

REHABILITACIÓ DEL MEDI AQUÀTIC DE S'ALBUFERA DE MALLORCA

A. MARTÍNEZ-TABERNER, J. MAYOL & M. RUIZ-PÉREZ*

MARTÍNEZ-TABERNER, A., MAYOL, J. & RUIZ-PÉREZ, M. (1995): "Rehabilitació del Medi Aquàtic de S'Albufera de Mallorca". *S'Albufera de Mallorca*. (Monografies de la Soc. Hist. Nat. Balears, 4). Pp. 215-228. ISBN. 84-273-6506-3. Ed. Moll, Palma de Mallorca.

En el segle passat S'Albufera va arribar a esser totalment transformada en terres de cultiu per motius de salubritat i econòmics. En l'actualitat les funcions de l'àrea són les pròpies d'un parc natural, però els seus biòtops estan fortament influïts per l'antiga transformació. S'ha de considerar un sistema artificial on predominen les comunitats de macròfits emergents i els canals de dessecació sobre les superfícies d'aigües lliures.

S'analitzen estratègies diferents de gestió i es proposa la rehabilitació d'aigües lliures incidint en tres aspectes.

a.- Anàlisi i eliminació de pertorbacions actuals sobre el medi lòtic i el medi lenític.

b.- Utilització de pastures per incrementar la superfície d'àrees d'inundació semipermanent.

c.- Apertura de nous estanys amb diferents comunitats vegetals submergides, les quals ens donaran una producció primària diversificada. El disseny d'apertura d'estanys es fa en funció de la predicció de la composició més probable d'espècies macròfitiques de qualsevol àrea que es rehabiliti com a sistema aquàtic obert i permanent. Aquesta predicció pot esser utilitzada com un factor més per a determinar la localització d'àrees aquàtiques no repetitives.

Paraules clau: Macròfits aquàtics, aiguamolls litorals, rehabilitació d'ecosistemes, Illes Balears

REHABILITATION OF THE AQUATIC ENVIRONMENT IN THE ALBUFERA OF MALLORCA. The concern for health and food needs in the last century have prompted the drainage of the Albufera. Now the appropriate functions of the area are as a natural park but its biotope is highly changed. Must be considered an artificial system where emergent macrophyte communities are dominant and where the drainage canals are most important than the surfaces of free waters.

Are analyzed some management strategies and the rehabilitation of open waters is proposed by means three steps.

a.- The removal of factors disturbing the present status of the lotic and lentic environments.

b.- The use of grazing as a method for increasing the surface of intermittent waters.

c.- The drainage to make new lagoons as a funtion of prediction of the most probable submersed macrophyte species composition for different area of the Albufera. This prediction may be used like a factor determinin location of the aquatic non repetitive areas for rehabilitation into the natural parc.

Keywords: Aquatic macrophytes, coastal marshes, rehabilitation, ecosystems, Balearic Islands.

* Dpt. de Biologia Ambiental, UIB, Carretera de Valldemossa km 7.5, 07071 Palma de Mallorca.

INTRODUCCIÓ

Quan les aigües arriben a les parts baixes de les conques hidrogràfiques, una vegada que han perdut energia potencial, tendeixen a crear estructures divergents, al contrari de la pauta observable a les parts altes on predomina la convergència de les aigües (MARGALEF, 1983). Dins aquestes estructures divergents s'accentua la deposició de sediments i s'esmorteeix la velocitat de l'aigua, que de tota manera està sotmesa a la climatologia local. En el cas que ens ocupa la pluviometria és la torrencial pròpia de la Mediterrània. Resumint, ens trobam a llocs ecològicament rics en nutrients del rentat de la conca i emmarcats dins estructures físiques poc persistents i poc previsible.

Aquesta tendència de les aigües a divagar ocupant la màxima superfície mentre s'acosten a la mar, fa possible que la frontera entre els dos medis aquàtics (epicontinental i marí) sigui gradual (CLEMETS, 1920; SHELDON, 1963; LEEWEN, 1966). A la vegada la vegetació terrestre que envolta aquests ecosistemes desapareix donant pas als helòfits i aquests als macròfits submergits; finalment, dins masses d'aigua de certa fondària, predominen les comunitats planctòniques. Es dona així una triple interfase, terrestre, aquàtica epicontinental i marina, on els organismes representen les microvellositats que relacionan de forma suau els tres ambients.

Una albufera és un sistema transitori entre el medi marí original i el medi terrestre, cap al qual hi ha una tendència natural ocasionada per reblliment sedimentari i successió ecològica. Es tracta d'una estructura de retenció de sediments (inorgànics i orgànics), l'eficiència de la qual depèn de diversos factors, sobretot de l'energia cinètica de l'aigua i la càrrega de sediments i de nutrients.

L'essència d'un lloc com S'Albufera de Mallorca és el joc de forces dels diferents medis dins el gradient que imposa la tendència a la divagació de les aigües. En darrer terme la pressió d'un o l'altre, això és, el valor aproximat de la seva interrelació, serà una funció semblant a la tensió superficial (MARGALEF, 1974) i les estructures

resultants, que no són ni caòtiques ni euclidianes, seran potencialment ordenables pel seu valor de dimensió fractal (PHILLIPS, 1985; MANDELROT, 1982).

