



L'ALBUFERA DEL BAIX VINALOPÓ¹ COM A RECURS DIDÀCTIC

Vicent SANSANO I BELSO
IES Carrús (Elx)

Aquest article pretén posar de manifest l'interès educatiu de l'albufera d'Elx; un espai proper als ciutadans i les ciutadanes des dels punts de vista geogràfic i afectiu, però no sempre ben entès i respectat des dels punts de vista natural i paisatgístic. Un espai, a més a més, estretament lligat a la història i el desenvolupament econòmic i social de la nostra comarca al llarg del temps.

L'article va adreçat, en primer lloc, als i les docents; però també els lectors i les lectores no docents poden trobar interès en la seua lectura. Des del punt de vista educatiu, s'aborden aspectes d'interès tant per a l'educació formal, com per la no formal i la informal.² I dins d'aquest àmbit educatiu se centra en aspectes relacionats amb l'ensenyament de la biologia i la promoció de l'educació ambiental. Queden de banda molts altres aspectes que haurien de ser abordats per professionals d'altres àrees com la història, l'economia, la geografia, el paisatgisme, el turisme, l'urbanisme, etc.

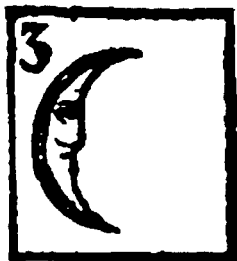
Des del punt de vista de l'ensenyament formal, la LOGSE³ estableix entre els objectius generals de l'Educació Secundària Obligatoria:

Anàlitzar els mecanismes bàsics que regeixen el funcionament del medi físic, valorar les repercussions que sobre aquest tenen les activitats humanes i contribuir activament a la defensa, conservació i millora d'aquest com a element determinant de la qualitat de vida.

¹ Fem servir aquesta expressió per denominar l'antiga albufera d'Elx que avui es troba, majoritàriament, en terme de Santa Pola.

² El terme *educació formal* fa referència a l'activitat educativa que es porta a terme a través de les institucions educatives i els plans d'estudis. El terme *educació no formal* fa referència a l'activitat educativa que es porta a terme per part d'entitats i col·lectius no educatius, com ajuntaments, conselleries, ONG, institucions privades, etc., sense plans d'estudi reconeguts oficialment. Totes dues tenen intencionalitat educativa. En canvi, l'*educació informal* és aquella que té lloc malgrat la manca d'intencionalitat educativa dels seus promotors. Seria el cas dels mitjans de comunicació, els líders d'opinió, etc., que en publicar un article o fer un reportatge o unes declaracions, etc., emeten continguts educatius de manera implícita.

³ *Vid.* Llei Orgànica 1/1990, de 3 d'octubre, d'ordenació general del sistema educatiu.



I també:

Conèixer i apreciar el patrimoni natural i cultural i contribuir activament a la seua conservació i millora, entendre la diversitat lingüística i cultural com un dret dels pobles i dels individus a la seua identitat, i desenvolupar una actitud d'interés i respecte cap a l'exercici d'aquest dret.

Segons això, en el treball docent cal anar bastant més enllà de la formació en el coneixement dels elements que conformen el medi natural i social en sentit abstracte o general. Cal aprofundir en el coneixement de la realitat immediata i en la nostra incidència, quant a col·lectiu humà, sobre aquesta. I en l'entorn immediat, tant a la nostra comarca com a bona part del nostre país, trobem les *marjals*, *aiguamolls o mulleres*; és a dir, espais on les aigües continentals o marines, o totes dues alhora, queden retingudes generant medis amfibis que contrasten netament amb els terrenys perifèrics i on es desenvolupa una flora i una fauna característiques d'aquests ambients.

Malgrat que aquests espais constitueixen ecosistemes molt singulars, que proporcionen hàbitats crítics per a milers d'espècies animals i vegetals i alhora aliment, fibres i materials per a la construcció i, a més a més, tenen un paper important en la regulació del cicle hidric, filtren la contaminació i protegeixen la costa dels estralls del mar; tan sols representen —a molt estirar— al voltant del 6% de la superfície continental a escala global. Probablement per això, rarament apareixen en els llibres de text que solen descriure els grans *biomes* continentals o oceànics, deixant de banda ecosistemes tan importants des del punt de vista natural com els esculls de corall, els estuaris, el alguers o les marjals. I, en conseqüència, tot i que les marjals puguin constituir ecosistemes fonamentals en un àrea concreta, com ara la nostra comarca, són molts pocs els professors i les professores que aborden el seu estudi amb els seus alumnes. Això explica, en part, el seu escàs coneixement i valoració per part dels ciutadans i les ciutadanes, i les institucions; com també la sobreexplotació, quan no depredació, a què es veuen sotmesos mitjançant la intensificació de les activitats, tradicionals o no, que suporten.

