

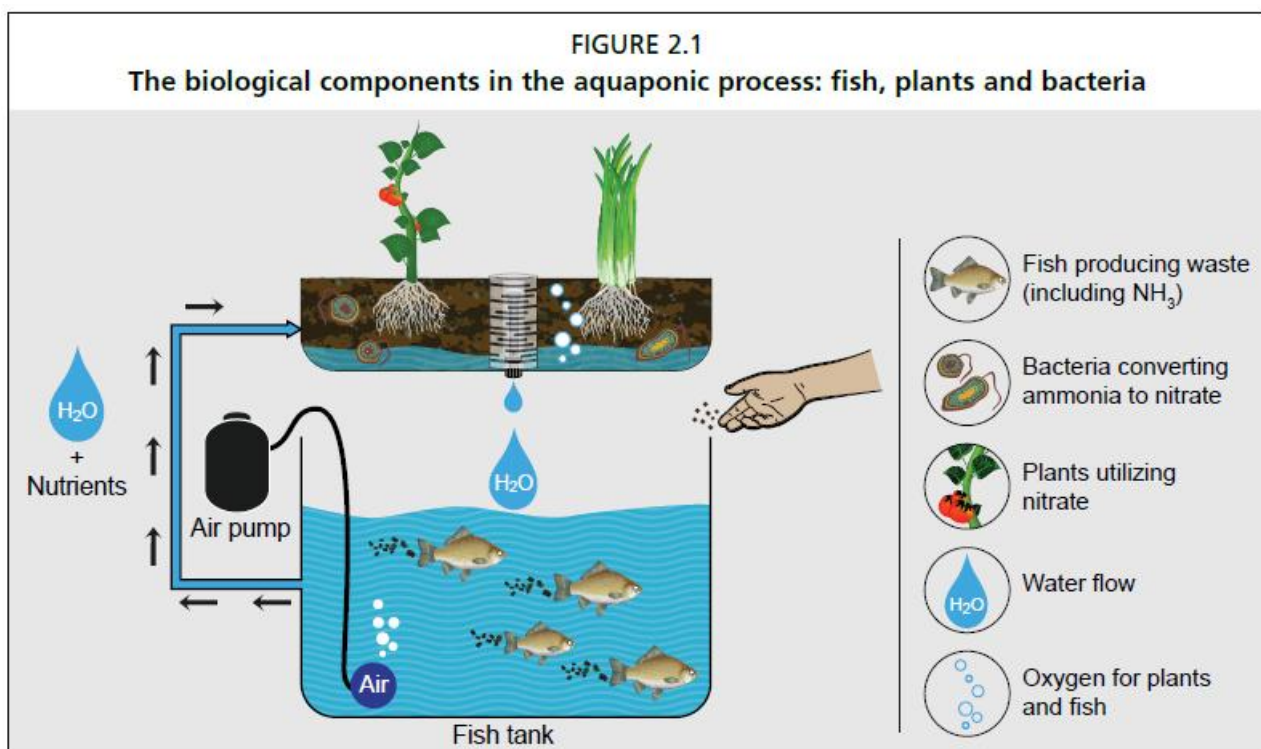
COMPRENDERE L'ACQUAPONICA

(Capitolo 2)

Dopo l'introduzione iniziale sull'acquaponica fornita nel capitolo 1, questo capitolo tratta dei processi biologici che si verificano all'interno di un impianto acquaponico. In primo luogo, il capitolo spiega i principali concetti e processi coinvolti, compreso il processo di nitrificazione, poi esamina il ruolo vitale dei batteri e dei loro processi biologici fondamentali, infine, affronterà il tema dell'importanza di bilanciare l'ecosistema acquaponico costituito da pesce, piante e batteri e di come questo possa essere realizzato e mantenuto nel tempo.

2.1 componenti biologiche importanti dell'acquaponica

Come descritto nel primo capitolo l'acquaponica è una forma di agricoltura integrata, che combina due tecniche principali, di acquacoltura e idroponica in un continuo ricircolo: l'acqua di allevamento esce dal serbatoio contenente i rifiuti metabolici dei pesci, passa prima attraverso un filtro meccanico che blocca i rifiuti solidi e quindi attraversa un biofiltro che ossida l'ammoniaca trasformandola in nitrati. L'acqua poi viaggia attraverso i letti di crescita dove viene assorbita dalle piante insieme alle sostanze nutritive e, infine, l'acqua ritorna, purificata alle vasche di allevamento del pesce.

