semplicemente farsi strada nella notte abissale. Le creature marine bioluminescenti possono produrre luce nei propri organi, detti fotofori, in modo indipendente oppure attraverso la presenza di batteri luminosi che vivono in simbiosi all'interno degli stessi fotofori.

In anni recenti l'esplorazione degli abissi marini con mezzi sempre più sofisticati ha permesso di scoprire l'esistenza di nuove, incredibili forme di vita dagli aspetti più stravaganti - battezzati gli 'alieni' degli abissi - molti dei quali bioluminescenti.



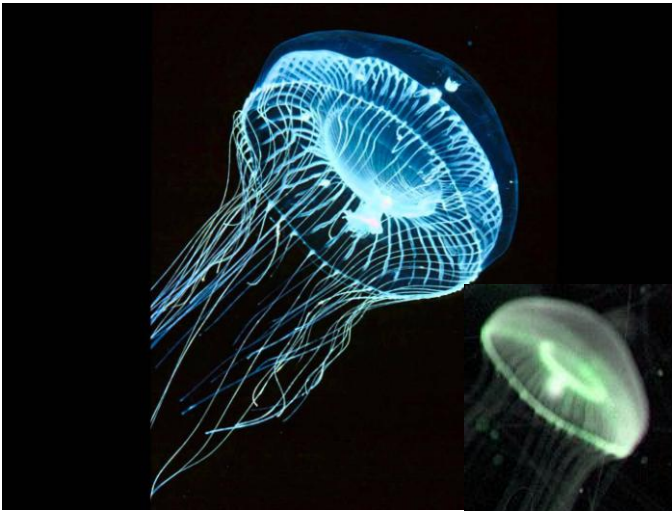
“ Alieni “ degli abissi

Come già enunciato, la luciferina è la sostanza chimica di base per ogni reazione che produca bioluminescenza; affinché si abbia produzione di luce occorre la presenza di ossigeno e l'azione di una proteina catalizzante (una luciferasi). Talvolta luciferina, luciferasi ed ossigeno si trovano legati formando un unico elemento detto 'fotoproteina'; in tal caso la luce viene prodotta quando ioni di calcio si uniscono al sistema.

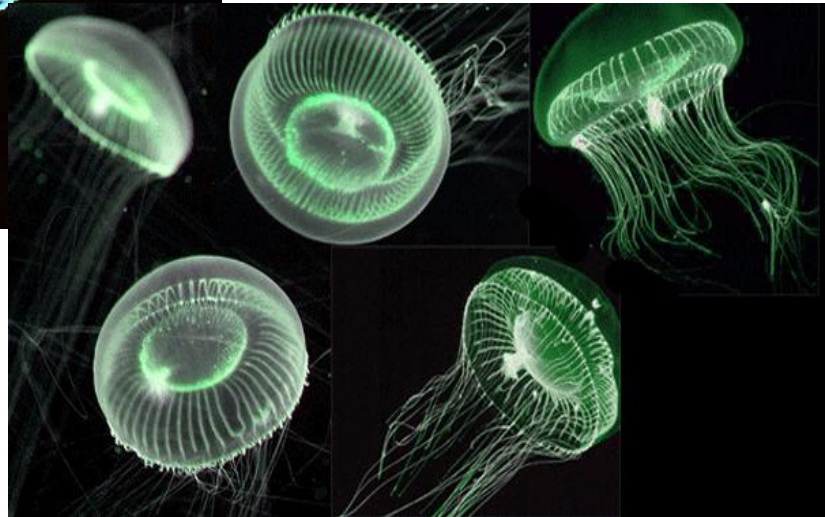
Sebbene nel mare esistano centinaia di tipi di animali luminosi, sorprende che il numero di varietà di luciferine trovate nelle varie specie sinora studiate sia alquanto limitato.

La celenterazina è una luciferina molto comune nella bioluminescenza marina e può essere il substrato di molte luciferasi. La celenterazina emette luce a seguito di una ossidazione di ioni di calcio ed è catalizzata da enzimi (o luciferasi) come l'obelina o l'acqueorina.

Nella medusa *Aequorea victoria* la bioluminescenza, flash di luce blu, è data dalla combinazione celenterazina-acqueorina e con il rilascio di ioni di calcio alla quale si aggiunge l'azione della GFP (Green Fluorescent Protein), scoperta per la prima volta in questa medusa, e che trasforma la luce blu in verde; tale proteina ha rivoluzionato i metodi di ricerca in biologia; infatti il gene che codifica



Aequorea victoria



per questa proteina può essere facilmente inserito con opportuni vettori in organismi diversi perché esprimano la fluorescenza. Questo processo si è rivelato particolarmente utile in ricerca per tracciare e identificare la presenza di altri geni o proteine che possono essere ad esso associati.

La piccola molecola nota appunto come proteina verde fluorescente (GFP) fu isolata nell'*Aequorea victoria* nel 1962; associando la



Pachystomias microdon

GFP ad altre proteine è possibile guardare i movimenti ed il futuro evolversi dei composti all'interno delle cellule, visualizzando l'eventuale crescita di tumori: il profondo impatto che la scoperta della GFP ha avuto sulla ricerca scientifica è valso ai suoi scopritori il Premio Nobel per la chimica nel 2008.

Di forma allungata e spesso serpentiforme, oppure corta e piuttosto tozza, i pesci abissali comprendono esseri dalla struttura assai diversa, ma in genere di aspetto inquietante; li accomunano

l'enorme bocca, grandi occhi, la presenza di organi luminosi sparsi sul corpo, distribuiti in modo diverso a seconda delle specie ma strutturati generalmente in questo modo: una particolare ghiandola produce una sostanza luminosa, una lente trasparente mette a fuoco la luce che ne deriva, una superficie di cellule pigmentate la riflette.