Al Baix Vinalopó, trobem gran quantitat d'aquests espais com ara el Fondo, les Salines, els Bassars-Clot de Galvany, l'albufera de l'Altet, el pantà d'Elx, els saladars que dominen bona part de la comarca, i altres àrees de menor extensió com el Fondet de la Senieta, o el Fondet d'Amorós que, des del punt de vista terminològic, queden inclosos dins el terme *zones humides*, àmpliament popularitzat les darreres dècades a partir del Conveni de Ramsar, redactat el 1971 a la ciutat iraniana d'aquest nom, amb la finalitat de protegir els aiguamolls arreu del món. En aquest s'adopta l'expressió francesa *zone humide* per denominar:

un conjunt de pantans, fanguissars, torberes d'aigües naturals o artificials, permanents o temporals, on l'aigua està estancada o

corrent, dolça, o salobre, o salada, com també els conjunts d'aigües marines la profunditat de les quals en marea baixa no ultrapasse els sis metres.⁴

En aquest conveni, ratificat al seu dia pel Govern espanyol, s'inclou El Fondo i Les Salines, juntament amb les llacunes de La Mata i Torrevella o les albuferes de València i l'Alcúdia de Mallorca, entre d'altres, com a espais que cal protegir pel seu interès dins l'estratègia internacional per a la conservació de les zones humides arreu del món.

Dins les zones humides hi ha diferències d'acord amb l'origen i la salinitat de les aigües, la profunditat de la làmina aquàtica o del nivell freàtic, si es tracta d'aigües més o menys estàtiques o corrents, d'inundació estacional o permanent, etc. Per a aquest treball prendrem com a model les zones humides que conformen el que se sol anomenar l'albufera d'Elx, entesa aquesta en sentit ampli, és a dir, incloent-hi a tota l'àrea immediata, de cota inferior als 10 m sobre el nivell del mar. Això inclou bona part de l'àrea central de la comarca del Baix Vinalopó i s'endinsa àmpliament en el Baix Segura; coincidint, si fa no fa, amb el que els geomorfològs anomenen *Sinus Il-licitanus*.

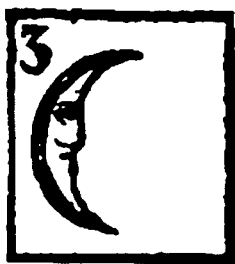
Un recurs per a l'estudi de l'ecologia

Per descriure l'estructura i la dinàmica dels ecosistemes, els materials didàctics a l'abast molt sovint fan servir models corresponents a boscos *caducifolis* més propis de l'ambient atlàntic que del nostre país. En el millor dels casos, es pren com a model el bosc *perennifoli* i *escleròfil* característic de l'ambient mediterrani; així i tot, però, des del Baix Vinalopó hauríem de "fer una visita" a la Font Roja, com a lloc més proper, on poder veure de prop el model descrit en el llibre de text. En cap cas, i per diverses raons, es prenen com a model les *timonedes* o els *espinars* que dominen a les serres de la nostra comarca o les marjals que dominen a les parts baixes. Així doncs, ensenyar ecologia al Baix Vinalopó, seguint els textos a l'abast, és fer elucubracions mentals sobre espais que els alumnes no coneixen ni formen part del seu entorn; al temps que es deixen de banda, quan no es menysvaloren, espais propers que s'haurien de conèixer per poder estimar-los i protegir-los.

En aquest context, creiem que tot i que les marjals constitueixen espais força peculiars que, des del punt de vista ecològic, tenen poc a veure amb la resta del territori, representen —atesa la seua riquesa ecològica— el millor recurs que podem fer servir els professors i les professores de Biologia en territoris àrids, com el sud del País Valencià, per educar els nostres alumnes en la dinàmica de la natura. Es té, a més a més, el recurs impagable de poder comparar, des del punt de vista ecològic, aquests espais amb les timonedes, els espinars i els conreus que els envolten i traure conclusions de gran valor didàctic. Es pot també comparar aquests espais

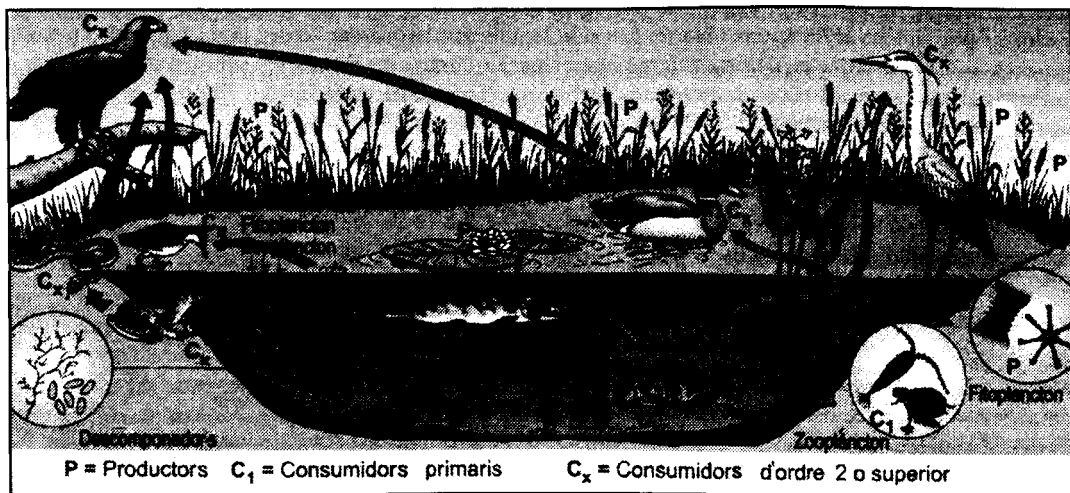


⁴ Conveni de Ramsar, article 1.