En termes generals, l'acció humana accelera el procés natural de reblliment i desaparició del medi palustre. Històricament, l'erosió per causes antròpiques incrementa la càrrega de sediments; diversos factors, igualment artificials, incrementen l'eutrofia de les aigües, i la retenció o disminució del flux (l'aigua és retinguda per regs, desviada a canals o simplement embalsada) disminueix l'energia cinètica. Es dona una retroacció positiva entre els diversos factors ja que el reblliment facilita la creixença d'helòfits, i aquests obstaculitzen el flux d'aigua, que perd energia i sedimenta la seva càrrega.

S'Albufera ha conegut en els darrers dos-cents anys uns canvis morfològics molt accentuats. Com es pot veure al mapa de Mallorca del Cardenal Despuig, al segle XVIII era una albufera clàssica, és a dir, una llacuna separada del mar per una barra arenosa on s'intueix l'existència de dues grans masses d'aigua ben connectades. Era, aleshores, una albufera en el sentit estricte del mot. El mapa de López (1859) (Figura 1) ja ens proporciona una imatge distinta; una zona d'aigües divagants, que formen estanys digitats i nombrosos que ocupen àrees d'antigues llacunes en avançat estat de colmatació, les quals ocupen prop d'un 50% de l'àrea de S'Albufera. La posterior intervenció tecnològica, a la qual ens referirem amb més detall, transforma definitivament la llacuna en una zona d'aigües molt somes, temporals, que formen una maresma litoral, la qual cosa no és, en terminologia estricta, una albufera.

Avui S'Albufera és un sistema profundament artificialitzat, on es forcen les aigües a realitzar el camí més curt i ràpid cap a la mar i on s'han transformat o colmatat la major part dels estanys, excepció feta de l'Estany des Ponts. La idea bàsica dels enginyers que durant el segle passat intentaren dessecar S'Albufera fou la de realitzar un circuit de canalitzacions que fes circular les aigües pel camí més directe i ràpid cap a la mar. Aquesta filosofia és just la contrària a la tendència natural exposada abans, però era la que semblava més útil



Estany des Ras. Aigües lliures obtingudes mitjançant pastura.
The Ras lagoon. Water opened through grazing
(Foto: Joan Mayol)



Dragat del Canal Gran
Dredging at the Great Canal
(Foto: Joan Mayol)