Pachystomias spp

I Pesci drago (famiglia degli Stomidi) portano sotto la mandibola un lungo filamento munito di fotoforo terminale che serve come esca per attirare le prede. I Pesci drago possiedono più di 80 fotofori distribuiti sui fianchi in diverse serie; nel maschio altri fotofori sono presenti sul capo e sul filamento. Speciali organi vicino agli occhi controllano la quantità di illuminazione nell'acqua circostante dando così al pesce la capacità di regolare il quantitativo di luce che emettono i suoi fotofori. La luminescenza può essere attivata o spenta a comando e può confondere potenziali predatori. Altre specie di pesci emettono luce in modo simile, e la particolare disposizione dei fotofori nel Pesce drago senza squame (*Pachystomias microdon*) permette di identificare altri pesci della stessa specie. Dal momento che molte delle loro prede sono a loro volta bioluminescenti, gli Stomidi hanno evoluto uno speciale metodo per rimanere nascosti ai loro predatori dopo un pasto a base di un preda luminescente: le pareti dello stomaco sono nere al fine di mantenere nascosta la luce durante la digestione del pasto.

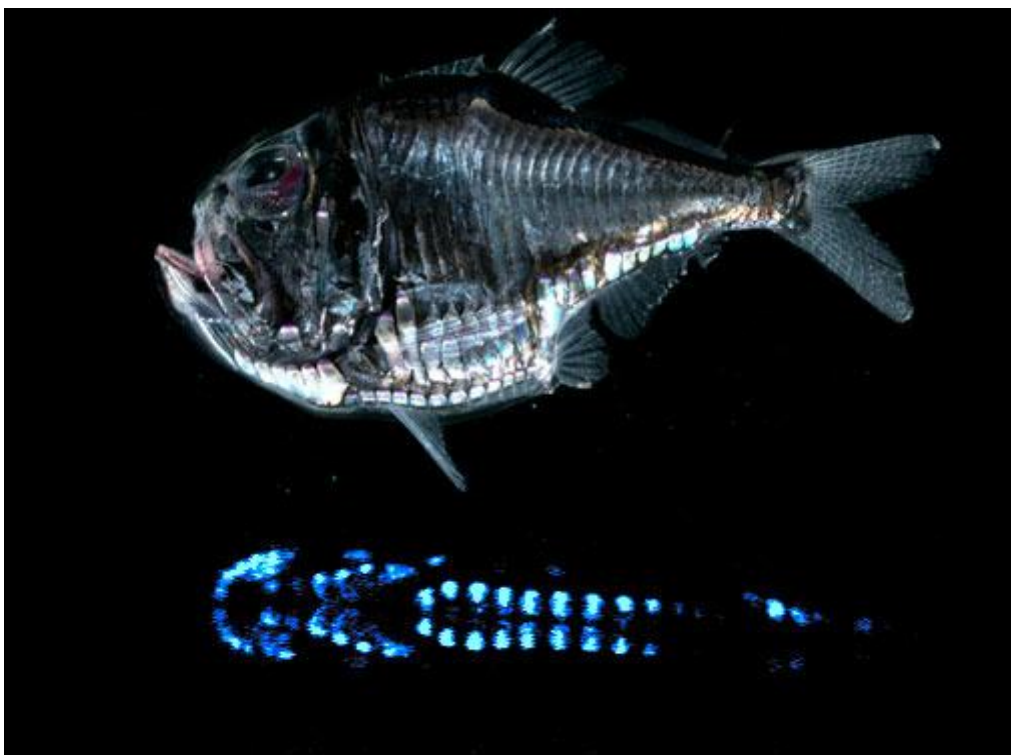
La bioluminescenza, in generale, si può presentare in vari colori, rosso, arancione, giallo, verde, blu e violetto, ma dal momento che il blu è il colore che penetra più lontano attraverso l'acqua, non sorprende che esso sia il colore che l'evoluzione ha scelto sia per gli organi emittenti (fotofori) sia per quelli riceventi (gli occhi) nelle creature marine; infatti la maggior parte degli organismi sono sensibili alla luce blu in quanto mancano loro i pigmenti visivi in grado di assorbire lunghezze d'onda più lunghe (giallo, rosso) o più corte (porpora, ultravioletto); ne consegue che quasi tutta la bioluminescenza marina è di colore blu; ma esiste qualche eccezione costituita proprio dai nostri Pesci drago che riescono a produrre anche luce rossa e sono in grado di distinguerla mentre gli altri organismi non hanno tale capacità. La luce prodotta da specie quali *Malacosteus*, *Aristostomias* e *Pachystomias* ha una tale lunghezza d'onda che è quasi infrarossa e appena visibile all'occhio umano. Nelle profondità abissali la capacità di produrre luce rossa costituisce un enorme vantaggio per questi pesci; sebbene la luce non viaggi molto lontano permette loro di piombare sulle prede o di evitare potenziali predatori senza metterli nel minimo allarme. Per produrre luce rossa gli Stomidi si valgono di una combinazione di filtri e materiale fluorescente; la luce inizialmente prodotta dal fotoforo è di un rosso poco intenso, ma viene assorbita da un pigmento fluorescente all'interno del fotoforo, che prende energia e la riemette come luce rossa; prima che inizi a brillare nell'acqua, la luce viene anche filtrata finché non raggiunge una lunghezza d'onda intorno ai 705 nm. Il *Pachystomias microdon* possiede tre differenti 'fari' sotto ogni occhio; i fari con luce blu si ritiene che siano usati come degli abbagliati per vedere a grande distanza; i fari a luce rossa gli permettono di agire come un 'cecchino' del mare, mettendo a fuoco e avvicinandosi di soppiatto alle prede che vedono solo il blu.

Il *Photostomias guernei* è in grado di lampeggiare con i propri fari accendendoli e spegnendoli a piacimento; la luce emessa è tuttavia così riflettente che anche in posizione 'off' potrebbe tradire la presenza del pesce ai suoi predatori; ma a questo pone rimedio la capacità di ruotare all'interno i suoi organi luminosi quando non sono in funzione.