amb el bosc mediterrani, l'atlàntic, etc. i d'aquesta manera, partint del coneixement i l'estima del que és més pròxim, comprendre i estimar millor el que és més llunyà; arribant així a la idea global del conjunt de la biosfera i a la necessitat de la seua sostenibilitat.

Des del punt de vista ecològic, les marjals constitueixen un medi eminentment amfibi, caracteritzat per la poca fondària de la làmina aquàtica i la barreja intensa de terra i aigua, que formen un tot en continua evolució; de tal manera que tant el medi com les comunitats d'éssers vius que l'habiten, es troben en contínua transformació. En moltes d'aquestes àrees, com El Fondo o Les Salines, abunden els nutrients; i la llum, abundant en aquesta latitud, penetra pertot arreu, i hi constitueixen ecosistemes d'elevada *producció biològica*. Una producció, en general, bastant superior a la dels boscos tropicals i equatorials, els alguers, els esculls de corall o els estuaris que, juntament amb les marjals, constitueixen els ecosistemes més productius del planeta; i una producció molt superior a la resta dels ecosistemes aquàtics, la mitjana dels conreus o el bosc mediterrani.⁵



Xarxa tròfica d'una marjal. Imatge presa de llibres de text d'ECIR

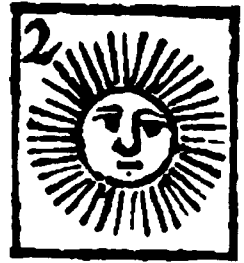
Això permet que aquestes àrees forneixen una gran varietat d'organismes, donant lloc a xarxes tròfiques molt denses i complexes, on la biomassa es recicla a gran velocitat, gràcies a la ràpida reproducció dels organismes que les componen i a la gran diversitat d'organismes descomponedors que hi existeixen.⁶

Tot plegat confereix a les marjals unes característiques molt singulars, que les fan ser un hàbitat fonamental per al gran nombre d'espècies tant animals com vegetals que hi estan adaptades, quedant lligada la supervivència d'aquestes espècies a la preservació d'aquests espais.

⁵ Vid. DDAA, *Biosfera.*, vol. I "Planeta viu" i X "Litorals i oceans", Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 1993.

⁶ Vid. DDAA, *Història Natural dels Països Catalans.*, vol. XIV "Sistemes Naturals", Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 1985.

El primer recurs didàctic que podem fer servir és l'extraordinària bellesa de les aus que habiten aquests indrets. Aus que, a més a més, són molt fàcils d'observar si fem servir els mitjans i la metodologia adequada.⁷ La simple observació de les aus, algunes d'elles d'aspecte certament exòtic, el seguiment de les seues evolucions en el seu medi natural o del seu comportament al llarg de l'any, pot representar una forta motivació tant per a l'aprenentatge de conceptes com d'actituds i procediments. Si comparem la reacció dels nostres alumnes davant una visita a les Salines o al Fondo amb la reacció que tenen davant una visita a la serra del Castellar o qualsevol altre indret de la comarca, ens adonarem ràpidament que l'interès que desperta en ells l'estudi i la conservació de la natura són molt diferents en un cas i en l'altre.



Cabrellot amb una pollada a sobre. Imatge presa de G. LLORENTE, *Els vertebrats de les zones humides dels Països Catalans*, 1988.

A partir d'ací, conceptes com el ja esmentat de *xarxa tròfica* o altres no tan immediats com el de *biòtop* i fins i tot, conceptes complexos com el de *ninxol ecològic*, resulten fàcils d'introduir; sobretot si establim comparacions amb espais immediats com les dunes, els conreus o les serres dels voltants (el Molar, Santa Pola, Crevillent, etc.)

I darrere d'aquests, els d'*hàbitat*, *competència*, *mutualisme*, *simbiosi*, *parasitisme*, *selecció natural*, *successió ecològica* i un etc., tan llarg com vulguem, es van introduint de la manera més natural davant l'avidesa de nous coneixements que es va despertant en els alumnes en la mesura que van coneixent més i millor i establint diferències entre els organismes que viuen sobre làmines d'aigua més gruixudes o més primes, entre els que sovintegen les aigües obertes o les vores cobertes de vegetació, o els saladars, etc. El coneixement d'aquests espais amfibis ens facilita, també, l'explicació posterior de la colonització del medi continental pels vegetals o els animals.