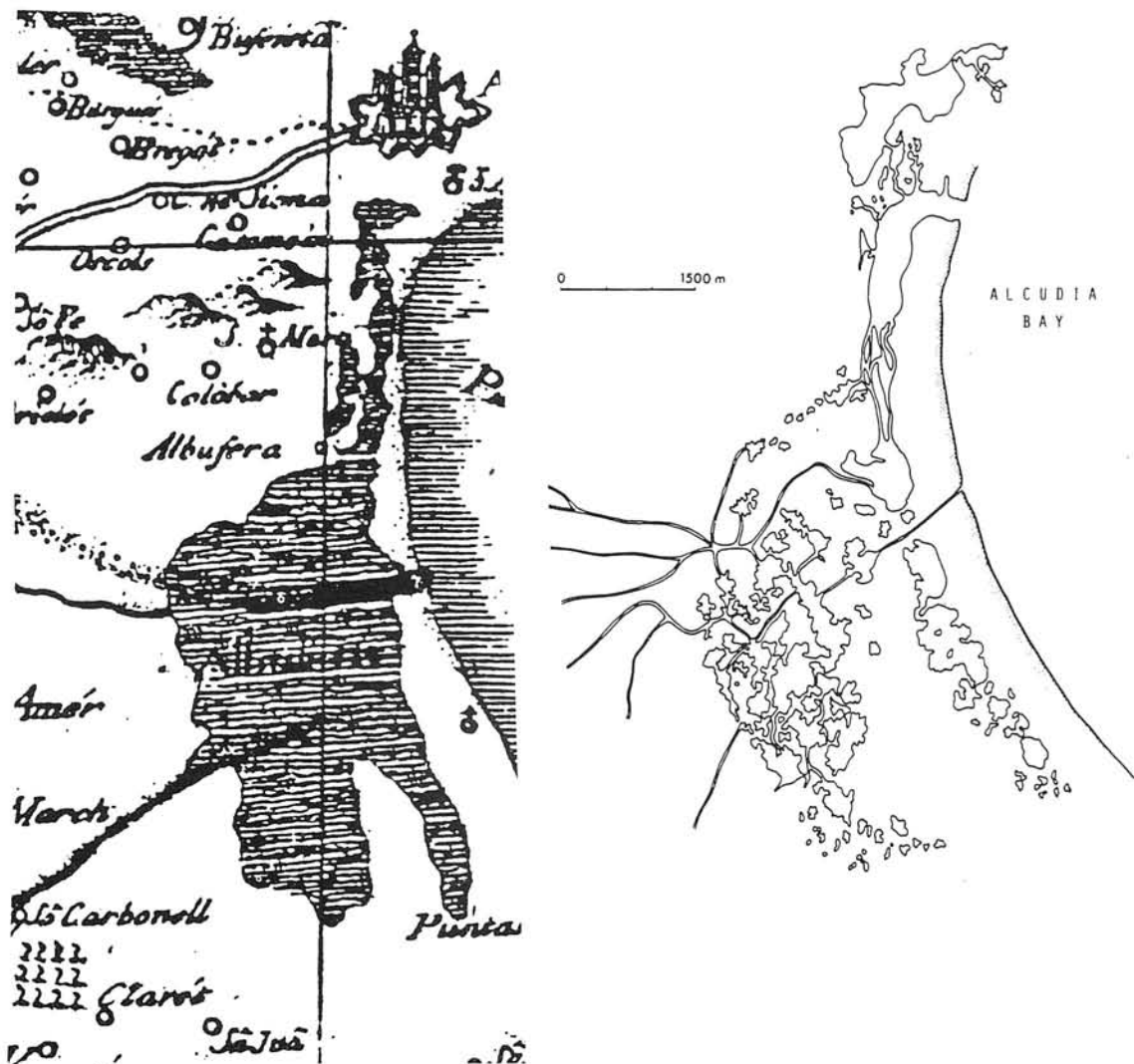


Figura 1. Mapes de S'Albufera de Mallorca a diferents temps. Cardenal Despuig del segle XVIII i de A. López de 1859.

The Albufera de Mallorca at different times. Cardenal Despuig map from XVIII century and A Lopez map from 1859.

durant el segle passat, tant per motius de salubritat com per les necessitats d'expansió agrícola de la població.

En resum, les obres executades per la Majorca Land Corporation, que modificaren i completaren les iniciades per empreses anteriors, consistiren en ensolcar els torrents de Sant Miquel i de Muro, tot unint-los en el Gran Canal, per impedir la divagació de les seves aigües per la zona i canalitzar igualment les aigües dels ullals importants de S'Albufera de manera que es conduïen als punts de desguàs cap a la mar, procés forçat amb les màquines de vapor que aconseguïen mantenir la major part de la zona en condicions favorables al cultiu, almenys durant una gran part de l'any. Es va produir, per tant, una compartimentació de les aigües, i la creació d'un sistema de sortida rectilínia i ràpida dels aports tant superficials com freàtics. Si el sistema creat no va assolir els objectius econòmics prevists —l'empresa va fer fallida en pocs decennis— el sistema de malecons, canals i sifons és encara avui funcional, com ho varen esser fins als anys 50 algunes de les bombes de desguàs, que un dels autors del present treball va poder conèixer. Avui es manté l'explotació de l'ullal de la Font, i els efectes de les alteracions topogràfiques degudes al cultiu i a altres actuacions són determinants quant a la fesomia, estructura i funcionalisme de la zona humida. Així, s'ha de considerar que S'Albufera, a més d'una zona humida en avançat estat de colmatació, és un sistema profundament alterat per l'home on predominen les comunitats de macròfits emergents i els canals de dessecació sobre les superfícies d'aigües lliures.

El 1988 el Govern Balear va instituir el Parc Natural de S'Albufera amb una superfície de 1.700 Ha. Les finalitats del Parc són la conservació de la natura, l'ús públic de l'espai (educatiu, científic i lúdic), i la seva integració socio-econòmica a nivell comarcal i insular.

En el moment de la declaració del parc, i sense considerar la franja dunar, tan sols un 3% de la superfície de S'Albufera corresponia a aigües lliures obertes. La resta corresponia a una vegetació amb diferents tipus d'hidròfits emergents. S'ha passat d'una

Albufera amb dues grans llacunes a un sistema llacunar amb un 50% d'àrees emergents i, finalment, mitjançant l'acció humana, hem passat al 3% de superfície anegada. Es pot dir que respecte al medi aquàtic estam en presència d'un ecosistema que convé rehabilitar, per recuperar biodiversitat i per consolidar processos ecològics que són propis de S'Albufera en tant que parc natural (Figura 2). La manca d'aigües lliures implica una manca d'hàbitats aquàtics, per tant una minva en el nombre d'espècies aquàtiques i recursos alimenticis per a aquestes. Per altra banda l'homogeneïtat del paisatge és alta i la canalització predominant de les aigües proporciona un intercanvi dràstic i artificial entre els ambients.

CRITERIS PER A LA REHABILITACIÓ

La rehabilitació consisteix en afavorir una tendència cap al disseny del model elegit, sempre dins la trajectòria successional pròpia de l'ecosistema.

Un model, que podríem anomenar el de l'*Albufera de Bateman*, implicaria una restauració de l'ecosistema artificial, això és, conservar la fesomia i la circulació actuals de l'aigua. Aquesta estratègia contemplaria el drenatge dels canals i la restauració dels mecanismes hidràulics del segle passat, els quals estaven dissenyats per a dessecar S'Albufera.

Un altre model, que podríem anomenar el de l'*Albufera deviatesca*, consistiria en la restauració de l'ecosistema a la seva situació prèvia, abans de les pertorbacions que conduïren a la seva dessecació. Aquesta aproximació, altament purista, pressuposa des del punt de vista teòric, que els ecosistemes ciclen sobre ells mateixos, per tant, la component successional és ignorada almanco durant un període comprès entre l'artificialització i la restauració. Per altra banda, S'Albufera que coneixem del mapa d'A. López tenia uns aports d'aigua que en l'actualitat es destinen a consum humà i el seu entorn ha variat de manera més que notable.

