

A05



*Vai al contenuto multimediale*

Piero Guilizzoni  
Gianfranco Giudice  
Marina Marcella Manca

**Giardini di lago**  
Lake gardens

*Testi in italiano e in inglese di*  
Piero Guilizzoni  
Marina Marcella Manca

*Fotografie di*  
Gianfranco Giudice





Aracne editrice

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)  
[info@aracneeditrice.it](mailto:info@aracneeditrice.it)

Copyright © MMXVII  
Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

[www.giacchinoonoratieditore.it](http://www.giacchinoonoratieditore.it)  
[info@giacchinoonoratieditore.it](mailto:info@giacchinoonoratieditore.it)

via Vittorio Veneto, 20  
00020 Canterano (RM)  
(06) 4551463

ISBN 978-88-255-0769-0

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,  
di riproduzione e di adattamento anche parziale,  
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie  
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: ottobre 2017

8	<i>Prefazione</i>
9	<i>Foreword</i>
12	<i>Giardini di lago</i>
13	<i>Lake gardens</i>
22	<i>La flora acquatica</i>
23	<i>The aquatic flora</i>
31	Piante acquatiche sommerse Submersed macrophytes
51	Idrofite a foglie galleggianti, radicate o liberamente flottanti Floating aquatic plants, rooted or free-floating
65	Macrofite emergenti o elofite Emergent macrophytes or helophytes
89	Piante acquatiche ed alghe, un abbinamento frequente in natura Aquatic macrophytes and algae, a frequent pairing in nature
95	Popolamenti a macrofite e fauna associata Macrophyte populations and associated fauna
137	<i>Epilogo</i> <i>Epilogue</i>
139	<i>Ringraziamenti</i> <i>Acknowledgements</i>
141	<i>Autori</i> <i>Authors</i>



**Giardini di lago**

Lake gardens

L'idea di realizzare un libro sulle piante acquatiche nasce da molto lontano, dai giorni in cui, non ancora laureato, la Signora Livia Tonolli mi propose di occuparmi della vegetazione acquatica dei nostri laghi per la mia tesi di laurea in Biologia. Erano gli anni '70 e sull'argomento non avevo né competenza né tantomeno, conoscenza diretta: non avevo neppure ancora affrontato l'esame di Botanica generale e di Botanica sistematica, successivi ai corsi tenuti presso l'Università di Milano dai professori Tonzig e Gerola. Come era usa fare, la professoressa Tonolli ebbe cura di affidarmi a mentori di chiara fama, in grado di garantire per me, e per la competenza che l'Istituto per mio tramite avrebbe acquisito, la migliore formazione ad un livello internazionale. Così, l'avvio degli studi sulle piante acquatiche ha coinciso con il mio primo viaggio oltre oceano, per uno stage di sei mesi presso l'Università del Wisconsin, Department of Botany, sito al Birge Hall, centro dedicato ad uno dei padri fondatori degli studi limnologici nel mondo. Inutile dire che fu questa una delle più belle e ricche esperienze della mia vita professionale, certamente la leva che fece nascere in me la passione e l'entusiasmo per l'argomento di studio a me affidato, capaci di alimentare gli sforzi necessari per avviare le ricerche presso l'Istituto di Pallanza.

Ricordo le giornate trascorse a perlustrare i litorali di laghi, le rive dei corsi d'acqua, le cosiddette zone umide, a raccogliere e ad

identificare con opportune chiavi sistematiche le varie piantine che andavano a costituire gli erbari che ancora oggi sono depositati nell'istituto di Pallanza. E' in quegli anni che ho avuto la fortuna di incontrare Gianfranco Giudice, un fotografo amatoriale competente, paziente e appassionato come pochi, capace di immergersi per ore nei laghi e fiumi alla ricerca di "cose strane", di volta in volta rappresentate da pesci in accoppiamento o in lotta tra loro, da organismi tipici dei fondali, quali molluschi, insetti, rettili, anfibi, o anche spugne e meduse. L'ambiente subacqueo rappresentato nelle foto di Giudice includeva una moltitudine di "foreste" di piante acquatiche.

In questo libro fotografico abbiamo quindi voluto mostrare ad un pubblico non addetto ai lavori le immagini che Gianfranco in tanti anni ha raccolto in laghi italiani quali il Maggiore, l'Orta e il Candia, nelle lanche del Fiume Ticino e in molti altri ecosistemi acquatici.

Abbiamo pensato di dedicare questo libro a Francesco Rusconi Clerici, appassionato cultore di laghi e di piante acquatiche, per anni impegnato a seguire e documentare "sul campo" l'alternarsi della presenza e della scomparsa di piante acquatiche nel Lago Maggiore. A lui si deve l'idea di definire le praterie lacustri con la locuzione "Giardini di lago" e la necessità di trattare questo argomento in un testo dedicato, che potesse completare quanto pubblicato sulle piante terrestri.