D'aquesta manera es van introduint també conceptes com els de *migració* i *canvis estacionals*. Això ens permet a més establir interrelacions entre marjals properes o distants a través de les rutes

⁷ Els instruments i la metodologia per a observar aus a les marjals són molt senzills. Uns bons prismàtics o un telescopi de terra i una bona guia de camp, acompanyats d'uns mínims coneixements sobre el que s'ha de mirar i on, com i quan s'ha de mirar, solen ser suficients per a obtenir resultats molt gratificants.



migratòries i destacar la importància de la conservació de totes elles per possibilitar aquestes migracions i, en conseqüència, l'existència dels propis organismes migradors. A més a més, si fem servir un mapa de les rutes migratòries de les aus podem fer veure clarament que les marjals dels Països Catalans formen part d'una xarxa que dona suport a una de les rutes migratòries més importants a escala global.

Un recurs per a l'estudi de les adaptacions

L'estudi de les adaptacions anatòmiques i fisiològiques que fan servir els éssers vius per poder traure el millor partit dels espais que colonitzen, té també gran valor educatiu. Són moltes i variades les adaptacions d'aquest tipus que es poden observar de manera directa o posar de manifest amb facilitat, estudiant els organismes que viuen a les làmines d'aigua o els saladers.



Ninxol ecològic de quatre garses que es poden observar al Fondo. Imatge presa dels llibres de text d'ECIR.

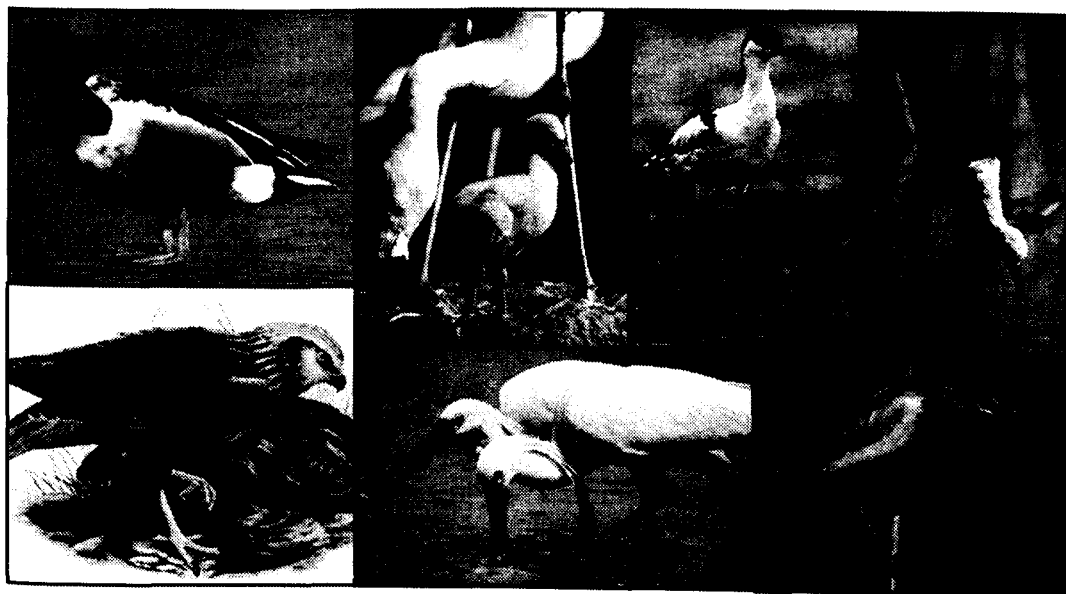
Entre les adaptacions de tipus anatòmic que més criden l'atenció cal destacar, en primer lloc, les adaptacions dels becs i les potes de les aus als diferents tipus de nutrició i als medis on desenvolupen la seua activitat.⁸

També els vegetals presenten adaptacions anatòmiques que resulten fàcils d'observar, com és el cas de la pèrdua de les fulles que es produeix en el joncs i en moltes barrelles. En altres ocasions simplement es redueix el tamany de les fulles. Aquestes adaptacions —la pèrdua de la fulla o la reducció del seu tamany— constitueixen adaptacions davant la salinitat

⁸ Vid. DDAA, *Història Natural dels Països Catalans*, vol. XII "Ocells", Barcelona, Enciclopèdia Catalana, 1985.

dels sòls. L'estratègia d'aquestes plantes consisteix en el fet que, a menor transpiració, menor absorció d'aigua per les arrels i, per tant, menor absorció de sals del sòl. Per això redueixen la superfície transpiradora de les fulles o prescindeixen totalment d'aquestes i les tiges assumeixen la funció fotosintètica.

Algunes adaptacions de tipus fisiològic són també fàcils de posar de manifest. Per exemple, el fet que entre les espècies característiques dels saladers abunden les anomenades plantes C_4 ; un tipus de plantes que posseeixen una lleugera variació en el procés de fixació del CO_2 durant la fase fosca de la fotosíntesi, respecte de les espècies habituals en la nostra vegetació que reben el nom de plantes C_3 . Les plantes C_4 són més eficients des del punt de vista fotosintètic⁹ que les C_3 i, per aquest motiu, aconsegueixen un avantatge adaptatiu sobre aquestes en determinats ambients de condicions dures per als vegetals, com és el cas dels saladers.