L'abandonament a la successió natural, l'*Albufera espontània*, també s'ha de considerar. El principi de no intervenció, a més

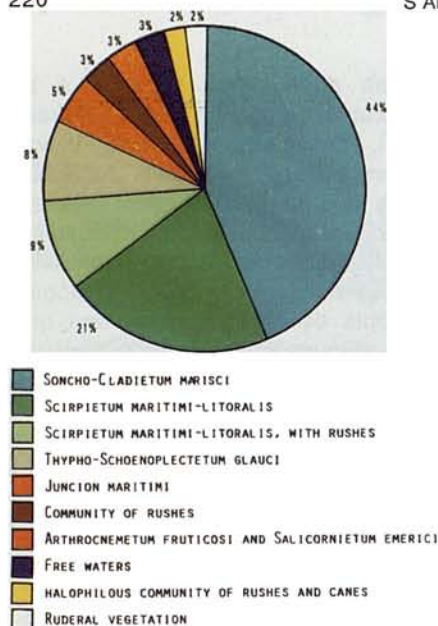


Figura 2. Percentatges de cobertura de diferents comunitats vegetals del Parc Natural de S'Albufera de Mallorca. S'exclouen les zones dunars. Percentage coverage of the different plant communities in the Natural Park of the S'Albufera de Mallorca without the sand dunes area.

de barat pot ésser convenient. L'abandonament a la successió natural sol ésser la millor gestió conservacionista dins ecosistemes on el transport vertical és predominant, on les espècies principals són estratègies de la K, on les entrades d'energia externa difícilment són pertorbadores i la taxa de renovació és lenta. Cap d'aquestes condicions s'ajusta a la dinàmica dels sistemes litorals com S'Albufera.

El model necessari ha de complir les finalitats per les quals es declarà el Parc i promoure'n una rehabilitació que assumeixi que els ecosistemes dels aiguamolls costaners no estan equilibrats. Com a conseqüència, l'estratègia que es proposa per a S'Albufera del 2000 consisteix per una banda a rehabilitar les característiques que permetin abandonar gradualment l'ecosistema a la successió natural reduint a un mínim les intervencions; per altra banda, es reconeix la necessitat de mantenir uns canals de seguretat i les estructures més significatives de la utilització de S'Albufera durant el segle

XIX pel seu interès històric. Ens trobam amb un espai natural sotmès a influències exteriors importantíssimes: el règim hídric està definitivament modificat (els reguis i captacions hídriques semblen irreversibles), i tot el gradient perifèric amb les terres immediates, així com una gran part de la frontera amb la mar han perdut la seva naturalitat.

Propostes de rehabilitació

1. Manteniment d'una xarxa de drenatge

S'Albufera ha d'ésser considerada com un component particular, però no aïllat, del territori NE de Mallorca. De la mateixa manera que no és possible gestionar-la sense tenir present la conca hidrogràfica i l'aqüífer, la seva conservació (que és en definitiva una activitat socio-econòmica) no es pot dur a terme sense considerar el seu entorn humà. En conseqüència, un dels condicionants de la gestió del Parc, fou la reducció al mínim del risc d'inundacions —especialment freqüents a la zona de la Marjal— que eventualment genera la zona humida. En aquest sentit, ha estat necessari mantenir, i fins i tot regenerar, la xarxa de drenatge mínima constituïda pels torrents i els canals que recullen els aports superficials. El drenatge suposa, altrament, un increment no gens menyspreable de la superfície d'aigües lliures, ja que la seva profunditat (entorn d'un metre) dificulta la colonització pels helòfits.

Per altra banda cal que el drenatge estigui compensat amb un altre artifici que eviti el desguàs excessivament ràpid, de manera que s'han restaurat les comportes a la sortida dels canals del Sol i Siurana cap al Gran Canal, anteriorment construïdes pels anglesos per evitar l'entrada d'aigua de mar. Actualment, les comportes s'utilitzen per fer més lenta i suau la sortida d'aigua dolça. Un dispositiu hidràulic al Gran Canal regula igualment el flux d'aquest, des d'un mínim (en sentit de sortida) garantit per una sèrie de tubs, a un màxim per sobrepassament en cas de grans avingudes (que sols ha estat funcional a la gran plena de 1990); les avingudes normals poden ésser lliurades per una comporta central.



Cavalls de la Camarga francesa pasturant a S'Albufera.
French Camargue horses grazing in the Albufera.
(Foto: Joan Mayol)



Estany d'Amarador rehabilitat mitjançant dragat.
Amarador lagoon rehabilitated by means dredging.
(Foto: Joan Mayol)

2. La gestió del sistema lòtic i del sistema lenític actual

Dels treballs exposats a la present monografia i referits al sistema de corrents o sistema lòtic, i als estanys o sistema lenític, de S'Albufera es poden deduir els trets bàsic d'una dinàmica natural per a un any que definiríem com a típic tot i considerant que les diferències existents entre un any sec i un de plujós s'acosten a una relació de 1:20 quant a cabals de sortida d'aigua. Així i tot el model ens pot ajudar a comprendre les pautes del cicle anual:

L'estiu amb altes temperatures presenta un marcat gradient de salinitat i un decrement en la concentració dels composts de nitrogen. Fins a mitjan estiu els valors de pH són més aviat alts mentre que l'alcalinitat minva, fruit de l'absorció del bicarbonat de l'aigua per part dels productors primaris. Estam en un període productiu, amb aigües ben oxigenades (almanco la primera meitat de l'estiu) fruit de la fotosíntesi activa.