Gli Stomidi sono voraci predatori, ma non bisogna immaginarli quali giganteschi predatori come potrebbero far supporre le foto che ritraggono in primo piano le loro 'grandi' fauci; predatori voraci sì, ma di dimensioni alquanto ridotte poiché piccole o piccolissime sono a loro volta le prede disponibili; la maggior parte degli Stomidi, ad esempio, raggiunge al massimo i 30-40 cm.

Il più temibile ed insaziabile predatore delle profondità marine è il *Cryptopsaras couesii*, da alcuni detto anche 'rana pescatrice abissale', che si può incontrare a 3000 metri di profondità nei mari tropicali e subtropicali. Le femmine hanno un prolungamento della pinna dorsale che termina con un'escrescenza nella quale vivono in simbiosi batteri luminosi che permettono al pesce di usare questa curiosa appendice come esca luminosa facendola pendere di fronte alla grande bocca la quale, come tutto il resto del corpo, resta completamente invisibile alla preda che si avvicina attratta dalla luce. Se le specie della zona mesopelagica possono raggiungere anche i 90 cm, quelle abissali sono assai più ridotte.

La bioluminescenza viene usata da molte creature marine soprattutto come camuffamento e difesa. Alle profondità nelle quali filtra ancora la luce solare o lunare, anche se assai debolmente, la silhouette di un animale in controluce diventa una facile preda; per gli organismi mesopelagici ridurre la propria sagoma è in primo luogo una difesa contro i predatori; la bioluminescenza è usata per oscurare la sagoma dell'organismo prodotta dalla luce che scende verso il basso. Alcuni cefalopodi, crostacei decapodi e pesci mesopelagici utilizzano questa forma di camuffamento. Ad esempio, il piccolo pesce Ascia d'argento (*Argyroteleus hemigymnus*)



che può misurare dai 3 ai 12 cm, ha una serie di fotofori, ca 50, distribuiti su entrambi i lati del corpo, soprattutto nella zona ventrale, dai quali emette una luce perfettamente identica in colore ed intensità a quella che filtra dall'esterno; se una nuvola attenua la luce del sole, anche il pesce attenua la sua bioluminescenza, un trucco chiamato

contro-illuminazione ed usato da molti piccoli pesci di profondità; uguagliando l'intensità della luce da loro emessa con quella della luce proveniente dall'alto, se vista dal basso, da dove arriva la predazione, la sagoma del pesce non appare più scura ma si confonde con l'ambiente. Questi pesci si trovano normalmente a poche centinaia di metri sotto la superficie, ma il loro intero areale in profondità spazia dai 50 ai 1.500 metri.

Un vero artista della contro-illuminazione è l'*Abralia veranyi* che è in grado di cambiare l'intensità delle sue luci ventrali a seconda se sta attuando la contro-illuminazione contro la luce del sole o della luna.

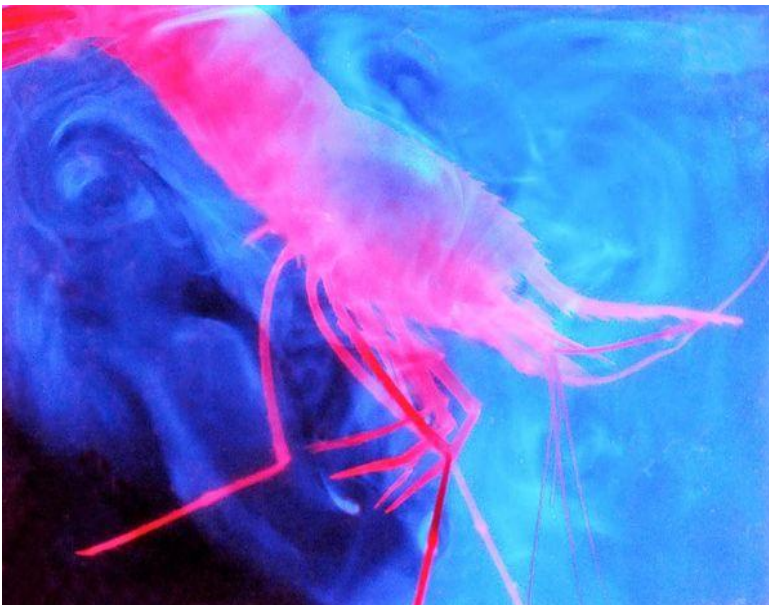
Sfuggire ai predatori in avvicinamento è un'altra funzione importantissima della bioluminescenza marina; diverse sono le tattiche messe in atto; il *Photoblepharon palpebratum* è un piccolo pesce del Pacifico che raggiunge al massimo i 12 cm; i batteri luminosi che vivono in simbiosi all'interno dei fotofori, posti sotto gli occhi, possono emettere una luce molto potente; per disorientare i predatori inviano forti lampeggi o tengono 'accesa' la luce per qualche istante, quindi la spengono cambiando velocemente direzione e facendo perdere le proprie tracce; una speciale palpebra che scorre dal basso verso l'alto permette di chiudere il fotoforo e far sparire la luce quando occorre.



Il Calamaro vampiro (*Vampyroteuthis infernalis*) è coperto interamente di organi luminosi. L'animale ha un grande controllo su tali organi, che possono disorientare gli aggressori con lampi di luce di durata variabile da una frazione di secondo a diversi minuti. Anche l'intensità e la dimensione dei fotofori può essere modulata. I fotofori si presentano come dischetti bianchi e sono più grandi e più complessi sulla punta dei tentacoli e alla base delle pinne. Come molti cefalopodi abissali, il calamaro vampiro non possiede la sacca dell'inchiostro. Se minacciato, emette invece dalle punte dei tentacoli una nuvola appiccicosa di muco bioluminescente bluastrò, che può durare quasi dieci minuti e permette al calamaro vampiro di scomparire nell'oscurità anche senza allontanarsi troppo. D'altronde, questa difesa viene usata solo in casi estremi, perché la rigenerazione del muco è impegnativa dal punto di vista metabolico.