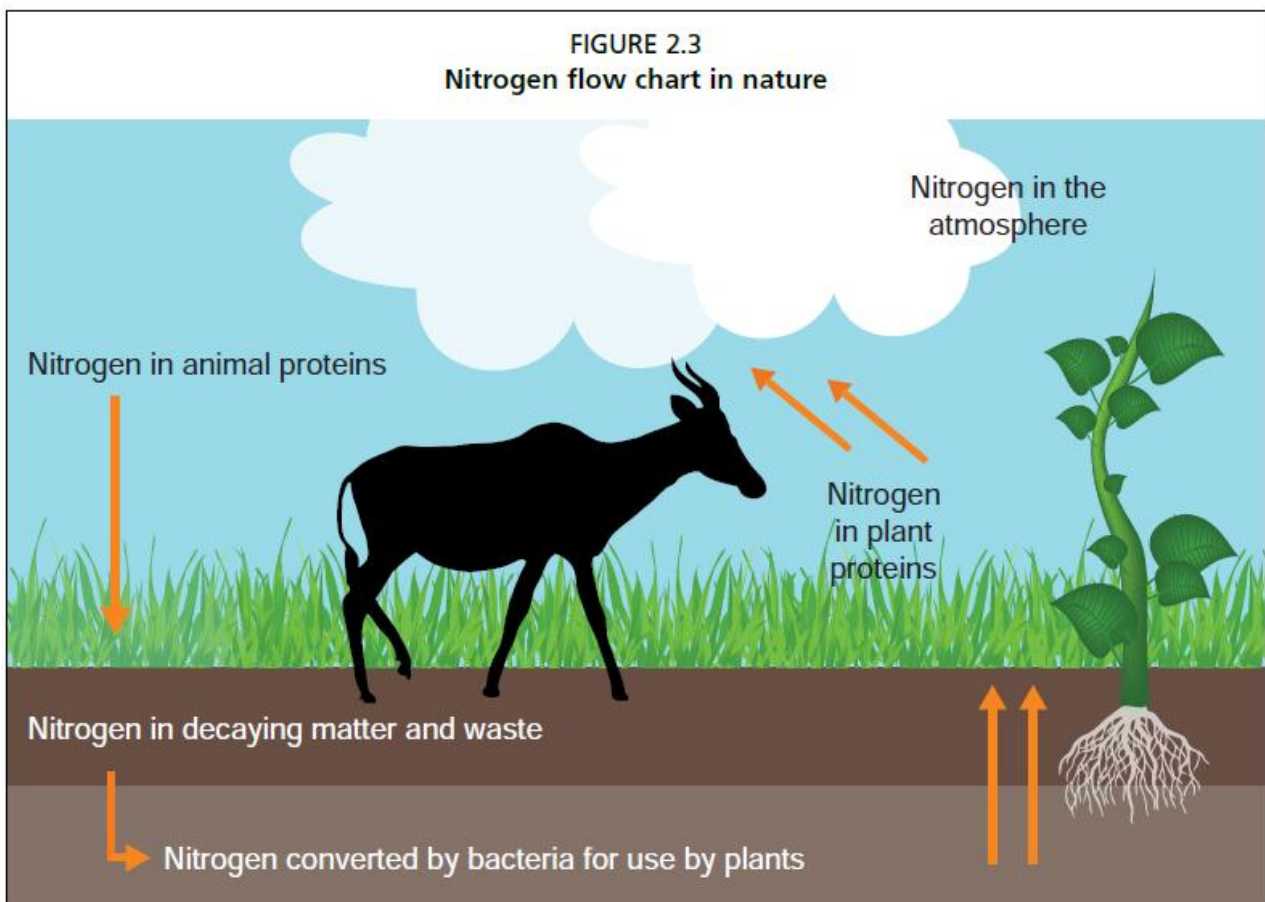
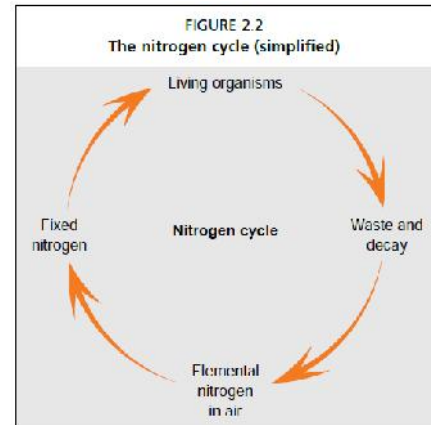


Il biofiltro è un perfetto habitat per i batteri che intervengono nel processo per convertire gli scarti dei pesci in sostanze nutritive utili alle piante. Questi nutrienti, che si trovano disciolti in acqua, vengono quindi assorbiti dalle piante. Il processo di rimozione dei nutrienti depura l'acqua, impedendo all'acqua di diventare tossica cioè contenente azoto in forma nociva (ammoniaca e nitriti) e consente ai pesci, piante e batteri di prosperare in simbiosi. Così, tutti gli organismi lavorano insieme per creare un ambiente di crescita sano per tutti, a condizione che il sistema sia correttamente bilanciato.

2.1.1 Il ciclo dell'azoto

Il processo biologico più importante in acquaponica è il processo di nitrificazione, che è un componente essenziale del ciclo globale dell'azoto presente in natura. L'azoto (N) è un elemento chimico essenziale per tutte le forme di vita. È presente in tutti gli amminoacidi, che costituiscono tutte le proteine indispensabili per molti processi biologici chiave per animali, come i processi enzimatici, gli scambi tra le cellule e la costruzione di strutture. L'azoto è il più importante dei nutrienti inorganici per tutte le piante. L'azoto, in forma di gas, è in realtà l'elemento più abbondante presente in atmosfera terrestre che è composta per circa il 78 per cento da azoto, mentre l'ossigeno è solo circa il 21 per cento. Eppure, nonostante l'azoto sia così abbondante, è presente come azoto molecolare (N_2) solo nell'atmosfera, in una forma molto stabile come il triplo legame di atomi di azoto e non è accessibile alle piante. Pertanto, l'azoto nella sua forma N_2 va modificato affinché le piante possano utilizzarlo per la crescita. Questo processo è chiamato "fissazione".