D'esquerra a dreta, dalt: cullerot, flamenc, bec d'Alena i cames-llargues. Baix: arpella, bec-pla i martinet ros. Composició de l'autor sobre imatges d'Enciclopèdia Catalana i Editorial Pòrtic

En aquest cas l'avantatge consisteix que, en ser la fotosíntesi més eficient, necessiten consumir menor quantitat d'aigua i, en conseqüència, acumulen menor quantitat de sals.

Fins i tot es pot fer que els alumnes paren la seua atenció sobre determinats fenòmens com l'aspecte blanquinós que sovint tenen les ensopegueres o els tamarius, que reflecteix l'existència en les fulles de glàndules que excreten l'excés de sals. O la suculència que adquireixen les soses com a conseqüència de la gran quantitat d'aigua i sals que

⁹ Vid. RAWN, *Bioquímica*, vol. I, Madrid, Interamericana McGraw-Hill, 1989.



acumulen en cèl·lules força voluminoses, fins que es produeix la mort d'algunes parts de la planta —i això també és fàcil d'observar— amb la finalitat que pugui seguir vivint la resta.

Tot plegat ens porta a prendre consciència que tant les plantes dels saladars com els animals, els bacteris i altres organismes que viuen a les basses salineres en aigües amb forta concentració salina, han de fer front a importants diferències de pressió osmòtica que tendeixen a deshidratar-los i a impedir la incorporació de l'aigua i els nutrients que necessiten per a la seua activitat vital. Per fer front a aquest problema, els diferents grups d'organismes recorren a estratègies tan diverses com enginyoses, que tenen gran valor didàctic per a explicar la importància dels processos osmòtics en els éssers vius.¹⁰ Aquest fenomen, l'*osmosi*, se sol explicar sovint mitjançant exemples teòrics i hipotètics que tenen poc a veure amb la realitat. Ací tenim a l'abast un bon nombre d'exemples ben documentats d'organismes que juguen papers ecològics importants a les nostres marjals, com és el cas de les barrelles esmentades, o del crustaci *Artemia salina* que serveix d'aliment als flamencs, o les algues i cianobacteris que viuen a les basses d'elevada concentració salina.¹¹ Qualsevol d'aquests exemples, situat en el seu context, resulta més gràfic i motivador que les elucubracions que fem sovint per explicar l'osmosi als alumnes.

Un recurs per a l'estudi dels processos vitals bàsics

A les basses salineres, l'elevada concentració salina imposa condicions molt dures per als éssers vius que hi intenten instal·lar-se. Aquests i altres ambients adversos per a la vida, han permès l'arribada fins a l'actualitat d'organismes i comunitats d'organismes molt primitius que han estat desplaçats dels ambients més propicis per organismes més recents i millor adaptats. Alguns d'aquests organismes constitueixen comunitats bàsiques per als equilibris ecològics de tot l'ecosistema de les salines, com és el cas dels anomenats *tapissos microbians*. D'altres constitueixen autèntics *fòssils vivents* que ens permeten visualitzar l'evolució dels éssers vius. En qualsevol cas, es tracta d'organismes molt interessants des del punt de vista científic i didàctic, perquè ens permeten conèixer millor i ensenyar els processos vitals més bàsics. A més a més, sovint, es troben aplicacions sorprenents per a alguns d'aquests organismes en els camps de la producció industrial, l'enginyeria genètica o les ciències mèdiques. Vegem-ne alguns exemples.

Els tapissos microbians són comunitats bacterianes que cobreixen el fons dels estanys de manera similar a com ho faria una catifa. Les espècies que componen aquestes comunitats varien d'acord amb la salinitat de les aigües tal com mostra la taula 1.

¹⁰ Vid. DDAA, *Biosfera*, vol. X, Barcelona, Enciclopèdia Catalana, 1993.

¹¹ Vid. DDAA, *Història Natural dels Països Catalans*, vol. IV, IX i XIV, Barcelona, Enciclopèdia Catalana, 1985.



SALINITAT	PRECIPITACIÓ	ORGANISMES
36-70 grs/l	Sedimentació carbonatada i de detrits de matèria orgànica	Taques denses de <i>Rupia maritima</i> i de les clorofícies <i>Enteromorpha</i> i <i>Cladophora</i> . Tapis floculós dels cianòfits <i>Lyngbya</i> i <i>Microcoleus</i> i nombroses diatomees (<i>Nitzschia</i> , <i>Gyrosigma</i> , <i>Siriatella</i> , <i>Mastoglia</i>). Peixos, gasteròpodes, foràmionífers, ostràcodes, poliquets, larves de dípters <i>Ephydra</i> , <i>Chironomus</i> .
70-140 grs/l	Sedimentació carbonatada	Tapissos laminats de cianobacteris (<i>Microcoleus</i> , <i>Spirulina</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i>), amb bacteris fotosintètics, diatomees i d'altres. Ja no hi són presents les fanerógames ni els animals abans esmentats.
140-325 grs/l	Precipitació del sulfat càlcic	Tapís mucós de cianobacteris crococals (<i>Aphanotece</i>) i filamentosos (<i>Phormidium</i>) i bacteris fotosintetitzadors vermells del sofre i halòfils (<i>Chromatium</i>) en poblacions denses; ja no hi ha diatomees. A l'aigua lliure dominen l'alga clorofícia flagel·lada <i>Dunaliella salina</i> i el fílòpode <i>Artemia salina</i> . A concentracions salines pròximes a 250 grs/l es formen doms de guix selenític d'entre 10 i 50 cms de diàmetre i alguns centímetres d'alçada, on es disposen diferents grups de cianobacteris segons els seus requeriments fotosintètics. A concentracions salines compreses entre 300 i 325 grs/l hi ha una fase de transició on es desenvolupen precipitats efímers de guix-halita. Hi dominen <i>Dunaliella</i> i <i>Halobacterium</i> que donen una tonalitat rosada a l'aigua.
325-370 grs/l	Precipitació de l'halita	