La tardor renta S'Albufera i baixa la salinitat en funció de les pluges i l'evaporació, mentre que es fa notòria la mineralització de la matèria orgànica produïda durant la primavera i l'estiu. L'aigua perd oxigen, malgrat que la seva temperatura sigui inferior, el pH també minva i la baixada de la fotosíntesi fa que trobem alcalinitats més altes. Els nutrients són elevats, tant per l'entrada d'aigües de rentat de la conca com per la descomposició del macrófits anuals.

L'hivern manté la situació autumnal mentre les aigües continuen refredant-se i fins i tot es pot avançar un inici de salinització si la pluja és poca.

La primavera marca l'inici de l'escalament de l'aigua, de la salinització, que es pot avançar o retardar segons l'evaporació-precipitació, i de la producció primària. Les aigües es van deseutrofitzant parcialment a mesura que la producció vegetal s'incrementa a la segona meitat de la primavera i en general es pot dir que apareixen els processos que es culminaran durant l'estiu.

2.1. L'ambient lenític

De les llacunes estudiades i presentades en un treball d'aquesta monografia, dues presenten propietats que fugen d'aquest

model de dinàmica natural; L'Estany des Cibollar i l'Estany de la Font de Sant Joan, ambdós situats, per ara, fora del parc.

El primer és un estany artificial que ha estat dragat i enriquit amb aigües residuals. La seva fondària, els nutrients que té incorporats i el fet de connectar el Canal d'En Ferragut amb el Canal de'n Mama fa que es mantengui meromíctic, això és, amb dues masses d'aigua separades, una superior mixolimnètica salobre i oxigenada i una inferior salada, densa i anòxica. Sovint passa per situacions estivals en què la massa mixolimnètica és molt minsa, fins i tot s'han donat situacions d'aflorament de la massa anòxica (MARTÍNEZ-TABERNER et al. 1987) amb la consegüent mortalitat de consumidors i productors primaris macrofítics. El control de la situació de la quimioclina i de la quemoclina que marquen la separació entre les dues masses d'aigua ha d'esser exhaustiu, de manera que es puguin aportar en superfície cabals d'aigua salobre, menys densa que la de fondària, i mantenir així la massa anòxica aïllada de la superfície. És important mantenir la meromixi, ja que si bé l'estany no té un interès conservacionista important, sí el té científic i pedagògic, atès que les seves condicions reflecteixen una situació semblant a la dels biòtops que pogueren donar origen a la vida; a més, els processos químics dins ambients reductors, les poblacions bacterianes i les flors procariotes del lloc són ben particulars i poc conegudes. Actualment, una tuberia de descàrrega de les aigües marines utilitzades per a la refrigeració de la Central Tèrmica del Murterar permet l'abocament controlat d'aigües marines al seu fons; certament, un aport d'aigües denses com les marines podria substituir temporalment les aigües anòxiques del fons de l'estany exportant el problema cap a la mar on es diluiria. No coneixem els detalls d'aquesta pràctica, ni tan sols si s'ha posat mai en funcionament.

L'Estany de la Font de Sant Joan presenta una dinàmica sorprenent; baixa la salinitat a l'estiu i presenta unes concentracions altíssimes de composts de nitrogen; no obstant això, l'estany es manté transparent i net per la manca de composts de fòsfor que es fan limitants per al creixement algal. La vegetació macrofítica, menys exi-

gent en la seva proporció de fòsfor, és abundant. Resulta crucial mantenir els fosfats com a factor limitant de la producció; una petita alliberació d'aigües residuals provocaria una explosió d'algues fitoplànctòniques que eliminaria la transparència de l'aigua i les possibilitats de desenvolupament de macròfits juntament amb la seva fauna associada.

2.2. L'ambient lòtic

Com s'ha vist a treballs anteriors, on s'han exposat les anàlisis multivariants, el sistema lòtic presenta dues components principals, una lligada a la salinitat i una altra que té els fosfats com a primer factor de càrrega positiva; mentre la relació nitrogen/fòsfor és el principal factor de càrrega negativa. Aquest eix ens explica l'estat tròfic del sistema. Les entrades d'aigua tenen dues fonts principals: una d'origen rural a la part alta i una altra d'origen urbà al costat nord i a la part baixa de S'Albufera.

Òbviament la pol·lució urbana ha d'esser erradicada i els adobs nitrogenats dels conreus dels voltants de S'Albufera haurien d'estar controlats. En qualsevol cas és necessari un control i seguiment continuat com a primera passa de la rehabilitació. L'actual funcionament de depuradores a la costa ha disminuït notablement la concentració de P, així semblen indicar-ho mesures recents realitzades al Gran Canal-Oberta-Badia (Moyà com. pers.); això no obstant, els valors en els composts de nitrogen continuen alts. Els contaminants i els elements recalitrants que hi pugui haver a l'aigua no han estat estudiats, per tant no es pot fer una valoració directa.

3. Retenció i circulació de les aigües

La recuperació d'una proporció d'aigües obertes del 30-40% afavorirà la coexistència de comunitats biològiques de distinta estructura (macròfits aquàtics, comunitats íctiques, invertebrats aquàtics, ornitofauna), per tant és un objectiu de la rehabilitació. Es proposen dues línies per a obtenir aquests objectius. Les pastures i el dragat d'àrees prèviament colmatades.