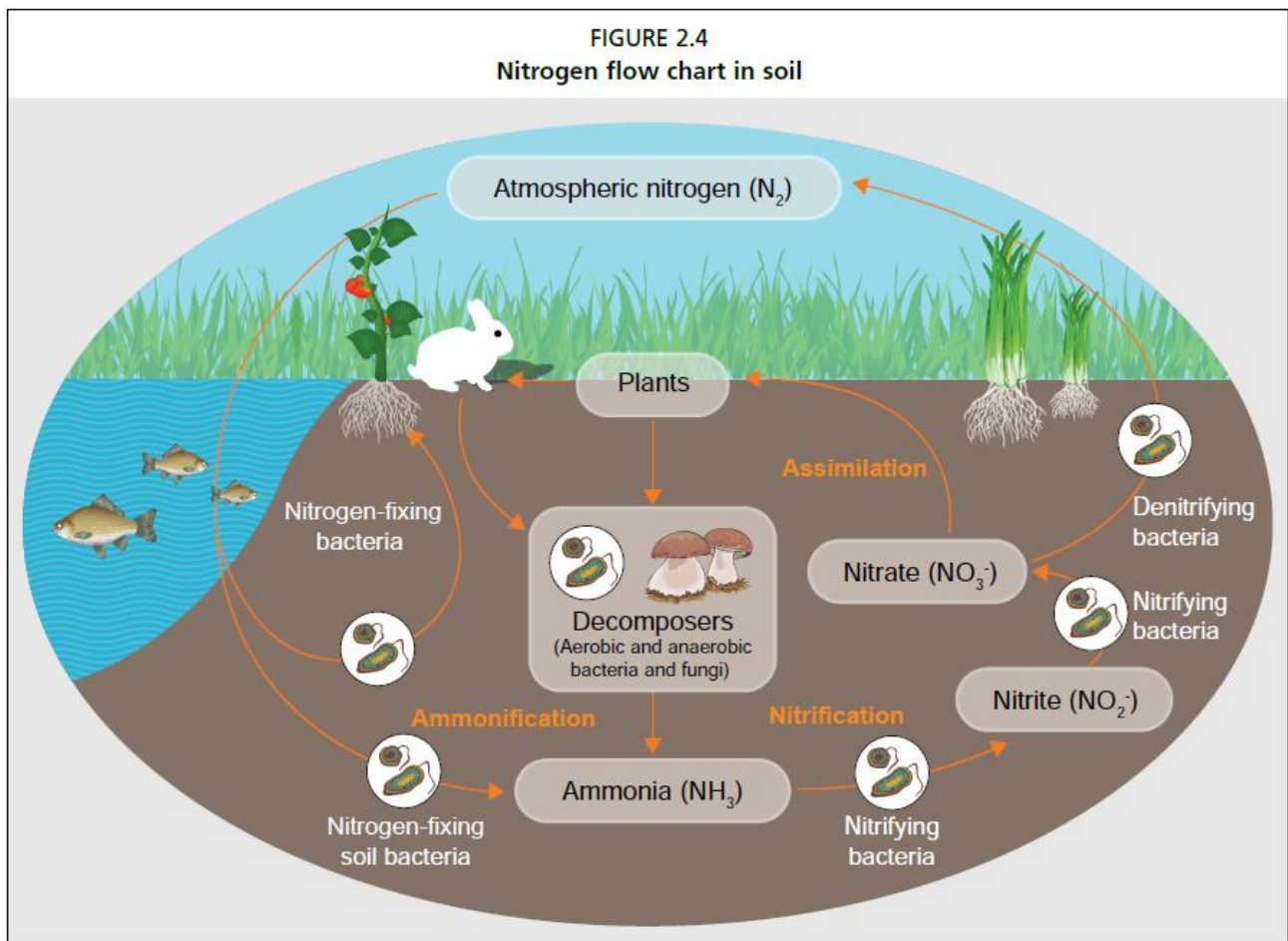
La rappresentazione grafica del ciclo dell'azoto, trova la seguente rappresentazione in natura.



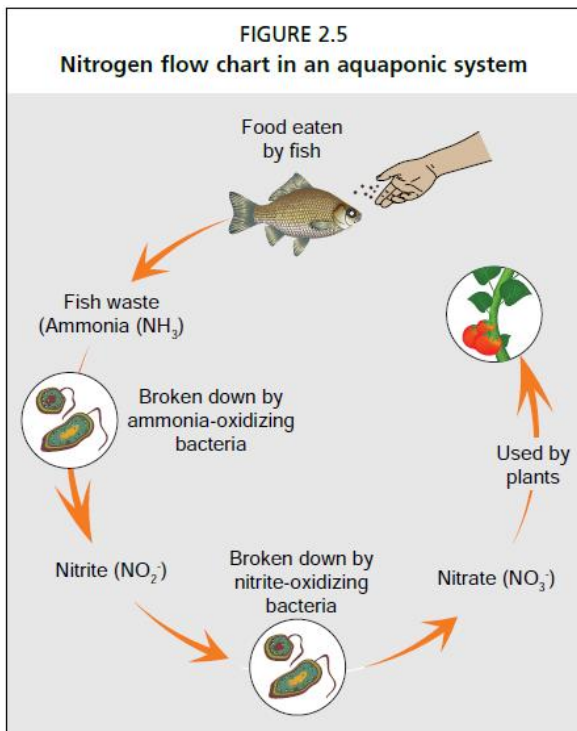
La fissazione dell'azoto è facilitata dai batteri che ne alterano chimicamente la forma N_2 aggiungendo altri elementi come idrogeno o ossigeno, creando così nuovi composti chimici quali l'ammoniaca (NH_3) e il nitrato (NO_3) che le piante possono usare facilmente. Inoltre l'azoto atmosferico può essere fissato attraverso un processo di produzione ad alto consumo di energia noto come processo Haber, utilizzato per produrre fertilizzanti sintetici.