Taula 1. Principals comunitats d'organismes aquàtics de les basses salineres en funció de la salinitat. Elaboració pròpia.

Es tracta de comunitats bacterianes estratificades, en les quals els organismes dels estrats més superficials són, generalment, cianobacteris; mentre que per sota hi ha una varietat de bacteris vermells i verds del sofre que també són fotosintètics —i, per tant, productors primaris— encara que no produeixen oxigen. Per sota d'aquests i barrejats amb ells creixen organismes heteròtrofs anaerobis. Tots aquests organismes interaccionen els uns amb els altres constituint una estructura entreteixida que anomenem tapís o tapet bacterià.¹²

Tot i que aquestes comunitats són molt interessants tant des del punt de vista ecològic com científic i malgrat que la seua existència ja va ser intuïda per Darwin, que va fer anotacions al seu diari sobre algunes observacions realitzades en llacs salats de la Patagònia durant el seu viatge en el Beagle;¹³ aquestes comunitats no han pogut ser estudiades fins a la dècada dels setanta del segle XX, després del desenvolupament del microscopi electrònic i la micropaleontologia.

¹² Vid. C. STOCK, *Tapices algales precámbricos*, Investigación y Ciencia, núm. 229, octubre de 1995, Barcelona, Prensa Científica SA.

¹³ Vid. Ch. R. DARWIN, *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*, "Biblioteca de viajes", Madrid. Ediciones Grech SA, 1989 p. 70-72.



Avui dia es considera que aquests tapissos microbians constitueixen estructures similars a les comunitats d'estromatolits descobertes a Shark Bay en la costa nord-occidental d'Austràlia a finals de la dècada dels cinquanta, quan se'ls creia desapareguts des de feia 500 milions d'anys.¹⁴ Els estromatolits no solament són els fòssils vivents més antics que es coneixen, sinó que, a més a més, han estat presents en la biosfera al llarg de tot el procés evolutiu; perquè a aquest grup pertanyen els fòssils més antics coneguts amb més de 3.500 milions d'anys d'antiguitat. Des d'aquest punt de vista, els tapissos microbians de les llacunes costaneres, com les de l'albufera d'Elx, constitueixen comunitats biòtiques d'extraordinari interès científic i didàctic, perquè ens permeten estudiar i explicar com es desenvolupen, ara mateix, organismes i processos similars als que protagonitzaren les primeres etapes de la vida sobre el planeta Terra.



Tapissos microbians. Imatge Enciclopèdia Catalana

Un altre exemple interessant és el dels *arqueobacteris halofilics extrems* que donen tonalitats rosades a les basses salineres, perquè posseeixen una proteïna d'aquest color anomenada *bacteriorodopsina*. Són bacteris que requereixen condicions d'extrema salinitat per poder desenvolupar-se i donen lloc a ecosistemes d'elevada productivitat en les llacunes, llacs i mars salats d'arreu del món.¹⁵ Són molt interessants des del punt de vista científic perquè, a banda de ser organismes adaptats a un ambient extremadament dur per a la vida, són arqueobacteris, és a dir, organismes molt antics des del punt de vista evolutiu, amb un model d'organització cel·lular propi, diferent al dels organismes eucariots i al dels bacteris; i perquè, a més a més, la bacteriorodopsina els confereix una peculiaritat fisiològica tan interessant des del punt de vista científic com singular dins dels éssers vius.

¹⁴ Vid. DD.AA., *Biosfera*, vol. I, Barcelona, Enciclopèdia Catalana, 1993.

¹⁵ Vid. BROCK *et al.*, *Biología de los microorganismos*, Madrid, Prentice Hall Inc., 1997.

Els ambients d'elevada concentració salina i elevada temperatura, són pobres en oxigen. Els organismes *extremòfils*, com ara *Halobacterium salinarium*, poden habitar aquests ambients perquè són anaerobis facultatius gràcies al fet que la bacteriorodopsina és un pigment no fotosintètic que, igual que la clorofil·la, permet obtenir energia directament de la llum, mitjançant un procés de transport actiu que es fa servir per bombejar protons en contra de gradient. Posteriorment aquests protons, igual que ocorre en la fotosíntesi i en la respiració, travessen una membrana a favor de gradient gràcies al complex ATP-sintetasa que aprofita l'energia alliberada pels protons per sintetitzar ATP.¹⁶ Aquest mecanisme d'obtenció d'energia sols ha estat observat en halobacteris extremòfils.