## Foreword

The idea of writing a book on aquatic plants is rooted in the long and distant past, in the period when Mrs. Livia Tonolli (former Director of the Hydrobiological Institute in Pallanza) asked me, when I was still an undergraduate, to study the aquatic vegetation in our lakes as the subject of my university thesis in Biology. It was the 1970's and I had only a very limited understanding and certainly no direct knowledge of the topic. I had still not even sat my exams in the General and Systematic Botany courses given at the University of Milan by Professors Tonzig and Gerola. Mrs Tonolli, as was her custom, was most careful to entrust me only to mentors of the highest repute who would ensure the best possible education for me to international level, thereby also benefitting the Institute. Thus, the beginning of my studies on aquatic plants coincided with my first trip overseas to undergo an internship of six months in the Department of Botany at the University of Wisconsin in Madison, where I worked at Birge Hall which was named after, and dedicated to, one of the founding fathers of limnological studies worldwide. Needless to say, this was one of the most enriching and memorable experiences of my entire professional life which certainly triggered in me a passion and enthusiasm for the subject of my studies which was also a driving force behind the efforts needed to start my research at the Institute in Pallanza.

I remember the days spent scouring the shores of lakes, the banks of rivers, and the so-called wetlands, to collect and identify, by means of the appropriate system keys, the various plants which were eventually to go to form the collection of dried plants which is still kept at the Institute in Pallanza. It was during those years that I had the great fortune to meet Gianfranco Giudice, a skilled amateur photographer, possessed with infinite patience and passion like few others, who could submerge himself for hours in lakes and rivers in search of "strange things", sometimes fish mating or fighting each other, other times typical seabed organisms such as molluscs, insects, reptiles, amphibians, or even sponges and jellyfish. The underwater environment featured in Giudice's photos included a veritable multitude of "forests" of aquatic plants.

The purpose of this book of photographs is to illustrate to the "layman" the images that Gianfranco has collected over many years spent on Lake Maggiore, Lake Orta, Lake Candia and on the oxbow lakes of the River Ticino in Italy, as well as in many other aquatic ecosystems.

We decided to dedicate this book to Francesco Rusconi Clerici, a passionate lover of lakes and water plants, who for years remained steadfastly committed to following and documenting "in the field" the alternating presence and disappearance of aquatic plants in Lake Maggiore. His was the idea of defining lakeland vegetation with the term "Lake Gardens", and his was the idea of the need to address this

Una dedica speciale va ad Ettore Grimaldi che da molte foto scattate da Gianfranco ha ricavato, in anni di fertile collaborazione, interpretazioni ecologiche ed etologiche che hanno dato spunto per i suoi articoli divulgativi, per lezioni all'Università e per conferenze indirizzate al vasto pubblico.

La recente scomparsa di entrambi è per noi motivo di grande commozione e malinconia.

Piero Guilizzoni

subject in a single dedicated text, to be integrated with the information already published on terrestrial plants.

A special dedication also goes to Ettore Grimaldi who, thanks in large part to the many photos taken by Gianfranco over a long period of fruitful collaboration, was able to formulate certain ecological and ethological interpretations which were to be the inspiration for

his many published articles, university lectures and conferences for the general public.

The recent death of both men is a source for great sadness for all of those who knew them.

Piero Guilizzoni

A molti di voi sarà capitato durante una gita in barca, passeggiando lungo le rive di laghi e fiumi o durante la pesca di notare, generalmente in aree riparate dal moto ondoso, delle “erbe”, che immerse più o meno completamente nell’acqua si sviluppavano su ampie superfici con densità spesso molto elevate. Tali “erbe”, erroneamente nominate “alghe”, sono in realtà delle vere e proprie piante (scientificamente denominate idrofite o macrofite) del tutto analoghe, fatti salvi alcuni adattamenti anatomici e fisiologici, alle piante terrestri superiori. Da queste ultime, e quindi anche dalle piante acquatiche, le macroalghe quali quelle del genere *Chara* o *Nitella*, si differenziano soprattutto per la caratteristica di avere gli apparati radicale, vascolare e riproduttore molto meno specializzati o addirittura assenti.

Spesso si guarda a queste praterie sommerse con un irrazionale senso di disagio misto a diffidenza, legato ad esperienze negative vissute con la propria imbarcazione o durante l’esercizio del nuoto, allorché ci si è sentiti “accarezzare” dai sottili steli flottanti. A onor del vero, da molti anni ricercatori e importanti organizzazioni nazionali ed internazionali sono impegnati nel controllare lo sviluppo e la distribuzione di alcune specie di macrofite (termine coniato dagli anglosassoni per designare, appunto, le piante acquatiche) in quei corpi d’acqua in cui un popolamento troppo abbondante può causare gravi danni alla qualità dell’acqua, alla pesca, alla conservazione delle specie animali selvatiche, all’irrigazione e infine, alla salute pubblica.