L'animale rappresentato in figura 2.3 produce rifiuti (feci e urine), che sono in gran parte costituiti da ammoniaca (NH_3). Altre sostanze organiche in decomposizione si trovano in natura, come ad esempio piante o animali morti che vengono demoliti da funghi e da diversi gruppi di batteri in ammoniaca. Questa ammoniaca viene metabolizzata da un gruppo specifico di batteri, che è molto importante per l'acquaponica, chiamati batteri nitrificanti. I batteri prima convertono l'ammoniaca in nitriti (NO_2^-) e poi finalmente in nitrati (NO_3^-). Le piante sono in grado di utilizzare l'azoto principalmente sotto forma di nitrati che vengono assimilati attraverso le radici per svolgere i loro processi di crescita.

I batteri nitrificanti, che vivono in diversi ambienti come terra, sabbia, acqua e aria, sono una componente essenziale della nitrificazione, processo che converte rifiuti vegetali e animali in sostanze nutritive utili per le piante. La Figura 2.4 mostra lo stesso processo illustrato nella Figura 2.3, ma include un flusso più complesso, il grafico mostra tutte le fasi del ciclo dell'azoto.



Questo processo naturale di nitrificazione ad opera dei batteri che avviene nel suolo si svolge allo stesso modo anche in acqua. Nell'acquaponica i rifiuti di origine animale sono le deiezioni dei pesci rilasciate nelle vasche di allevamento. Gli stessi batteri nitrificanti che vivono sulla terra si insediano naturalmente in acqua o su ogni superficie bagnata, attivando la conversione dell'ammoniaca presente negli scarti del pesce in nitrati, facilmente assimilabili da parte delle piante. La nitrificazione nei sistemi acquaponici fornisce nutrienti per le piante e elimina ammoniaca e nitriti che sono tossici.

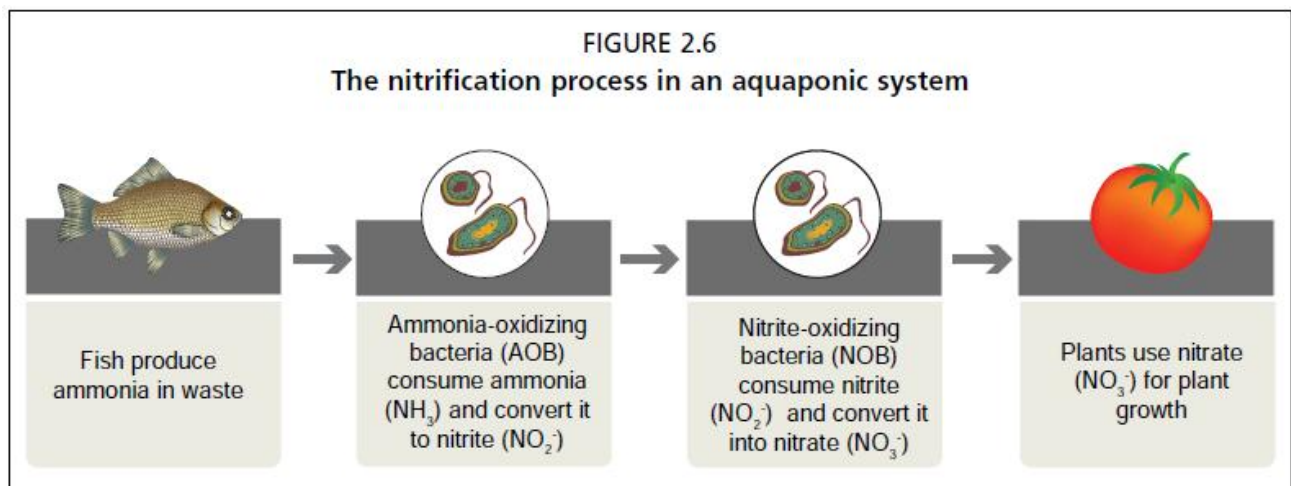


2.2 Il biofiltro

I batteri nitrificanti sono di vitale importanza per il funzionamento complessivo del sistema acquaponico, il capitolo 4 descrive come funziona il componente biofiltro per ogni metodo acquaponico, il capitolo 5 descrive i diversi gruppi di batteri che operano in un sistema acquaponico.

Due grandi gruppi di batteri nitrificanti sono coinvolti nel processo di nitrificazione:

- 1) i batteri che ossidano l'ammoniaca (AOB - ammonia-oxidizing bacteria)
- 2) i batteri che ossidano i nitriti (NOB - nitrite-oxidizing bacteria)



Questi batteri metabolizzano l'ammoniaca nel seguente ordine:

1. batteri AOB convertono l'ammoniaca (NH_3) in nitriti (NO_2)
2. batteri NOB quindi convertono il nitrito (NO_2) in nitrato (NO_3)

Come mostrato nei simboli chimici, il batterio ossidante AOB aggiunge ossigeno all'ammoniaca per creare nitriti (NO_2) e il NOB ossida ulteriormente i nitriti (NO_2) in nitrato (NO_3). Al genere *Nitrosomonas* appartengono i batteri ossidanti l'ammoniaca (AOB) più comuni nei sistemi

acquaponici, mentre il *Nitrobacter*, è il genere più comune di batteri ossidanti i nitriti (NOB). In sintesi, l'ecosistema all'interno di un sistema acquaponico è totalmente basato sul metabolismo dei batteri. Se i batteri non sono presenti o se non funzionano correttamente, le concentrazioni di ammoniaca in acqua uccideranno i pesci. E' fondamentale mantenere e gestire in qualsiasi momento una colonia batterica sana nel sistema per contenere i livelli di ammoniaca vicino allo zero.