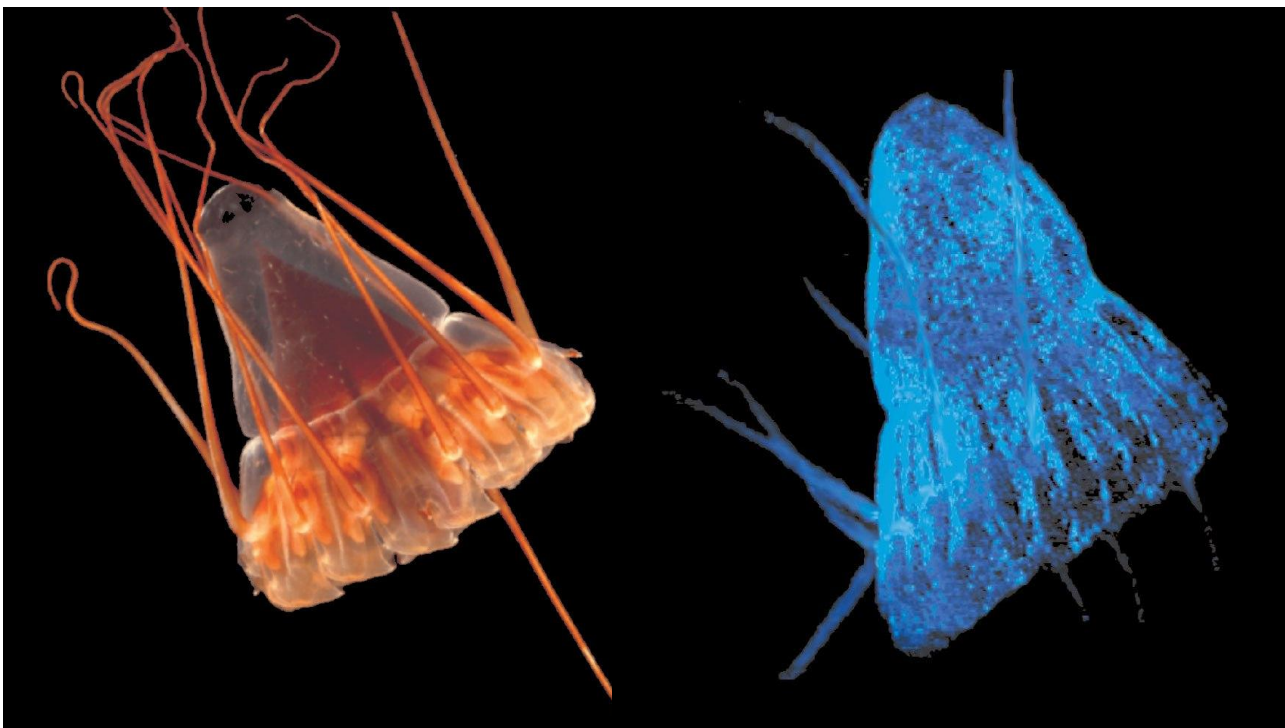
Diversamente dalla maggior parte degli altri calamari, non ha la capacità di cambiare colore, ma questa facoltà sarebbe del tutto inutile nell'ambiente buio nel quale vive.

Anche il gamberetto di profondità, *Acanthephyra purpurea*,



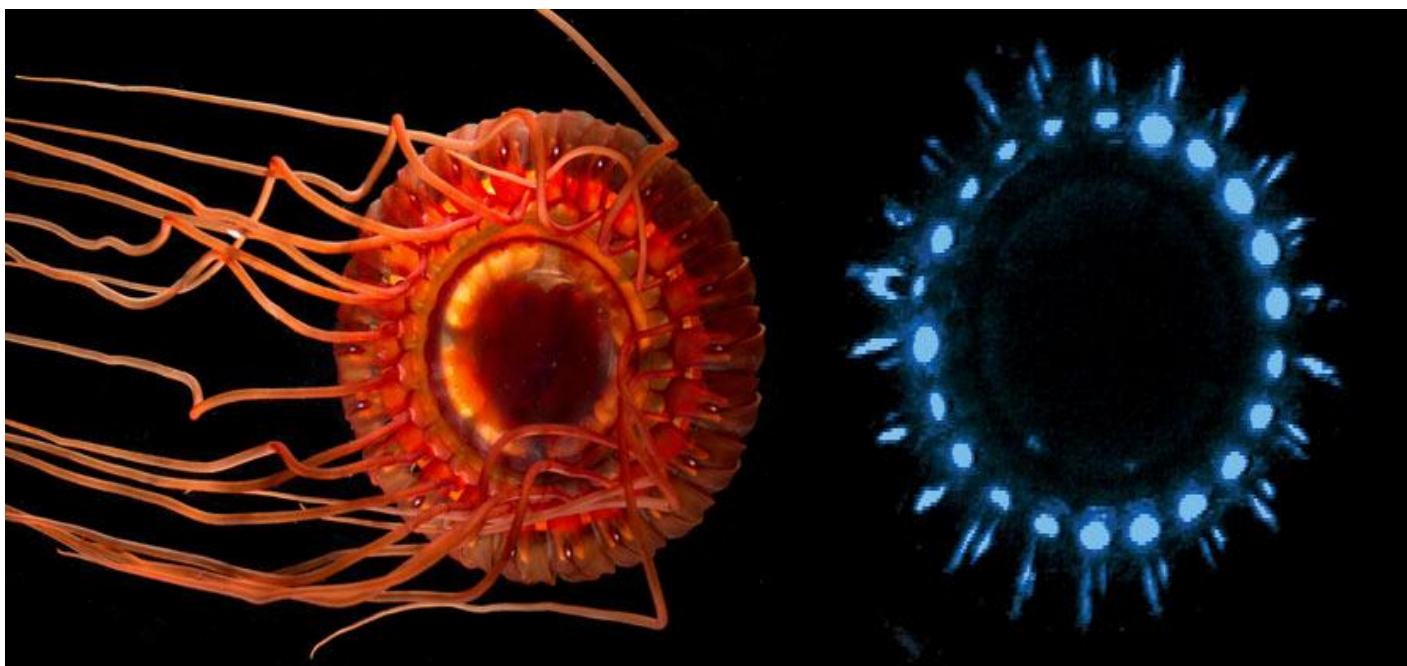
usa la bioluminescenza per distrarre od accecare i predatori; può infatti espellere dallo stomaco un fluido luminoso dirigendolo verso la faccia del suo attaccante e poi sparire nell'oscurità.