Forse non molti si saranno soffermati ad osservarne la varietà di specie e a chiedersi il perché della loro presenza nell’ambiente acquatico. Certamente qualche appassionato subacqueo, pescatore o acquariofilo al quale si è andato affinando con l’uso lo spirito di osservazione, avrà imparato a conoscerle un po’ da vicino. Vediamo allora attraverso questo libro, corredato da foto subacquee, di parlare un po’ di loro, delle piante acquatiche più comuni che crescono nei nostri laghi e fiumi, nella speranza di sfatare almeno in parte quella pessima fama che sembra le accompagna e scoprire al tempo stesso un mondo della botanica particolarmente affascinante e ancora poco conosciuto.

Un’importante questione da chiarire è quella relativa all’origine delle piante acquatiche. A questo proposito è necessario andare indietro nel tempo (a circa 130 milioni di anni fa) e scoprire un aspetto singolare della loro storia evolutiva. Come è noto, la vita sulla Terra ha avuto origine in ambiente acquatico e la conquista dell’ambiente aereo, resa necessaria dal progressivo affiorare delle terre sommerse, è stata resa possibile dallo sviluppo di strutture atte a sopperire alla carenza dell’acqua. Dalle prime piantine, piuttosto semplici dal punto di vista anatomico e fisiologico, si sono evolute, nel corso delle ere geologiche, specie vegetali via via più specializzate e meglio adattate all’ambiente terrestre, legate al mezzo acquoso solamente per le loro attività vitali (es. fotosintesi). A dispetto del loro quasi completo distacco dall’ambiente acquatico, alcune specie vegetali si sono av-

Many of you will have been on a boat trip, strolling along lakes and rivers, or during fishing, to notice, generally in areas sheltered by the wave motion, “herbs” that, immersed more or less completely in the water, are dominating across large surfaces, and with very high densities.

Such “herbs”, mistakenly called “algae” by lay people, are actually higher plants (scientifically called hydrophytes or macrophytes). These are quite similar, with the exception of some anatomical and physiological adaptations, to higher terrestrial plants. Compared with these, and also with the aquatic plants, macroalgae such as *Chara* or *Nitella* differ primarily because of the characteristic of having radically, vascularly and reproducibly, less specialized or even absent organs. Often, these underwater meadows many viewers with an irrational sense of uneasiness mixed with distrust, linked to negative experiences with their own boat or experiences while swimming, when they felt “caressed” by the thin floating stems. To be sure, for many years, researchers and important national and international, private or public organizations have been involved in controlling the development and distribution of certain species of macrophytes (a term used by Anglo-Saxons to designate aquatic plants) in those water bodies where abundant populations can cause serious damage to water quality, fisheries, wildlife conservation, irrigation and, finally, public health. Perhaps not many people have stopped to observe the variety of species and wonder about their presence in the aquatic en-

vironment. Certainly, some submerged diver, fisherman or aquarist, who has been refining with the use of the spirit of observation, will have learned to know them a little better.

Thus, let’s look closely through this book, accompanied by underwater photos, to talk a bit about them. The most common aquatic plants that grow in our lakes and rivers have generated a bad reputation that seems to accompany us; hopefully we can dispel this notion, and find out more at the same time, about a fascinating botanical world that is still not well known. An important question to clarify is the one related to the origin of aquatic plants. In this regard, it is necessary to go back in time (about 130 million years ago) and discover a remarkable aspect of their evolutionary history.

As is well known, life on Earth originated in aquatic environments. The conquest of the aerial environment, made necessary by the progressive emerging of submerged lands, has been made possible by the development of structures suitable to overcome the water shortage. From the first, simple, anatomical and physiological point of view, plants evolved, during the geological eras into more sophisticated organisms better suited to the terrestrial environment. Such plants were linked to the aqueous medium only for their vital activities (e.g. photosynthesis). In spite of their almost complete detachment from the aquatic environment, some plant species have ventured back into the water, adapting to living completely or partially submerged in lakes, ponds, wetlands, rivers, and so on. To demonstrate this evolu-

venturate nel ritorno all'acqua, adattandosi a vivere completamente o parzialmente sommerse in laghi, pozze, stagni, fiumi e così via. A dimostrazione di questa teoria evolutiva, secondo la quale dunque si è trattato di un "ritorno" all'acqua, sono rimasti in molte macrofite alcuni "relitti" della loro esperienza terrestre. Scopriamo quindi quali sono stati gli adattamenti più importanti apportati al corredo morfologico e fisiologico tipico dei vegetali terrestri.

Sottoponendo all'analisi microscopica sezioni di piante acquatiche possiamo notare come lo spessore della cuticola (un rivestimento protettivo delle foglie e del fusto composto di cere) tenda a diminuire con l'aumentare della dipendenza da habitat acquatici: macrofite sommerse hanno cuticola più sottile di quelle parzialmente sommerse. La gradualità nello spessore della cuticola rappresenta pertanto un esempio di adattamento alle diverse condizioni ambientali.