2.3 Il mantenimento in salute di una colonia batterica

E' importante mantenere la colonia batterica in buone condizioni, in ogni parte dell'impianto acquaponico, dunque sia sulla superficie del biofiltro sia nell'acqua.

2.3.1 Superficie biofiltro

Le colonie batteriche prosperano su qualsiasi materiale, sulle radici delle piante, lungo le pareti della vasca del pesce e all'interno di ogni tubo. I sistemi con alta densità di pesce richiedono una componente di biofiltrazione separata in cui sia contenuto un materiale con una elevata area superficiale come ad esempio un substrato inerte come ghiaia, lapillo o argilla espansa.

Un sistema acquaponico con un substrato di crescita composto da lapillo vulcanico offre una grande superficie per la riproduzione dei batteri.



2.3.2 Il pH dell'acqua

Un alto o basso livello di pH ha un impatto importante sull'attività biologica dei batteri nitrificanti e sulla loro capacità per convertire l'ammoniaca e nitriti.

Il range ideale per i due gruppi nitrificanti sotto sono è il seguente:

Nitrifying bacteria	Optimal pH
<i>Nitrosomonas</i> spp.	7.2-7.8
<i>Nitrobacter</i> spp.	7.2-8.2

tuttavia la letteratura sulla crescita dei batteri suggerisce un livello di tolleranza (6-8.5) dunque assai superiore, grazie alla capacità dei batteri di adattarsi al loro ambiente.

In un impianto acquaponico in ogni caso il pH più appropriato deve collocarsi tra 6 e 7 perché questo intervallo è il migliore sia per le piante che per i pesci (il capitolo 3 discute del compromesso sulla qualità delle acque e sui suoi parametri).

Inoltre, la perdita di efficienza dei batteri può essere compensata se la superficie per il loro sviluppo è sovradimensionata.



Misuratore digitale di pH e temperatura

2.3.3 Temperatura dell'acqua

La temperatura dell'acqua è un parametro importante per i batteri e per l'acquaponica in generale, l'intervallo di temperatura ideale per la crescita dei batteri e la loro produttività è tra 17-34 °C. Se la temperatura dell'acqua scende sotto 17 °C, la produttività dei batteri sarà ridotta. Inferiore a 10 °C,

la produttività subisce una riduzione di almeno il 50 per cento. Le basse temperature possono avere importanti ripercussioni sulla gestione delle unità durante inverno (vedi capitolo 8).

2.3.4 Ossigeno disciolto

I batteri nitrificanti necessitano di un adeguato livello di ossigeno disciolto (DO) nell'acqua in ogni momento al fine di mantenere elevati livelli di produttività.

La nitrificazione è una reazione ossidativa dove l'ossigeno viene utilizzato come reagente, senza ossigeno, la reazione si ferma. Livelli ottimali di DO sono 4-8 mg / litro. La nitrificazione diminuisce se le concentrazioni di DO scendono sotto 2,0 mg /litro. Inoltre, senza concentrazioni DO sufficienti, può svilupparsi un altro tipo di batteri che converte i nitrati in azoto molecolare, inutilizzabile, questo processo anaerobico è noto come denitrificazione.

2.3.5 Luce ultravioletta

I batteri nitrificanti sono organismi fotosensibili, il che significa che la luce ultravioletta (UV) del sole è una minaccia. Ciò in particolare durante la formazione iniziale delle colonie batteriche, quando un nuovo sistema acquaponico è appena avviato. Una volta che i batteri hanno colonizzato una superficie (3-5 giorni), la luce UV non costituisce un grave problema. Un semplice modo per rimuovere questa minaccia è quello di coprire il serbatoio dei pesci e i filtri con materiale protettivo rispetto ai raggi UV, badando che l'acqua della componente idroponica non sia esposta al sole, almeno fino a quando le colonie batteriche non si saranno completamente formate. Batteri nitrificanti prosperano in maniera ottimale in un materiale con elevata area superficiale, riparato utilizzando materiale UV-protettivo, e in condizioni di acqua adeguate (Tabella 2.1).