Il bellissimo polpo rosso *Stauroteuthis syrtensis* possiede circa 40 ventose modificate in organi bioluminescenti, alcuni fotofori emettono una debole luce continua, mentre altri sono molto luminosi e si accendono e spengono ad intermittenza producendo un forte scintillio; in questo modo, oltre a confondere i predatori, il polpo riesce anche ad attrarre la sua principale fonte di cibo: piccolissimi crostacei chiamati Copepodi, così comuni da essere soprannominati 'insetti del mare'. Lo *Stauroteuthis* è stato osservato in azione da uno speciale sommergibile; la sua tecnica è di di grosso pallone rosso entro il quale i Copepodi restano avvolti e vengono spinti verso la bocca del polpo. Per alcuni animali, quando vengono afferrati da un predatore, l'unica speranza di salvezza è quella di attirare l'attenzione di un predatore più grosso che a sua volta attacchi il loro predatore; è ciò che fanno la meduse *Peryphilla peryphilla*



Peryphilla peryphilla

e la *Atolla wyvillei*; queste due specie bioluminescenti, quando vengono attaccate, lanciano una serie di flash la cui funzione è quella di attirare predatori che siano più interessati nell'attaccante che in loro stesse; ciò ha valso loro l'appellativo inglese di 'alarm jellyfish'; la medusa *Atolla wyvillei* produce una girandola di luci blu che ruotano attorno al suo corpo; questo segnale luminoso si è rivelato così efficace che i ricercatori hanno costruito una versione elettronica con led a luce blu, battezzata 'e.jelly', nella speranza di attirare creature più grandi da poter studiare- pochi secondi dopo l'attivazione dei led, un specie di calamaro ancora sconosciuta ne è rimasta attratta-;la natura, ancora una volta, è stata fonte di ispirazione per nuovi congegni e strategie di studio ed esplorazione con mezzi silenziosi e non invasivi, ed è grazie a questi mezzi comandati a distanza che nel 2012 il gruppo di ricerca della famosa biologa marina Edith Wedder ha ripreso per la prima volta un calamaro gigante adulto nel suo habitat naturale.

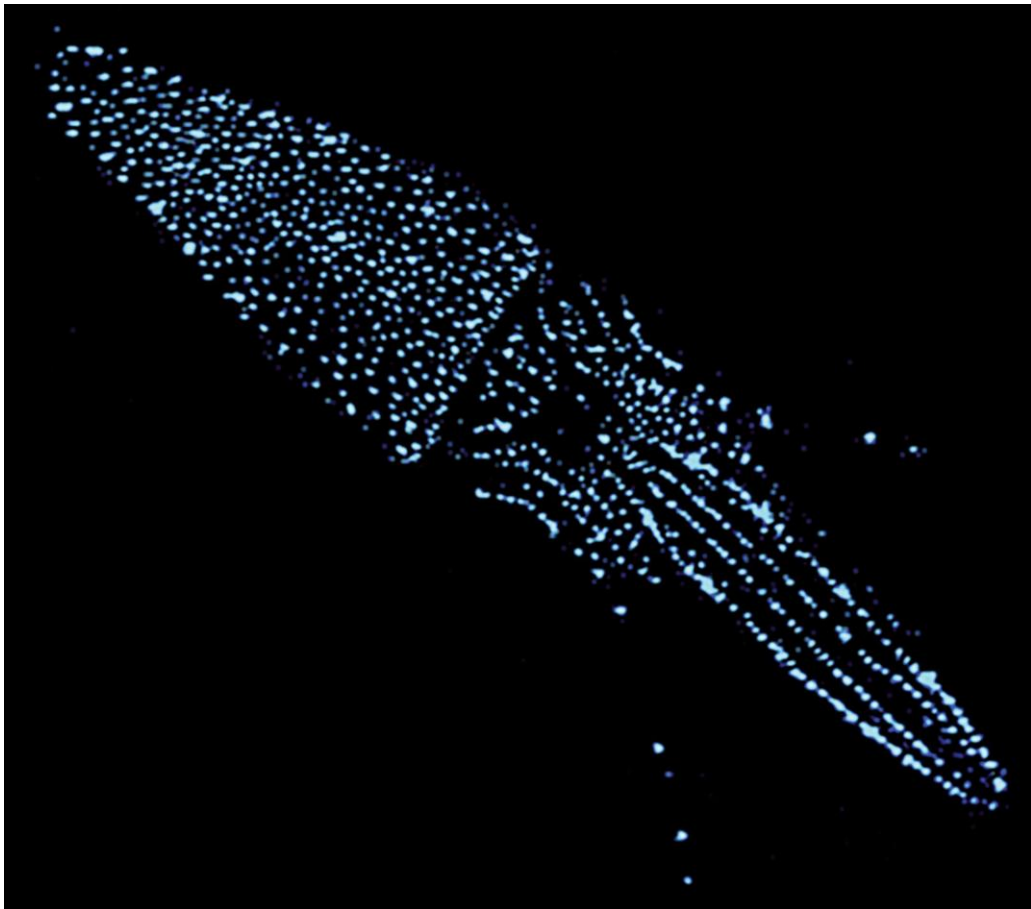


Atolla wyvillei

La funzione della loro bioluminescenza non è ancora stata chiarita, ma lo spettacolo che offrono in Giappone, in particolare nella baia di Toyama, è un fenomeno indescrivibile. Tra Marzo e Giugno milioni di 'calamari lucciola' (*Watasenia scintillans*) coprono il mare di luci scintillanti mentre risalgono verso le acque basse per procreare, l'ultimo atto di una vita che dura appena un anno; queste piccole creature, lunghe non più di 6-7 cm, vengono catturate a tonnellate dai pescatori locali, mentre quelle che giacciono a riva costituiscono un lauto banchetto per gli uccelli marini.