Osservando al microscopio sezioni di foglie potremo inoltre notare come nelle macrofite sommerse l'epidermide sia di spessore ridotto e, soprattutto, sia priva degli stomi (strutture adibite agli scambi di gas e acqua), rispetto a quelle parzialmente sommerse. Questi ultimi sono caratteristici delle piante a foglie aeree nelle quali sono disseminati sull'epidermide della pagina inferiore. Nelle specie di macrofite a foglie galleggianti (es. *Nymphaea*), gli stomi sono presenti, ma non nella pagina inferiore, bensì in quella superiore, a contatto con il mezzo aereo. Il perché di queste differenze è facilmente intuibile se si pensa alle differenze esistenti tra ambiente aereo ed ambiente acquatico in termini di condizioni fisiche e chimiche (es. illuminazione, diffusione della CO<sub>2</sub>, ecc.).

Moltissime piante acquatiche sommerse hanno foglie finemente suddivise o molto allungate; questa caratteristica è in relazione alla necessità di opporre la minima resistenza alla forza del moto ondoso e di ottimizzare l'assimilazione di sostanze nutritive utili alla crescita e alla fotosintesi. Così come nelle specie terrestri, anche nelle piante acquatiche sono le foglie la sede primaria del processo di fo-

tosintesi, processo per il quale le piante necessitano tipicamente di luce, acqua e biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>). La diffusione della CO<sub>2</sub> nel mezzo acquoso è ridotta di 2-3 ordini di grandezza rispetto a quella nel mezzo aereo. Dunque, per poter colonizzare con successo l'ambiente acquatico, le macrofite hanno sviluppato sistemi più efficienti di assimilazione e trasporto delle sostanze gassose: in effetti, molte delle strutture che questi organismi posseggono sembrano studiate apposta per rendere confortevole la vita nell'acqua.

Così, la riduzione dello spessore della cuticola serve in realtà ad aumentare la resa del processo di diffusione dei gas e degli elementi chimici, processo che risulta altresì favorito dalla presenza di foglie allungate, ricche di spazi, lacune e canalini particolarmente evidenti in foglie con lunghi piccioli.

Alla relativa carenza di CO<sub>2</sub> nel mezzo acquoso alcune piante acquatiche (es. *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum*) sono in grado di sopperire mediante l'utilizzo, quale fonte di carbonio, del bicarbonato, molto più solubile in acqua rispetto alla CO<sub>2</sub>, e quindi in essa facilmente reperibile. Fanno eccezione i muschi acquatici (es. *Fontinalis*) che, non a caso, sono diffusi prevalentemente lungo i torrenti o i litorali dei laghi in acque poco profonde, ove gli scambi di gas tra acqua ed aria avvengono con continuità e più facilmente.

Se prendiamo dall'acqua una qualsiasi piantina e la trasportiamo all'asciutto noteremo immediatamente che essa tende a collassare. Questo ci indicherà la quasi totale assenza di tessuti di sostegno. Anche le cosiddette piante anfibiae, quelle cioè che vivono parzialmente sommerse dall'acqua (oltre alle Nymphaeaceae una tipica pianta anfibia è la castagna d'acqua, *Trapa natans*) e quelle che avendo foglie galleggianti vanno a formare il cosiddetto lamineto (es. *Nuphar*, *Nymphaea*), pur avendo dei tessuti di sostegno più sviluppati sono estremamente flessibili e dotate di tessuti molto spugnosi atti al galleggiamento. Se sezioniamo orizzontalmente il fusto di queste piante

tionary theory, according to which it was a “return” to water, many macrophytes have remained some relicts of their terrestrial experience. So let’s see what the most important adaptations were made to the morphological and physiological kit typical of terrestrial plants.

Observing sections of aquatic plants under the microscope, we can notice how the thickness of the cuticle (a protective coating of the leaves and the stem made of waxes) tends to diminish with increasing dependence on aquatic habitats: submerged macrophytes have a slimmer cuticle than partially submerged ones. The gradual decrease of cuticle thickness is therefore an example of adaptation to different environmental conditions.

Looking at leaf sections under a microscope, we can also notice how the epidermis of submerged macrophytes is of a reduced thickness and, above all, has no stomata (gas and water exchange structures) compared to those partially submerged. The stomata are characteristic of leaves in which they are scattered on the epidermis of the lower surface. In species of floating leaf macrophytes (e.g. *Nymphaea*), the stomata are present, but not on the lower but on the upper surface, in contact with the atmosphere. The reason for these differences is easily understandable when considering the differences between the aerial environment and the aquatic environment in terms of physical and chemical conditions (e.g. illumination, CO<sub>2</sub> diffusion, etc.).