TABLE 2.1
Water quality tolerance ranges for nitrifying bacteria

	Temperature (°C)	pH	Ammonia (mg/litre)	Nitrite (mg/litre)	Nitrate (mg/litre)	DO (mg/litre)
Tolerance Range	17-34	6-8.5	< 3	< 3	< 400	4-8



2.4 Il bilanciamento dell'ecosistema acquaponico

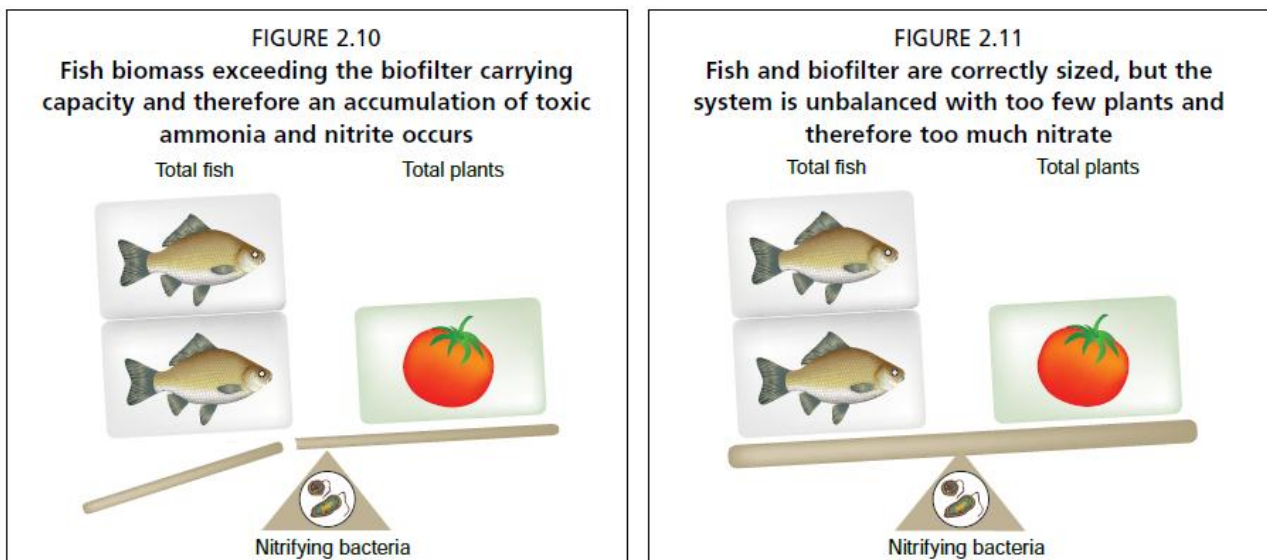
Il bilanciamento è il termine usato per definire il punto di equilibrio di tutte i parametri di un sistema acquaponico che assicura che l'ecosistema di pesci, piante e batteri sia in equilibrio dinamico. E' questo bilanciamento che consente di mantenere un equilibrato ecosistema da cui dipende principalmente il successo di un impianto. In altre parole questo significa che è l'equilibrio tra la quantità di pesce, la quantità di piante e le dimensioni del biofiltro, che di fatto determina la quantità di batteri.

I rapporti tra dimensioni del biofiltro, densità d'impianto e la densità e quantità di pesce allevato sono stati sperimentalmente determinati. Non è saggio, oltre che assai difficile, operare oltre questi

rapporti ottimali senza rischiare conseguenze disastrose per l'ecosistema acquaponico generale. Una volta che si è diventati esperti di acquaponica è possibile sperimentare e regolare diversamente i parametri, ma si raccomanda di accostarsi all'acquaponica rispettando scrupolosamente questi rapporti. Questa sezione fornisce una breve, ma essenziale, introduzione ad un sistema in condizioni di equilibrio. Dimensioni dei biofiltri e densità degli animali sono trattati in modo molto più approfondito nel capitolo 8.

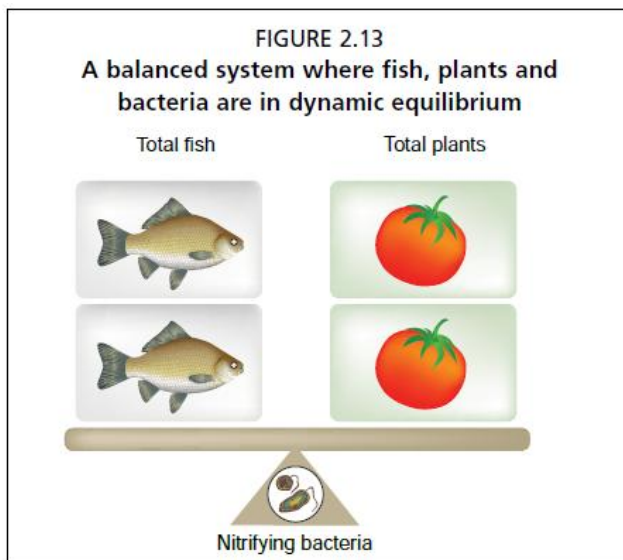
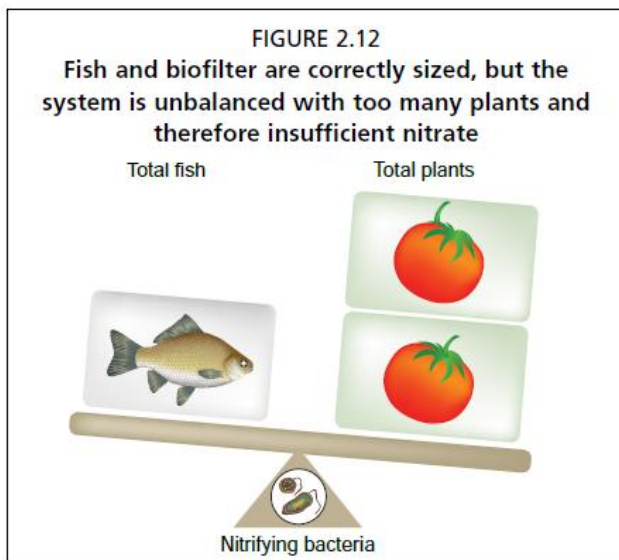
2.4.1 Equilibrio dei nitrati