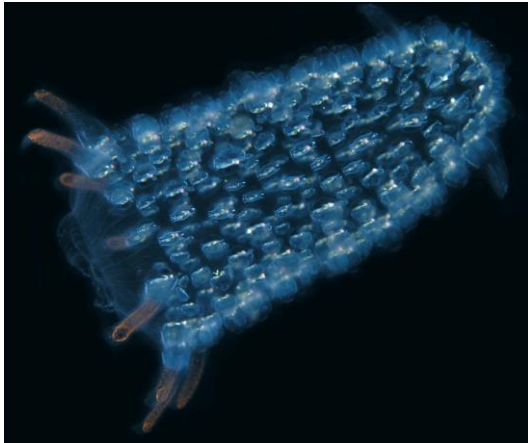
Baia di Toyama, Giappone



Camaro Lucciola: tutto il corpo è ricoperto di organi bioluminescenti

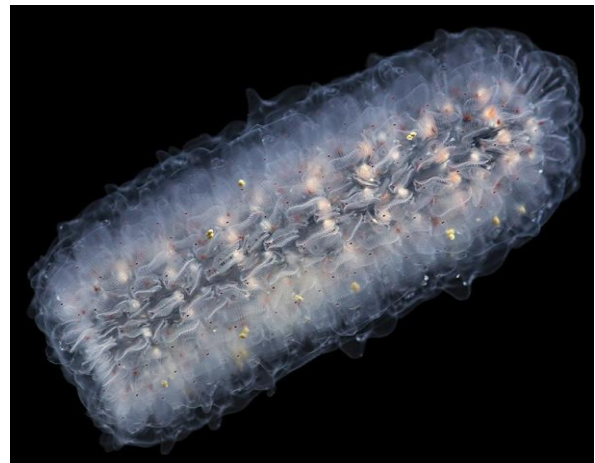
Bizzarre ed enigmatiche creature

Appartengono all'ordine dei Tunicati e i loro flash luminosi, di un azzurro-verde, sono visibili a molte decine di metri di distanza: sono i Pirosomi che con la loro forte bioluminescenza non tradiscono il significato del loro nome che deriva dal Greco *pyra* = fuoco e *soma* = corpo. I Pirosomi sono colonie di forma tubolare o conica formate da centinaia, fino a migliaia, di singoli individui noti come zoidi.



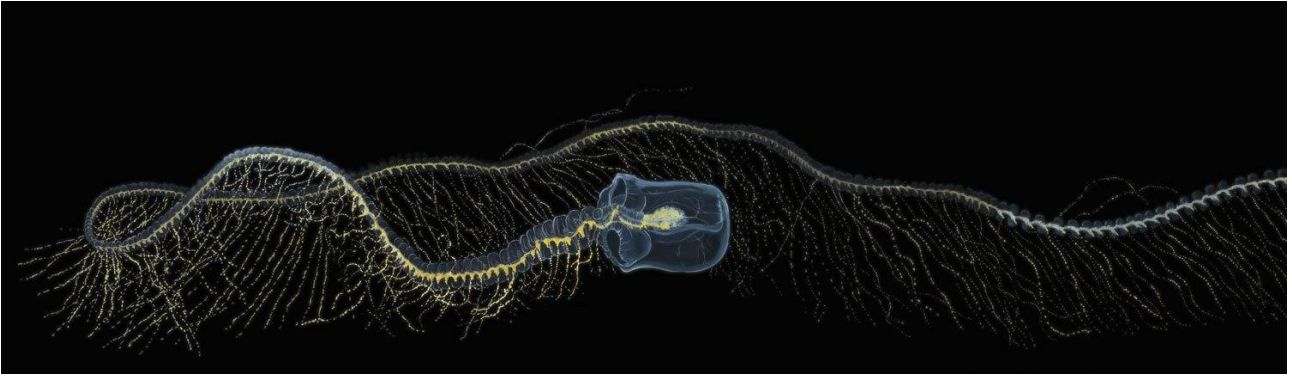
Le colonie possono misurare da 1 cm a parecchi metri di lunghezza; ciascun zooide misura pochi millimetri; una comune tunica gelatinosa unisce tutti gli individui lasciando vuoto lo spazio interno del cono o del tubo; ogni zooide ha un'apertura sia verso l'esterno che verso l'interno del 'tubo', si nutre filtrando l'acqua che preleva dal mare, ricca di microscopico fitoplancton, e che poi espelle all'interno vuoto del cilindro della colonia. Gli spostamenti dei Pirosomi sono fortemente determinati dalle correnti, dalle maree, dalle onde; tuttavia, su scala minore, si possono muovere per mezzo di una propulsione a getto che viene creata dal battimento coordinato delle ciglia branchiali di ciascun zooide.

Nei Pirosomi sono molto frequenti onde di luce che passano avanti e indietro attraverso la colonia; ciascun zooide infatti come avverte la luce la rimanda subito in risposta. Ogni zooide possiede un paio di organi posti dietro la superficie esterna della tunica, i quali sono pieni di organuli che potrebbero essere batteri intracellulari bioluminescenti. Gli zoidi che lampeggiano non stimolano solo altri zoidi all'interno della colonia ad illuminarsi, ma anche altre colonie nelle vicinanze le quali accendono la loro luce in risposta; i ricercatori hanno notato che queste colonie si illuminano anche in seguito ad uno stimolo meccanico. Saranno necessari ulteriori studi per chiarire i molti aspetti ancora sconosciuti di queste singolari creature.



Ben più singolari ed enigmatici appaiono i Sifonofori, circa 180 specie di 'cordoni' gelatinosi che possono crescere da pochi centimetri fino a 40-50 metri di lunghezza, come il *Praya dubia*, considerato la creatura più lunga del pianeta; anziché crescere come un unico corpo, i Sifonofori clonano se stessi migliaia di volte in oltre una dozzina di diversi tipi di corpi clonati specializzati, tutti legati assieme per lavorare come una squadra. In un certo modo questi corpi specializzati funzionano come organi: alcuni provvedono al movimento, alcuni si nutrono, altri sono addetti alla riproduzione.