Many submergent aquatic plants have finely divided or very elongated leaves; this characteristic is related to the need to counteract the least resistance to wave motion and to optimize the assimilation of nutrients useful for growth and photosynthesis. In terrestrial species, even in aquatic plants, leaves are the primary site of the photosynthesis process, for which plants typically need light, water and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). The diffusion of CO<sub>2</sub> in the aqueous medium is reduced by 2-3 orders of magnitude compared to that in the air. So, in order to successfully colonize the aquatic environment, mac-

rophytes have evolved more efficient assimilation and transport systems for gasses: in fact, many of the structures that these organisms possess seem to be specially designed to make life comfortable in the water. Thus, reducing cuticle thickness actually serves to increase the yield of the gas and chemical diffusion process, which is also favored by the presence of elongated leaves, often with long petioles, rich in spaces, lacunae and conduits, particularly evident in leaves with long petioles. Because of CO<sub>2</sub> scarcity in the aqueous medium, some aquatic plants (e.g. *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum*) can absorb ion bicarbonate, more water soluble than carbon dioxide, and therefore easily available. Exceptions are aquatic mosses (e.g. *Fontinalis*), which are by no means widespread along streams or shores of shallow lakes, where water and air gas exchanges occur more and more easily. If we take any seedlings from the water and transport it to the dry we will immediately notice that it tends to collapse. This will indicate the almost total absence of supportive tissues. Even so-called amphibian plants, that is, plants that live somewhat submerged by water (in addition to the Nymphaeaceae, a typical amphibious plant is the water chestnut, *Trapa natans*) and those having floating leaves form (e.g. *Nuphar*, *Nymphaea*), although having more developed support tissues, are extremely flexible and having very spongy tissues suitable for floating, we will immediately notice that they tend to collapse. This will indicate the almost total absence of support tissues. If we dissect horizontally the stem of these plants we will notice that there are numerous spaces (aeriferi channels, all of which form the aerenchyma) through which the gases (oxygen, carbon dioxide, etc.) flow. Such anatomical adaptation is a feature of submerged and amphibious aquatic plants, which is required by the unfavorable oxygenation conditions that these plants often must bear.

The vascular system used to transport water and mineral salts to the so-called active plant centers (e.g. photosynthetic apparatus)

noteremo che in esso sono presenti numerosi spazi (canali aeriferi, l'insieme di questi costituisce l'aerenchima), attraverso i quali fluiscono i gas (ossigeno, anidride carbonica, ecc.). Tale adattamento anatomico è una caratteristica delle piante acquatiche sommerse ed anfibie, reso necessario dalle sfavorevoli condizioni di ossigenazione che spesso questi vegetali devono sopportare.

Il sistema vascolare adibito al trasporto dell'acqua e dei sali minerali verso i cosiddetti centri attivi della pianta (es. apparato fotosintetico) è ridotto e la lignificazione delle pareti cellulari è anch'essa molto ridotta oppure, come accade in *Ceratophyllum*, del tutto assente.

Altra ricorrente caratteristica di molte piante acquatiche è la presenza di fusti sotterranei (ipogei) chiamati rizomi dai quali si sviluppano, lungo i nodi, le radici; in *Potamogeton*, i rizomi costituiscono importanti serbatoi di sostanze di riserva, dai quali si svilupperanno nuove piantine.

Le radici delle macrofite, quando presenti, non differiscono molto da quelle delle piante terrestri ad eccezione del fatto che sono dotate di un sistema di aerenchimi molto sviluppato. Il fatto però che siano in genere piuttosto ridotte, talora prive di peli assorbenti (es. *Ceratophyllum*, *Utricularia*), ha indotto molti studiosi a concentrarsi sul problema relativo al meccanismo di assunzione dei sali minerali. Inizialmente si è pensato ad una funzione semplicemente meccanica, di ancoraggio al substrato. Questa ipotesi è però smentita dall'evidenza dei fatti: le piante sommerse non necessitano di strutture di ancoraggio specifiche; vivendo in popolazioni ad elevata densità possono far fronte con sufficiente efficacia al moto ondoso o alla corrente. A migliorare ancor più questa resistenza compaiono talvolta specifiche strutture a livello fogliare quali quelle descritte in precedenza. Anche le evidenze sperimentali non consentono di suffragare quest'ipotesi iniziale; a parte il caso particolare di *Lemna* ("lenticchia d'acqua") - una piantina liberamente flottante, le piccole radici della quale svolgono funzione di equilibrio - per nessuna macrofita è stato

possibile dimostrare una funzione prettamente meccanica.

In effetti, gli esperimenti condotti a partire dagli anni '70 hanno dimostrato che le radici delle piante acquatiche, per quanto ridotte, funzionano anch'esse, al pari delle foglie, come organi assorbenti. Tale funzione si esplica soprattutto in quei momenti stagionali durante i quali i nutrienti presenti nell'acqua sono piuttosto scarsi e diventa quindi indispensabile usufruire delle radici per l'assimilazione degli elementi essenziali per la crescita.

A differenza di quanto si è verificato nei sistemi vascolare, fogliare e radicale, l'apparato riproduttivo nelle piante acquatiche si discosta poco da quello esistente nelle piante superiori terrestri. Alla pari di queste ultime, infatti, le macrofite presentano in certi periodi dell'anno fiori, molto spesso riuniti in infiorescenze; una volta avvenuta l'impollinazione, essi possono perpetrare la continuità della specie analogamente a quanto avviene nelle piante di ambiente subaereo.