3.1. Les pastures

L'ús d'herbívors per a crear zones d'aigües lliures i millorar la diversitat en zones humides, en especial d'inundació temporal, és un mètode molt conegut. Una càrrega ramadera important permet inicialment una severa reducció de la densitat de les espècies dominants –en especial *Phragmites* i *Scirpus*– i es pot aconseguir fins i tot la substitució completa de les comunitats d'helòfits i macròfits emergents per les d'algues –particularment *Chara aspera*– i petits macròfits submergits. El sistema consisteix en el manteniment d'una càrrega ramadera variable segons el tipus de vegetació, durant el període vegetatiu d'aquesta. Fora d'aquest període, el bestiar no disposa de suficient aliment, la qual cosa força a un aport exterior, amb l'inconvenient d'aportar nutrients a l'ecosistema, o a una transhumància.

Els avantatges d'aquest sistema respecte d'altres utilitzats a la gestió tradicional i conservacionista de zones humides (foc, herbicides, sega manual o mecànica) deriven del seu rendiment i dels seus efectes permanents (es modifica el sistema per a passar a una situació bastant estable que es manté mentre els animals hi són presents). Per altra banda, apareix una diversificació del medi i el consegüent enriquiment en espècies derivat del moviment dels animals que zonifiquen les àrees de pastura i de repòs, entre d'altres.

3.2. El dragat

Sobre la base de la informació existent de la físico-química de les aigües i de les toleràncies ambientals dels productors primaris macrofítics, es pot realitzar una selecció de zones no repetitives per a rehabilitar estanys. Per a tal objectiu s'han d'assumir alguns punts:

a. Es considera S'Albufera com un lloc de materials al·luvials i marins amb matèria orgànica, per tant assumim que les aigües freàtiques estan més o menys interconnectades

b. Es considera que la química de l'aigua és un dels principals factors que controlen la distribució dels macròfits aquàtics.

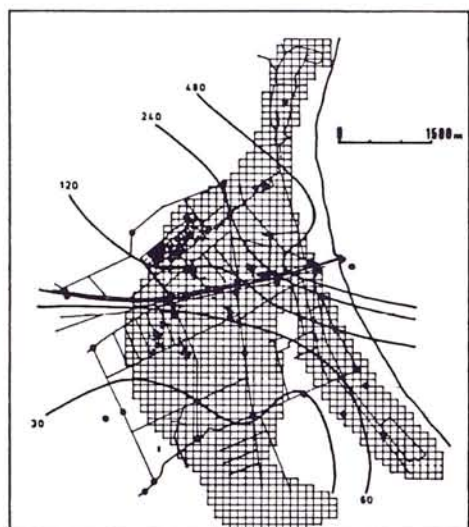


Figura 3. Distribució de les estacions de mostreig i exemple de isolínies de clorurs en meq.l-1 corresponent a l'estiu de 1983. S'ha superposat el mapa digitalitzat en hectàrees quadrades per a tota l'àrea més deprimida corresponent a la zona susceptible d'esser rehabilitada.

Distribution of sample stations and example of isolines of chlorides in meq.l-1 correspond to summer 1983. The digital map with hectare squares for the area suitable for rehabilitation is superimposed over.

Acceptant aquestes premisses s'ha desenvolupat un programa que dividim en els següents punts:

1. Divisió de S'Albufera inundable, i per tant rehabilitable com a zona d'aigües lliures, en hectàrees quadrades mitjançant un sistema d'informatització geogràfica.

2. Sobre la cartografia informatitzada es digitalitzen les isolínies dels factors de càrrega de major pes en les anàlisis de components principals realitzades per l'ambient lòtic i lenític: la salinitat, els composts de nitrogen i els fosfats. Les isolínies es distribueixen entre les estacions de mostreig que corresponen a un contínuum de caselles dins la cartografia informatitzada (Figura 3).

3. S'assigna a les caselles buides un valor extrapolat a partir de les isolínies im-

mediates en direcció nord, sud, est i oest i el seu valor de la següent manera:

$$Z_p = \frac{(Z_a/Y_a - Y_p) + (Z_b/X_b - X_p) + (Z_c/Y_c - Y_c) + (Z_d/X_d - X_d)}{(1/Y_a - Y_p) + (1/X_b - X_p) + (1/Y_c - Y_c) + (1/X_d - X_d)}$$

Z_p és el valor problema, Z_i seria el valor a cada casella que aquí vénen representades per a, b, c i d. X_i i Y_i serien els valors de les coordenades de cada casella