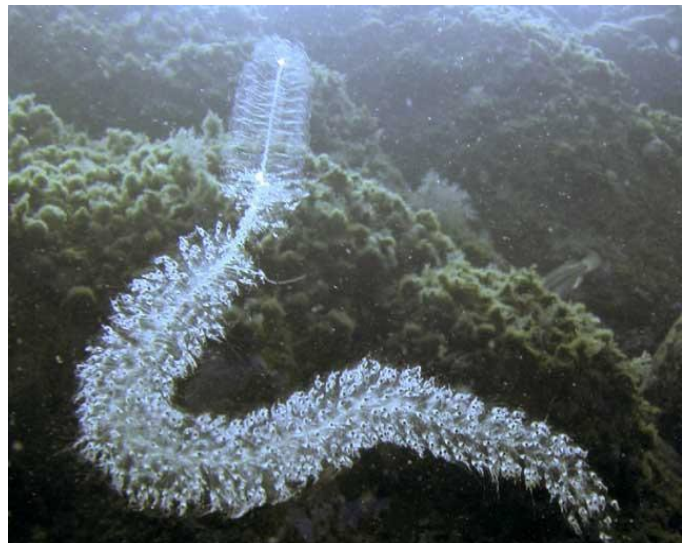
Come qualsiasi altro animale i Sifonofori hanno origine da un singolo uovo fertilizzato che si sviluppa in una piccola larva la quale ad un certo punto svilupperà i suoi primi tentacoli ed una apertura boccale; in seguito svilupperà uno stelo, vuoto all'interno, che si allungherà, e da esso inizieranno a fuoriuscire 'boccioli' che cresceranno sino a diventare corpi funzionali: originati da un unico uovo fertilizzato saranno tutti geneticamente identici. Un Sifonoforo non è quindi una colonia di organismi unicellulari, né un'aggregazione di individui che hanno formato una colonia, ma sono piuttosto da considerare come 'superorganismi' nei quali i vari corpi sono talmente specializzati che non sarebbero capaci di sopravvivere per conto proprio.



Praya dubia



Erenna spp



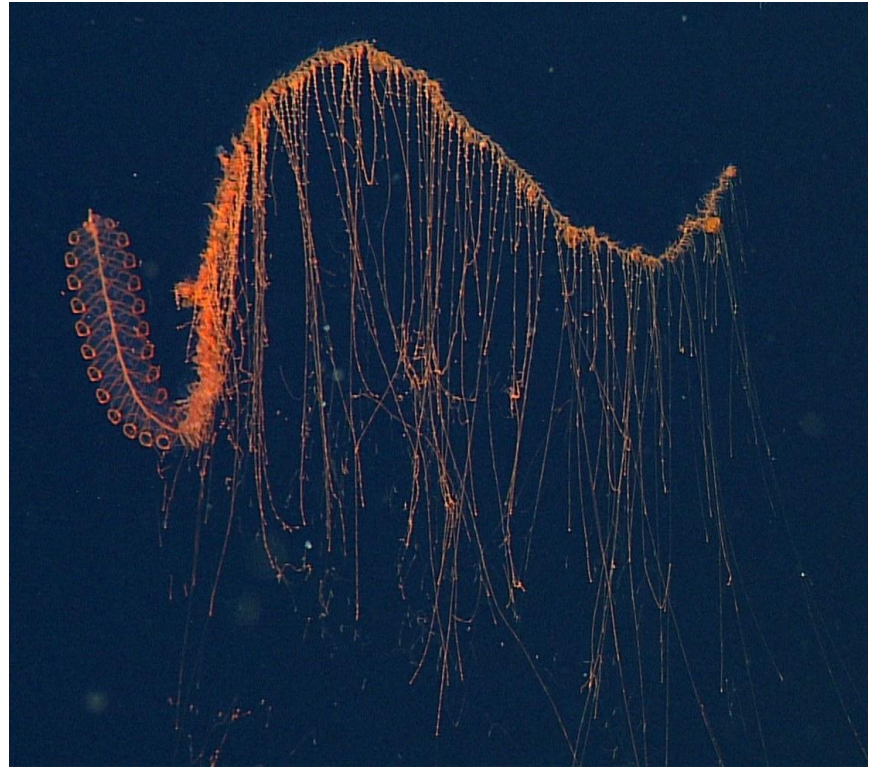
Forskalia edwarsi



Physophora hydrostatica



Stephanomia spp.



Marrus orthocanna, stadio giovanile e al massimo sviluppo, circa 2 metri

La predazione è lasciata ai corpi che possiedono tentacoli penduli che contengono potenti neurotossine; le prede vengono avvolte dal corpo addetto a nutrirsi ed una volta digerite, il nutrimento è distribuito al resto del Sifonoforo attraverso lo 'stelo'; la nutrizione è particolarmente importante per i corpi addetti alla propulsione a getto, situati all'inizio del Sifonoforo, i quali hanno bisogno di molta energia; infatti essi pompano acqua al loro interno per schizzarla fuori con forza in modo da fa muovere l'intera strana creatura. Vi sono poi i corpi addetti alla riproduzione che producono e rilasciano sperma e uova. In che modo i vari corpi individuali comunichino tra loro resta un enigma; anche se il gruppo dei Cnidari, al quale appartengono i Sifonofori, si è evoluto 500 milioni di anni fa, il loro sistema nervoso resta molto semplice; i Sifonofori hanno per tutta la lunghezza dello stelo un lungo assone (prolungamento di un neurone) che probabilmente propaga segnali da una parte all'altra dell'intero organismo; tuttavia, come avvenga realmente il coordinamento tra i vari corpi e come l'intero gruppo di corpi appaia agire come un unico animale non è