I fiori delle macrofite sommerse sono solitamente piccoli e poco pigmentati; generalmente bianchi, non sono mai blu, forse perché questo colore li renderebbe in acqua praticamente invisibili agli insetti, ai quali si deve in alcuni casi il trasporto del polline (impollinazione entomofila). Per la maggior parte delle macrofite comunque, data la scarsa visibilità dei fiori, l'impollinazione è di tipo anemofilo o idrofilo, mediata cioè dal vento o dall'acqua.

Nel mondo vegetale esiste una grande varietà di forme e di sistemi di riproduzione: particolare significato assume in questo contesto il fenomeno della convergenza, secondo il quale specie anche molto lontane dal punto di vista sistematico presentano caratteristiche simili come risultato dell'adattamento alla vita acquatica.

La diffusione della specie avviene preferibilmente per via asexuata, vale a dire tramite frammenti di pianta o tramite gemme, le quali, differenziandosi, daranno origine a nuovi individui.

Allorquando la riproduzione è affidata ai fiori, questi si elevano al

is also reduced and lignin biosynthesis of cellular walls is also very small or, as in *Ceratophyllum*, totally absent.

Another frequent feature of many aquatic plants is the presence of underground stems called rhizomes, from which the roots develop along the nodes; in *Potamogeton*, rhizomes are important reservoirs of reserve substances, from which new seedlings will develop.

The roots of macrophytes, when present, do not differ much from those of terrestrial plants, except that they are equipped with a well-developed aerenchymal system. The fact, however, that they are generally rather small, sometimes without absorbent hair and in some cases absent (e.g. *Ceratophyllum*, *Utricularia*), has led many botanists to focus on the problem of mineral salt intake.

Initially, it was conceived of a simply mechanical anchoring to the substrate. This hypothesis is however denied by the a few evidences: submerged plants do not require specific anchor structures; living in high-density populations can cope with swelling or current effectively. To further enhance this resistance, sometimes there are specific foliar structures such as those described above. In addition to these considerations, experimental evidence did not support this earlier hypothesis. Apart from the specific case of *Lemna* (“duckweed”) - a freely floating seedlings, the small roots of which play a balance function - for no macrophytes it was possible to demonstrate a purely mechanical function. In fact, experiments conducted since the 1970s have shown that the roots of aquatic plants, albeit reduced, also function as leaves, as uptake organs. This function occurs especially in those seasonal moments during which the nutrients present in the water are rather scarce and therefore it is essential to take advantage of the roots to assimilate the essential elements for growth.

In the kingdom Plantae there is a great variety of forms and systems of reproduction: particular significance takes in this context the phenomenon of convergence, according to which species even very

far from the taxonomic point of view have similar characteristics as a result of adaptation to aquatic life.

Unlike the vascular, leafy and root systems, the reproductive apparatus in aquatic plants differs little from that existing in the terrestrial plants. Like the latter, in fact, aquatic plants present at certain times of the year flowers, often gathered in inflorescences; once pollination has taken place, they can perpetuate the continuity of the species in the same way as in terrestrial plants.

The flowers of submerged macrophytes are usually small and little pigmented; generally white, they are never blue, perhaps because this color would make them virtually invisible to insects, which in some cases have to transport pollen (entomophilic pollination). For most macrophytes however, given the low visibility of flowers, pollination is anemophilic or hydrophilic, mediated by wind or water. In the vegetable world there is a great variety of forms and systems of reproduction: particular significance takes in this context the phenomenon of convergence, according to which plants even very far from the systematic point of view have similar characteristics as a result of adaptation to aquatic life.

The spread of the species occurs preferably by asexual reproduction, that is through plant fragments or gems, which, by differentiating, will give rise to new individuals.

When reproduction is assigned to flowers, they are raised outside the water, where they can be more efficiently achieved by pollen transported by insects or wind. Pollination in the aqueous medium, recognized by a few species, such as *Najas* and *Ceratophyllum*, is made possible by the extreme proximity of the two reproductive apparatuses, male and female; the latter is placed on the same floral apparatus, below the male one. Where the two apparatuses are placed on different individuals, special arrangements make it possible for pollination. Certainly, the best known example is that of *Vallisneria spiralis*: female flowers are carried by a peduncle, partly wrapped in spiral, long

di fuori dell'acqua, ove possono essere più efficacemente raggiunti dal polline trasportato dagli insetti o dal vento. L'impollinazione nel mezzo acquoso, relativa a poche specie, quali quelle dei generi *Najas* e *Ceratophyllum*, è resa possibile dall'estrema vicinanza dei due apparati riproduttori, maschile e femminile; quest'ultimo è infatti posto sullo stesso apparato florale, al di sotto di quello maschile. Laddove i due apparati sono posti su individui diversi, particolari accorgimenti rendono possibile l'impollinazione. Il caso certamente più noto è quello di *Vallisneria spiralis*: i fiori femminili sono portati da un peduncolo, in parte avvolto a spirale, abbastanza lungo da consentire ai fiori femminili di galleggiare, una volta aperti, sull'acqua, sì da mettere a nudo il pistillo che dovrà essere impollinato. I fiori maschili, differenziatisi sott'acqua, si staccano dalla pianta e giungono in superficie, ove galleggiando giungono a contatto dei fiori femminili e li impollinano. Avvenuta la fecondazione, il peduncolo florale femminile si raccorcia e trascina l'ovario fecondato sul fondo, dove si compirà la maturazione del frutto. Mentre solamente in rari casi fiori e frutti vengono prodotti in totale sommersione, frequentemente i frutti pervengono a maturazione sul fondo, sì da prevenire il disseccamento dei semi che ne impedirebbe la germinazione.