L'equilibrio in un sistema acquaponico può essere paragonato ad una bilancia a piatti contrapposti. L'ago della bilancia è dato dai batteri nitrificanti. È pertanto essenziale che la biofiltrazione sia abbastanza solida da sostenere gli altri due componenti (pesci e piante). Ciò corrisponde alla robustezza della leva. In Figura 2.10 si nota che le braccia non erano in grado di reggere la quantità di rifiuti del pesce e dunque il braccio si è rotto. Ciò significa che la biofiltrazione era insufficiente. Se la biomassa di pesce e le dimensioni biofiltro sono in equilibrio, l'impianto acquaponico sarà in grado di elaborare l'ammoniaca in nitrato. Tuttavia, se un componente dell'impianto è sottodimensionato, allora il sistema inizierà ad accumulare nutrienti (Figura 2.11).



In termini pratici le elevate concentrazioni di nutrienti non sono dannose per i pesci né piante, ma sono un'indicazione che il sistema è poco efficiente dal punto di vista produttivo.

Un errore di gestione comune si verifica anche quando si utilizzano molte piante e troppo pochi pesci, come si vede nel terzo scenario mostrato nella Figura 2.12. In questo caso, l'ammoniaca viene elaborata dai batteri nitrificanti, ma la quantità di nitrato risultante e altri nutrienti è insufficiente per coprire le esigenze delle piante. Questa condizione porta infine ad una progressiva riduzione nella concentrazione di nutrienti e, di conseguenza, ad una minor produzione di vegetali. La principale lezione che si ricava dagli gli esempi è che per ottenere la massima produzione da un impianto acquaponico si richiede il mantenimento di un adeguato equilibrio tra scarti di allevamento del pesce e fabbisogno di nutrienti vegetali, garantendo al tempo stesso un'adeguata superficie che consenta alla colonia batterica di crescere per convertire tutti i rifiuti del pesce. Questo scenario equilibrato è mostrato nella Figura 2.13 questo equilibrio tra pesci e piante è indicato anche come rapporto tra le biomasse.



In un impianto acquaponico di successo vi è una relazione appropriata tra la biomassa di pesci in relazione al numero di piante o, più precisamente, vi è un rapporto equilibrato tra il mangime per pesci e il fabbisogno di nutrienti delle coltivazioni. Anche se è importante seguire i rapporti suggeriti per un'acquaponica di successo nella produzione di cibo, la gamma delle variabili che incidono sul risultato finale è elevatissima, un agricoltore acquaponico esperto noterà come un sistema acquaponico, con il tempo, diventa un sistema auto-regolante. Inoltre, lo stesso sistema acquaponico fornisce a un contadino attento segnali di pericolo non appena inizia a scivolare fuori equilibrio. Sono segnali che hanno a che vedere con le misure di qualità dell'acqua, la salute dei pesci e delle piante, ecc..., ognuno di questi segnali sarà discusso in dettaglio in questa pubblicazione.

2.4.2 Tasso di alimentazione

Sono molte le variabili da tenere in considerazione per avere un sistema in equilibrio (vedi riquadro 2), ma la ricerca ha semplificato il metodo di bilanciamento un impianto mettendolo in relazione a un singolo rapporto chiamato "feed rate ratio". Il tasso di alimentazione è un riepilogo delle tre variabili più importanti che sono: la quantità giornaliera di mangimi per pesci in grammi al giorno, il tipo di impianto (vegetali a foglia o a frutto) e lo spazio per la crescita delle piante, definito in metri quadrati. Questo rapporto suggerisce la quantità di mangime per pesci giornaliera per ogni

BOX 2

Le principali variabili da considerare per il bilanciamento di una unità sono:

- A quale capacità produttiva dovrà funzionare il sistema.
- Metodo di produzione aquaponica.
- Tipo di pesce (carnivori vs. onnivori, livello di attività).
- Tipo di mangimi necessari per i pesci (livello di proteine).
- Tipo di piante (verdure a foglia, tuberi o frutta).
- Tipo di produzione vegetale (monocoltura o policoltura).
- Condizioni ambientali e dell'acqua.
- Metodo di filtrazione.

Quantità giornaliere raccomandate di alimento per i pesci:

- per verdure a foglia verde: 40-50 grammi di mangime per metro quadrato al giorno
- per ortaggi da frutto: 50-80 grammi di mangime per metro quadrato al giorno

metro quadrato di superficie di coltivazione. E' più semplice, per bilanciare un sistema, calcolare la quantità di alimentazione che viene immessa rispetto a calcolare direttamente la quantità di pesce inserito. Valutando la quantità di mangime, è quindi possibile calcolare quanti pesci produrre in base al loro consumo medio giornaliero.

Il controllo del tasso di alimentazione è in grado di mantenere un ecosistema equilibrato per il pesce, le piante e i batteri, a condizione che vi sia un'adeguata biofiltrazione. Quando si progetta un sistema acquaponico è utile utilizzare questo rapporto, anche se è importante notare che il tasso di alimentazione è solo un parametro per il bilanciamento di un impianto acquaponico, altre variabili possono avere un impatto più o meno grande a seconda dei diversi momenti dell'anno, come i cambiamenti stagionali di temperatura dell'acqua. Ortaggi da frutto hanno necessità di una maggiore quantità di sostanze nutritive per la produzione di fiori e frutti rispetto a verdure a foglia. Insieme con il tasso di alimentazione, ci sono altri due metodi semplici e complementari per assicurare un sistema bilanciato: lo stato di salute dei pesci e delle piante e il test dell'azoto.