Halobacterium salinarium. Imatge presa de BROCK, *et al.*, Biología de los microorganismos, Madrid, Prentice Hall Inc, 1997.

No s'acaba aquí, però, l'interès d'aquests organismes. D'una banda, aquests organismes juntament amb altres que viuen també a elevada salinitat, encara que no extrema, i donen coloracions diverses a les basses salineres, afavoreixen l'absorció solar incrementant notablement la temperatura de l'aigua fins arribar, de vegades, quasi als 100 °C; la qual cosa, afavoreix l'evaporació d'aquesta i la cristallització de la sal i per consegüent, l'explotació salinera. D'altra banda, però, aquest mateix fet confereix a la bacteriorodopsina una altra propietat singular. Aquesta proteïna, com era d'esperar, manté les seues propietats biològiques fins a temperatures superiors als 100 °C; fet força singular, ja que com tothom sap, les proteïnes generalment es desnaturalitzen a temperatures molt inferiors, i perden les seues propietats biològiques.

La capacitat de respondre davant la il·luminació, unida a l'estabilitat tèrmica i fotoquímica, ha fet que els científics hagen parat la seua atenció en la bacteriorodopsina, considerant-la una substància molt avantatjosa per a l'emmagatzemament d'informació. Avui, gràcies a aquest material, s'assagen prototipus de memòria d'ordinador d'alta densitat, de grandària molt inferior als actuals, unes mil vegades més ràpids, de baix cost econòmic i esperem que també de baix cost ambiental.

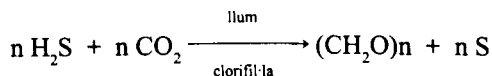
També s'assaja avui dia la possible utilització de la bacteriorodopsina com a element fotosensible en retines artificials, dissenyades

¹⁶ Vid. F. VALERA *et al.*, *Halobacterias*, Investigación y Ciencia, núm. 79, abril de 1983, Barcelona, Prensa Científica S.A.

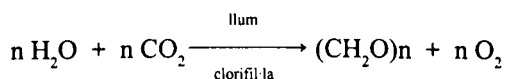


per curar determinats tipus de ceguesa. Cal tenir en compte que aquesta substància rep el nom de bacteriorodopsina per la similitud de la seua estructura química i les seues propietats amb les de la *rodopsina* o *pigment visual*, que hi ha en els *bastons* de la retina dels vertebrats i que permet l'excitació d'aquestes cèl·lules gràcies a la seua resposta davant a la llum.

No és necessari, però, recórrer a aquests ambients extrems per trobar organismes interessants des del punt de vista didàctic o científic a les nostres marjals. Fins i tot en ambients fortament *eutròfics*, com és el cas dels embassaments del Fondo,¹⁷ s'hi poden trobar exemples interessants de bacteris cianòfits filamentosos, entre els quals destaca *Oscillatoria limnetica*, que també es considera un fòssil vivent en el sentit que exemplifica el que es creu que foren els primers cianobacteris del precambrià:¹⁸ és capaç de viure com un bacteri anaeròbic fotosintetitzador, fent servir el sulfur d'hidrogen com a donador principal d'hidrogen, tal com fan els bacteris verds i purpuris del sofre



però quan hi ha oxigen suficient és capaç d'utilitzar l'aigua com a donador d'hidrògens,



que és el que fan la majoria dels cianobacteris actuals,¹⁹ les algues i els vegetals.



Oscillatoria limnetica. Imatge Enciclopèdia Catalana

L'estudi d'aquest organisme ha portat avui dia a la interpretació que, probablement, la necessitat d'obtenir hidrogen d'una font alternativa, davant l'escassetat creixent d'hidrogen lliure en l'atmosfera del precambrià, conduí a l'aparició de la fotosíntesi oxigènica amb la utilització de l'aigua com a donador d'hidrògens. Sembla que foren els

¹⁷ Vid., *Història Natural dels PPCC*, vol. IV i XIV. *op. cit.*

¹⁸ Vid., *Biosfera*, vol. I, *op. cit.*

¹⁹ Vid., BROCK, *op. cit.*

cianobacteris, possiblement mutants dels bacteris del sofre, els pioners de l'experiment, i es pensa que organismes d'aquest tipus foren majoritaris en la biosfera precambriana i que posteriorment quedaren desplaçats per altres organismes més hàbils en la realització de la fotosíntesi; quedant així restringits a aquests medis.²⁰