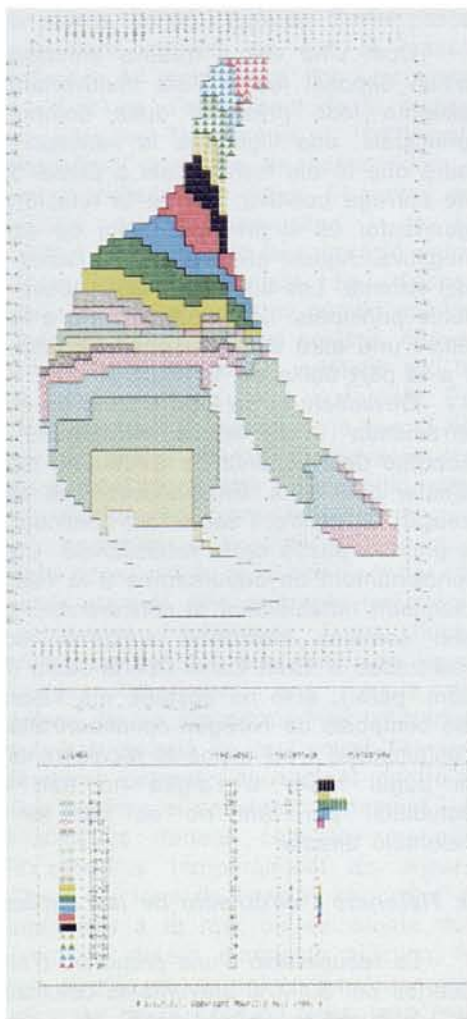


Figura 4. Exemple de mapa digitalitzat per al gradient de conductivitat estival. Valors en mS.cm⁻¹ a 20° C corresponents a les mitjanes estivals des del 1983 al 1985.

Example of digital map for the conductivity gradient (mS.cm⁻¹ at 20° C) corresponding to the means for the summers of 1983-1985.

amb valor conegut i X_i-X_p i Y_i-Y_p serien les distàncies a la casella problema (X_p, Y_p).

D'aquesta manera s'obtenen mapes georeferenciats amb tots els valors de primavera, estiu, tardor i hivern pels paràmetres objecte d'estudi (Figura 4).

4. A partir dels mapes s'obtenen per a cada casella els valors màxims i mínims, això és, el marge d'oscil·lació de la variable al llarg de l'any.

5. S'introdueixen les dades de les toleràncies de les espècies per a les variables objecte d'estudi, definint la tolerància com a la mitjana +/- la desviació estàndard de totes les mostres on l'espècie hi és present.

6. Es calcula el solapament entre la tolerància de les espècies i els marges d'oscil·lació de cada casella per a cada variable estudiada. En el present estudi s'ha calculat el solapament per a les variables: conductivitat, nitrats+nitrits i fosfats. El càlcul del solapament es fa seguint un procediment d'integració iterativa aplicant la fórmula típica de l'índex de Jaccard modificat per a dades quantitatives (MARTÍNEZ-TABERNER 1983) i s'obté la probabilitat de presència de cada espècie a cada casella georeferenciada i en funció de la variable objecte d'estudi.

$$J_{p_{xy}} = (S_p) / (N_x - N_y - (S_p))$$

$J_{p_{xy}}$ és la probabilitat de presència d'una espècie x dins la casella y en funció de la variable que estam estudiant, aquí és p. El solapament entre la tolerància de l'espècie i els marges d'oscil·lació del paràmetre p és S_p , N_x és la tolerància de l'espècie pel paràmetre estudiat i N_y és l'oscil·lació de la casella pel paràmetre estudiat (Figura 5).

La probabilitat de presència d'una espècie a una casella en funció de n variables es pot expressar com l'arrel enèsima del producte dels valors de probabilitat per a cada una de les n variables estudiades, de manera que si hi ha alguna variable amb solapament inexistent amb la tolerància ambiental de l'espècie en estudi, tot el resultat és 0 (Figura 6).

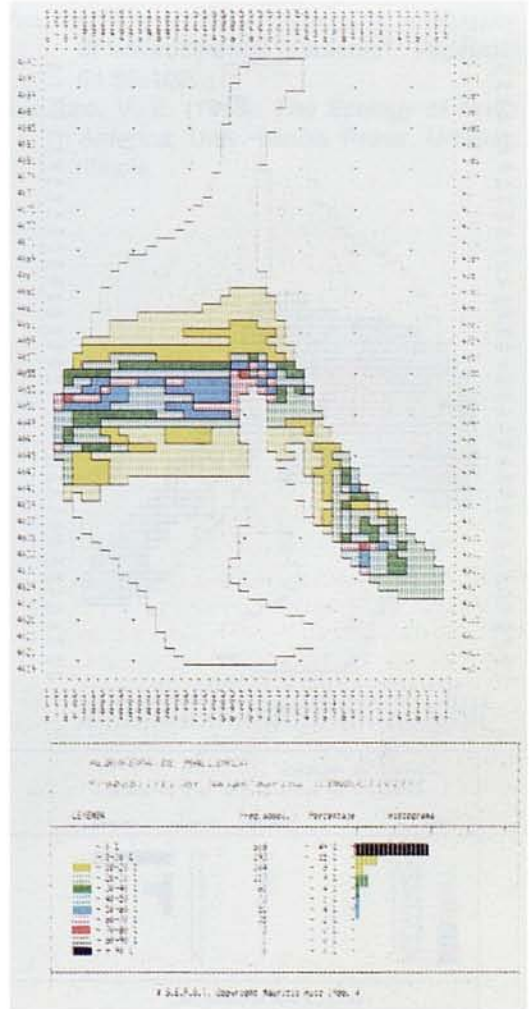


Figura 5. Exemple de mapa digitalitzat mostrant el gradient de probabilitat de presència de *Najas marina* en funció de la conductivitat. Example of digital map for a probability gradient for *Najas marina* as a function of conductivity.

$$P_{xy} = \sqrt[n]{J_1 \cdot J_2 \cdot \dots \cdot J_n}$$

Per a cada casella hem obtingut un valor que ens permetrà tenir la llista d'espècies més probables a qualsevol lloc susceptible d'esser rehabilitat com a zona d'aigües lliures.