Dopo aver passato in rassegna le principali caratteristiche morfologiche e riproduttive delle macrofite sommerse, vediamo ora di dare uno sguardo alle funzioni che questi vegetali svolgono nei corpi d'acqua in cui crescono.

Molti pescatori sportivi sanno che la pesca è spesso più redditizia in quelle aree di lago o nelle lanche dei fiumi colonizzate dalla vegetazione sommersa. Le ragioni di questo fatto sono molteplici; innanzitutto, laddove si sviluppano le piante acquatiche le acque sono meglio ossigenate; proprio grazie al processo di fotosintesi vengono infatti liberati nell'acqua, per ogni ora e per ogni grammo di peso secco fogliare, 3-8 milligrammi di ossigeno. Le piante acquatiche sono inoltre alimento per alcune specie di pesci; i litorali densamente popolati dai

vegetali rappresentano un rifugio ottimale per la deposizione delle uova e un sicuro nascondiglio per sottrarsi ai predatori. All'interno di queste "praterie" alberga una ricchissima schiera di organismi, primi fra tutti insetti e molluschi, che qui trovano cibo in abbondanza per il proprio sostentamento. Anche molti uccelli acquatici si cibano dei germogli di macrofite, favorendo così la dispersione di queste specie in paesi anche molto lontani. Tipici esempi di questo tipo sono costituiti da *Elodea canadensis* e *Lagarosiphon maior*, macrofite giunte nel nostro Paese rispettivamente dal Nord America e dal Sud Africa, mentre *Myriophyllum spicatum*, specie euro-asiatica, è diventata invasiva in molti ambienti dell'America settentrionale.

Altri aspetti funzionali, forse meno evidenti ma non per questo di minore importanza, sono il risultato delle interazioni tra questi organismi vegetali e l'ambiente che li circonda.

Nella zona litorale dei laghi si svolgono dei processi estremamente importanti, molti dei quali sono, per così dire, orchestrati dalle piante acquatiche e i cui risultati sono in grado di influenzare l'intera massa d'acqua pelagica. Ovviamente, gli effetti dipenderanno dalle dimensioni del bacino lacustre e dall'estensione della zona litorale.

Uno dei processi più importanti è quello del rimaneggiamento e del riciclo di sostanze chimiche presenti nei sedimenti. Le piante acquatiche litorali, siano esse emerse (canneto), sommerse o flottanti, costituiscono una sorta di barriera per il passaggio delle sostanze organiche e minerali provenienti dalle acque superficiali e da quelle reflue. Tale barriera, oltre ad agire come un semplice filtro meccanico, favorisce e sostiene mediante la propria attività produttiva un ricco popolamento batterico aerobio capace di demolire la sostanza organica presente. Parte degli elementi minerali derivati da quest'attività microbica sono essenziali per la crescita dei vegetali i quali, approfittando di questa elevata disponibilità "alimentare", si sviluppano in modo molto rigoglioso. E' questa una delle ragioni che favoriscono lo sviluppo e la crescita delle macrofite negli ambienti cosiddetti

enough to allow female flowers to float, once open on the water, so to bare the pistil that will have to be pollinated. The male flowers, underwater differentiated, separate themselves from the plant and reach the surface, when floating they come into contact with female flowers and pollinate them. Once the fertilization has taken place, the female flower peduncle joins and drags the fertilized ovary to the lake sediment, where fruit ripening will take place. While only in rare cases flowers and fruits are produced in total submersion, fruits often come to maturation on the bottom, so as to prevent the seeds from drying out to prevent germination.

After reviewing the main morphological and reproductive features of submerged macrophytes, let us now look at the functions that these plants play in the water bodies they grow.

Many sport fishermen know that fishing is often more profitable in those areas of lake or rivers inhabited by submerged vegetation. The reasons for this are numerous: first of all, where aquatic plants develop, the waters are better oxygenated; thanks to the photosynthesis process, 3 to 8 milligrams of oxygen are released into the water every hour per every gram of dry leaf. Aquatic plants are also food for some species of fish; densely populated littorals represent an optimal shelter for eggs deposition and a safe hiding place to escape predators. Within these “meadows” there is a rich variety of organisms---first of all insects and mollusks, which find abundant food here for their sustenance.