2.4.3 Stato di salute di pesci e piante

Pesci o piante malati sono spesso un avvertimento che il sistema è in disequilibrio. I sintomi di carenze sulle piante di solito indicano che non si riescono a produrre abbastanza nutrienti dagli scarti del pesce. Le carenze nutrizionali che si possono verificare come la crescita scarsa, foglie ingiallite e scarso sviluppo delle radici, sono tutte discusse nel Capitolo 6. In questo caso è necessario aumentare la densità del pesce (e quindi la sua possibilità di consumare più cibo) anche il biofiltro dovrà essere di conseguenza incrementato, oppure sarà necessario rimuovere una parte delle piante. Allo stesso modo, se si verificano segni di stress nel pesce, come boccheggia in superficie, sfregamento sulle pareti delle vasche o il formarsi di aree rosse intorno a pinne, occhi e branchie, o in casi estremi la morte dei soggetti, è spesso causa di un accumulo di ammoniaca tossica o elevati livelli di nitriti. Questo accade spesso quando ci sono troppi rifiuti disciolti rispetto alla capacità di elaborazione del biofiltro. Uno qualsiasi di questi sintomi nel pesce o nelle piante sta a significare che l'agricoltore ha bisogno di indagare attivamente per correggere la causa.

2.4.4 Test dell'azoto

Questo metodo di controllo prevede di testare i livelli di azoto in acqua utilizzando semplici kit per il test dell'acqua poco costosi.

Se le quantità di ammoniaca o nitrito sono alte ($> 1 \text{ mg/l}$), significa che la biofiltrazione è insufficiente e le superfici di biofiltro disponibili dovrebbero essere aumentate. La maggior parte dei pesci possono tollerare questi livelli per più giorni. Un aumento del livello di nitrati è positivo perché porta con se nutrienti sufficienti per la crescita delle piante. I pesci possono tollerare livelli elevati di nitrati, ma se i livelli rimangono elevati ($> 150 \text{ mg/litro}$) per diverse settimane una parte dell'acqua dovrebbe essere sostituita e utilizzata per irrigare altre colture. Se i livelli di nitrati sono bassi ($< 10 \text{ mg/l}$) per un periodo di diverse settimane, può essere leggermente aumentata la quantità di alimenti per pesci per assicurarsi che ci siano abbastanza nutrienti per le verdure.

Tuttavia, bisogna assolutamente evitare che rimanga nelle vasche mangime non consumato dai pesci; se si verificasse questo caso occorrerà aumentare la quantità di pesce allevato.

In alternativa possono essere rimosse alcune piante in modo che ci siano abbastanza nutrienti per quelle che rimangono. Si raccomanda di verificare i livelli di azoto ogni settimana per assicurarsi che il sistema sia bilanciato. Inoltre i livelli di nitrati sono un indicatore del livello degli altri nutrienti nell'acqua. Si ricorda che il calcolo di tutti i rapporti menzionati, carico di pesci, densità di piante, dimensioni dei biofiltri, sono spiegati con maggiore dettaglio nei capitoli che seguiranno



(soprattutto nel capitolo 8). Lo scopo di questa sezione è quello di fornire una comprensione di quanto sia importante equilibrare l'ecosistema all'interno dei sistemi acquaponici e di evidenziare metodi semplici e strategie per riuscire a farlo.

2.5 Sintesi del capitolo

- J L'acquaponica è un sistema di produzione che combina piscicoltura con la produzione di ortaggi fuori suolo in un sistema a ricircolo.
- J I batteri nitrificanti aiutano a convertire gli scarti dei pesci (ammoniaca) in alimenti vegetali (nitrati).
- J Lo stesso processo di nitrificazione che avviene nel suolo avviene anche nel sistema acquaponico.
- J La parte più importante di un sistema acquaponico, i batteri, è invisibile a occhio nudo.
- J I fattori chiave per mantenere i batteri sani sono la temperatura dell'acqua, il pH, l'ossigeno disciolto e un'adeguata superficie su cui i batteri possono crescere.
- J I sistemi acquaponici di successo sono equilibrati.
- J Il tasso di alimentazione è il principale parametro per bilanciare la quantità di mangime per pesci in relazione alle quantità di piante coltivate e si misura in grammi di mangime al giorno per metro quadrato di spazio per la crescita delle piante.
- J Il tasso di alimentazione per ortaggi a foglia è di 40-50 g/m²/giorno; ortaggi a frutto richiedono 50-80 g/m²/giorno.
- J Il monitoraggio quotidiano della salute dei pesci e delle piante fornisce informazioni sull'equilibrio del sistema. Malattie, carenze nutrizionali e la morte sono i sintomi di un sistema non bilanciato.
- J Il test dell'acqua fornisce informazioni sullo stato del sistema. Elevati livelli di ammoniaca o nitrito è indice di una biofiltrazione insufficiente; bassi livelli di nitrati indicano troppe piante o una quantità di pesce non sufficiente; l'aumento di nitrati è positivo e indica un livello di nutrienti adeguato per le piante, anche se una parte dell'acqua deve essere sostituita quando i nitrati superano i 150 mg/litro.