D'aquestes llistes s'extreu el mapa de vegetació aquàtica potencial i se sobreposa al mapa dels estanys actuals i al dels

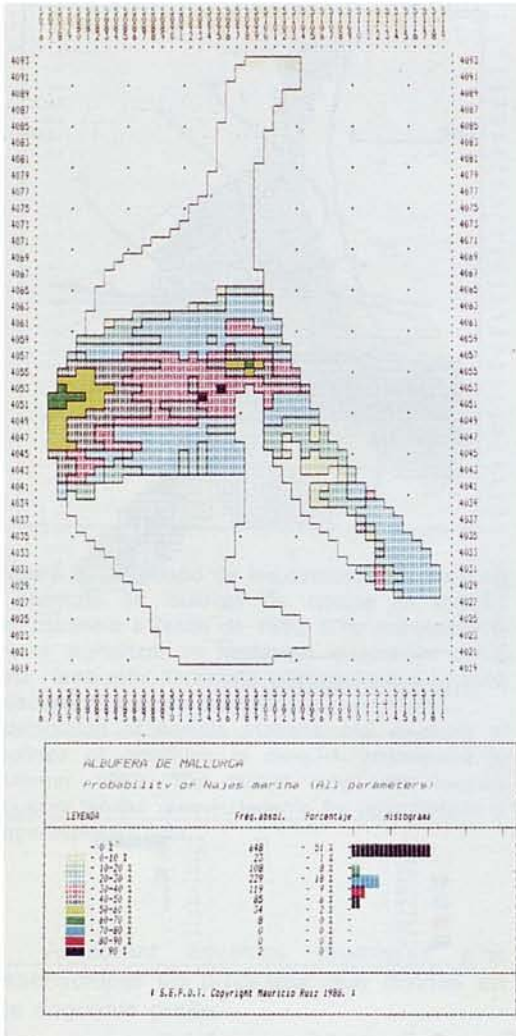


Figura 6. Exemple de mapa digitalitzat mostrant el gradient de probabilitat de presència de *Najas marina* en funció de la distribució dels nitrats+nitrits, fosfats i conductivitat. Example of digital map for a probability gradient for a *Najas marina* as a function of the parameters nitrites+nitrates, phosphates and conductivity.

estanyos susceptibles de rehabilitació seguint la cartografia de López 1859. S'eliminen els estanyos que ofereixen la mateixa vegetació potencial i aquells que ja existeixen, quedant les àrees susceptibles de rehabilitació que ens donaran vegetacions potencials no repetitives.

D'aquesta manera es poden obtenir no sols recursos alimenticis i nous hàbitats, sinó una diversificació d'aquests recursos i hàbitats que ens donarà l'oportunitat de mantenir un màxim de riquesa específica dins un espai heterogeneïtzat.

S'ha de tenir present que tan sols s'han utilitzat tres variables a l'hora de fer la predicció de la vegetació. Aquestes variables són de fet importants, però n'hi ha moltes altres, com la fondària o la textura dels sediments i, fins i tot, la química dels sediments, que pot ésser molt més definitiva per a algunes espècies que la química de l'aigua; per tant, el model s'ha d'entendre com una aproximació que ens aporta unes probabilitats relatives de presència de les espècies a les zones rehabilitades.

Per altra banda, una zona rehabilitada requereix un temps perquè les poblacions que s'hi presentin quedin estabilitzades, és esperable que al principi d'una rehabilitació hi hagi una predominància d'espècies oportunistes, però, amb el temps, la vegetació que s'imposarà serà aproximada a la de la predicció per a fondàries entre 0.5 i 1 m aproximadament.

AGRAÏMENTS

V. Forteza, I. Mestre i C. Ponsell han participat en l'elaboració de mapes de predicció de vegetació.

BIBLIOGRAFIA

- CLEMENTS, F.E. (1920): "Adaptation and mutation as a result of fire". *Carnegie Inst. Wash.*, Yearb 19:284-349.
- LEEWEN, C.G. VAN (1966): "A relation theoretical approach to pattern and process in vegetation". *Wentia* 15:25-46.
- MANDELBROT, B. (1982): *The Fractal Geometry of Nature*. Freeman 460 pp. New York.
- MARGALEF, R. (1974): *Ecologia*. Omega. 951 pp. Barcelona.
- MARGALEF, R. (1983): *Limnologia*. Omega. 1.010 pp. Barcelona.

- MARTÍNEZ-TABERNER, A. (1983): "La franja dunar de la Bahía de Alcudia (Mallorca) II. Evaluación de una perturbación pírca, primeros resultados". *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* 27, 23-32.
- MARTÍNEZ-TABERNER, A., MOYÀ, G. & RAMON, G. (1987): "L'Estany del Cibollar: un cas de meromixi a l'Albufera de Mallorca". *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears* 31:145-148.
- PHILLIPS, D. J. (1985): "Measuring complexity of environmental gradients". *Vegetatio* 64:95-102.
- SHELFORD, V. E. (1963): *The Ecology of North America*. Univ. Illinois Press. Urbana, Illinois.