Many aquatic birds also eat macrophytic buds, thus favoring the dispersal of these species in very distant countries. Typical examples of this type are *Elodea canadensis* and *Lagarosiphon maior*, macrophytes arrived in our country, respectively from North America and South Africa, while *Myriophyllum spicatum*, the Euro-Asian species, has become invasive in many North American environments.

Other functional aspects, perhaps less obvious but not of less importance, are the result of interactions between the aquatic plants and the surrounding environment.

In the littorals of lakes very important processes occur, many of which are “orchestrated” by aquatic plants and whose results are capable of influencing the entire pelagic zone. Obviously, the effects will depend on the size of the lake basin and the extension of the littoral zone.

One of the most important processes is the renewal and recycling of chemicals present in sediments. Aquatic plants, whether they have emerged (reed bed), submerged or floating, constitute a sort of barrier for the transfer of organic and mineral substances from surface and waste water.

In addition to acting as a simple mechanical filter, this littoral barrier favors and sustains a rich aerobic bacterial population capable of breakdown the organic substance. Part of the mineral elements derived from this microbial activity are essential for plant growth, which, taking advantage of this high availability of “food”, develops in a very luxuriant environment.

This is one of the reasons for the development and growth of macrophytes in so-called eutrophic environments. In fact, through the photosynthetic activity, the plants will rework the “simple” substances they make, transforming them into more complex. At the same time, their metabolic activity will create totally unique chemical and physical conditions in the surrounding environment: not surprisingly, researchers point to the presence of different micro-habitats within a very extensive plant population.

If, under normal aquatic ecosystems metabolism, the different functions of aquatic plants are balanced so as to maintain good water quality in situations of enrichment of a water body with nutrients (e.g. eutrophication), this delicate balance is altered and the aquatic plants become unwanted guests (nuisance). The produced organic matter is in excess compared to the “receptive” capacity of the system, i.e. the ability of consumers to use them directly; consequently, it is largely diverted to the so-called detritus chain, with

eutrofi. Attraverso l'attività fotosintetica, infatti, le piante rielaboreranno le sostanze semplici assunte, trasformandole in altre più complesse. Nel contempo, la loro attività metabolica creerà nell'ambiente circostante condizioni chimiche e fisiche del tutto particolari: non a caso gli studiosi evidenziano la presenza di micro-habitat diversi all'interno di un popolamento vegetale molto esteso.

Se in condizioni di normale metabolismo dell'ecosistema lacustre le diverse funzioni delle piante acquatiche sono bilanciate, sì da permettere il mantenimento di una buona qualità delle acque, in situazioni di eccessivo apporto di nutrienti (es. eutrofizzazione), questo delicato equilibrio viene alterato e le piante acquatiche diventano degli ospiti indesiderati. La sostanza organica prodotta nel suo complesso risulta in esubero (surplus) rispetto alle capacità ricettive del sistema, ovvero alla capacità di utilizzo diretto da parte dei consumatori; conseguentemente, essa viene in massima parte deviata verso la cosiddetta catena del detrito, con un calo notevole dell'efficienza e un maggior consumo di ossigeno. In questa situazione, non solamente le piante acquatiche non sono in grado di alleviare i danni conseguenti a questo processo, ma piuttosto concorrono ad aumentarli: anch'esse infatti si accrescono in maniera eccessiva contribuendo così, durante la fase di senescenza autunnale, all'apporto di sostanza organica in esubero (200-300 tonnellate all'anno). Il risultato di questi processi è che il consumo di ossigeno supera di gran lunga la sua produzione. In situazioni di totale deossigenazione delle acque si verificano di

frequente estese morie di pesci, fenomeno questo deleterio, non solamente per gli aspetti legati alle condizioni trofiche dell'ecosistema ma anche per problemi di igiene pubblica.

Quali sono le condizioni che favoriscono o determinano la presenza e la composizione in specie di questi vegetali nell'ambiente acquatico? La risposta a questi quesiti è piuttosto complessa; certamente, la loro sfera di esistenza è legata al quadro di variabili fisico-chimiche e climatiche. Purtroppo, l'elevata variabilità dei risultati ottenuti in studi differenti non rende possibile la formulazione di semplici correlazioni tra presenza-assenza di macrofite e specifiche variabili ambientali. La presenza di una specie piuttosto che un'altra è infatti il risultato di numerosi fattori, che variano dalle strategie riproduttive proprie di ciascuna specie, alle capacità di adattamento alle condizioni ambientali (quali luce, natura e distribuzione dei sedimenti, tipo di orografia, ecc.).

Mediante la propagazione vegetativa ogni singola specie è in grado di coprire in breve tempo vaste superfici; di conseguenza, variazioni relativamente modeste nelle condizioni ambientali che favoriscano una delle specie originariamente presenti possono incidere a tal punto da determinare il successo di un popolamento quasi monospecifico.

La distribuzione di ogni organismo vegetale è dunque una funzione non lineare di eventuali modificazioni nelle variabili fisiche, chimiche e biologiche degli habitat nei quali esse si sviluppano.