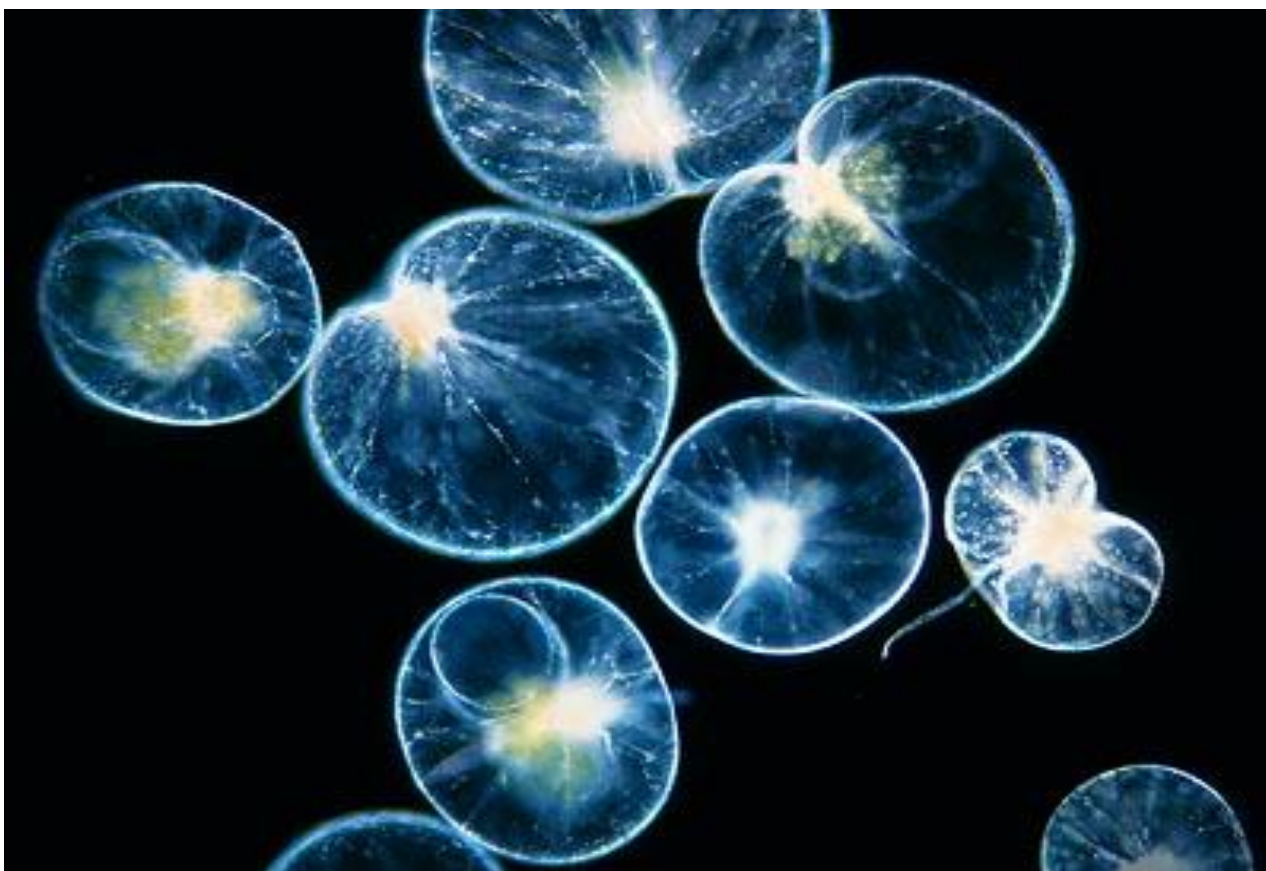
stato ancora compreso. La bioluminescenza è assai diffusa tra tutti i maggiori gruppi di Cnidari; per innescare la bioluminescenza partendo dalla celenterazina, le varie specie impiegano fotoproteine o vari tipi di luciferasi.

Il mare in ardore

Se questo fantastico mondo delle profondità marine può essere osservato da vicino solo da esperti subacquei o da batiscafi di profondità o guardando documentari in TV, il mare riserva agli occhi di moltissimi uno degli spettacoli più affascinanti offerti dalla bioluminescenza marina, da alcuni conosciuto come 'mare in ardore', 'mare in amore' o 'fuoco di mare', visibile in moltissime baie del mondo dove, in certi periodi dell'anno, le acque si illuminano di intensa luce azzurra trasformando la notte ed il mare in uno scenario magico e surreale.

Tale splendido fenomeno è dovuto alla presenza di Dinoflagellati, alghe unicellulari che producono luce nel citoplasma grazie ad una luciferina con struttura assai simile a quella della clorofilla; si illuminano per cause meccaniche – se mosse dalle onde, da un banco di pesci o dal passaggio di una barca.

La *Noctiluca scintillans*



è tra le specie più note e diffuse; oltre a creare meravigliosi spettacoli notturni, è anche responsabile delle 'maree rosse' visibili di giorno; una proliferazione abnorme di queste alghe (in un litro se ne trovano non meno di 200.000) può creare squilibri all'ambiente marino in quanto sono voraci predatrici di diatomee, il principale cibo del krill (i piccoli crostacei che compongono lo zooplancton di cui si nutrono grandi animali oceanici come mante e balene); grandi fioriture di Noctiluca possono quindi finire per affamare altri anelli della catena alimentare; inoltre una fioritura eccessiva di microalghe consuma ossigeno in tale abbondanza da causare l'asfissia dei pesci; alcune specie, alla loro morte, rilasciano tossine che avvelenano gli altri pesci; la Noctiluca rilascia grandi quantità di ammoniaca. E' il rovescio della medaglia di un fenomeno che quanto più è intenso tanto più magica fa diventare l'acqua del mare nel buio della notte.



Effetto della Noctiluca scintillans lungo la costa Svedese

Comunicazioni: La sede Sociale G.E.N.M. è in
piazza Felice Orsini, 12 - 2[^] piano - 47014 Meldola (FC)
Info: 3387492760
Sito web: www.genm.it - E.mail: info@genm.it