Aquest canvi, aparentment sense importància, en la substància que feien servir aquests organismes com a donador d'hidrògens, amb el temps ha esdevingut un canvi de gran magnitud que ha transformat totalment l'atmosfera, la hidrosfera, la geosfera i ha condicionat extraordinàriament l'evolució dels éssers vius. I tot plegat sense buscar-ho; tan sols com a efecte de l'eliminació d'una deixalla. Efectivament, quan els cianobacteris comencen a fer servir l'aigua com a donador d'hidrògens, comencen a produir oxigen com a subproducte; una substància altament corrosiva que ataca les proteïnes i altres molècules vitals i de la qual s'han de desprendre el més ràpidament possible. D'aquesta manera comença un procés de transformació de l'entorn que portarà al canvi de l'atmosfera de reductora a oxidant, a l'oxidació de les roques de la superfície terrestre, a la precipitació de gran quantitat de substàncies dissoltes en les aigües dels mars i oceans, fent les aigües més transparents, a la desaparició o desplaçament de nombroses espècies d'éssers vius que no són capaços de tolerar l'oxigen, l'aparició i proliferació d'altres éssers vius que no sols toleren l'oxigen sinó que, a més a més, en trauen gran partit, etc.

Tot plegat ens permet, d'una banda, visualitzar l'evolució del procés fotosintètic en un organisme que viu a prop nostre; i d'una altra banda, introduir el concepte de *complexitat*²¹ i la necessitat d'interpretar la natura com un sistema complex. Com un sistema format per múltiples parts que s'interrelacionen entre elles, mitjançant relacions complexes que provoquen *limitacions* i *emergències* al sistema, i en el qual un canvi insignificant, amb el temps, pot repercutir àmpliament sobre tot el conjunt. Una idea aquesta molt important en l'ensenyament de la biologia, les ciències ambientals i les ciències en general.

No s'acaba ací, però, l'interès educatiu de l'albufera d'Elx. Al començament d'aquest article s'han apuntat importants aspectes que s'han deixat de banda deliberadament; però també dels aspectes tractats es podrien trobar molts més exemples interessants. És per això que m'he decidit a escriure aquest article, amb la intenció d'animar els professors i les professores i els professionals dels diferents àmbits a aprofundir en el coneixement d'aquest espai i a traure'n partit. Probablement hi trobaran més coses de les que esperen trobar; i en cas que no fora així, sempre els quedarà el plaer de la recerca.

En qualsevol cas, no ha estat tampoc objecte d'aquest article explorar les possibilitats de l'albufera per al treball interdisciplinar. Es evident



²⁰ Vid. C. STOCK, *op. cit.*

²¹ Vid. E. MORIN, *El Método. La naturaleza de la Naturaleza*, Madrid, Càtedra, 1993.



que al voltant de l'albufera es poden trobar molts espais de convergència entre les diferents àrees educatives. Tan sols cal definir el que volem i posar-nos a treballar-hi.

ALGUNES NOTES COMPLEMENTÀRIES

- a. Per accedir als parcs naturals de les Salines o del Fondo, cal adreçar-se als respectius centres d'informació o, millor encara, concertar la visita —imprescindible si es tracta d'un grup— trucant als telèfons corresponents. El Centre d'Informació del Parc Natural de Les Salines es troba al Museu de la Sal, a Santa Pola, i el seu telèfon és el 966 69 35 46. El Centre d'Informació del Parc Natural del Fondo es troba en construcció en aquest moment, a la pedania de Sant Felip, a Crevillent; tot i això, es pot concertar la visita trucant al telèfon 966 67 85 15. En tots dos parcs existeixen monitors/es que ens poden acompanyar i donar-nos les explicacions pertinents durant la visita.
- b. La Conselleria de Medi Ambient ha editat fullets i altres materials amb diferents continguts educatius que es poden fer servir pels professors i les professores amb els seus alumnes. També s'hi poden fer servir materials elaborats a altres parcs naturals de zones humides com el PN del Delta de l'Ebre, el PN dels Aiguamolls de l'Empordà, el PN de l'Alcúdia de Mallorca o tants d'altres. Tot i això, però, el nostre consell és que, si és possible, cada professor o professora, departament didàctic, col·lectiu, etc., elabore la visita i els materials que necessita d'acord amb les seues circumstàncies particulars: nivell dels alumnes, assignatura, context, etc. Per a aquesta tasca es pot partir de la bibliografia citada al llarg de l'article o dels materials elaborats als parcs, conselleries i altres institucions públiques o privades.
- c. També es poden trobar materials d'interès sobre les nostres marjals a través d'AHSA, bé connectant amb la seua pàgina web, <http://www.geocities.com/RainForest/3249> o contactant amb ells mitjançant l'adreça: silene.fmrppv@xarxaneta2.org
- d. Per a aquest i altres temes relacionats amb la natura els interessats es poden adreçar a la Institució Catalana d'Història Natural (ICHN), en <http://www.iec.es/ichn>, adreça electrònica: ichn@iec.es que organitza cursets naturalístics, sessions científiques, seminaris de gestió ambiental, etc., sobre temes diversos, com ara el curs organitzat fa uns mesos sobre Introducció a l'ecologia microbiana del delta de l'Ebre. Els tapissos microbians.
- e. En qualsevol cas, us podeu adreçar també, si us ve de gust, a l'autor d'aquest article a través de l'adreça electrònica: vsansano@teleline.es