

COLLANA "WHITE"

# **Biomimetica: la lezione della Natura**

Ecosostenibilità, design e cicli produttivi  
nel Terzo Millennio

*di Carlo Santulli*

  
CIESSE EDIZIONI



CARLO SANTULLI

# **Biomimetica: la lezione della Natura**

*Ecosostenibilità, design e cicli produttivi  
nel Terzo Millennio*

a cura di LUIGI MILANI

prefazione di PIERSANDRO PALLAVICINI



ISBN **978-88-6660-026-8**





Collana *WHITE*

Copyright © **2012 CIESSE Edizioni**  
Design di copertina © **2012 CIESSE Edizioni**

**Biomimetica:  
la lezione della Natura**

Ecosostenibilità, design e cicli produttivi  
nel Terzo Millennio  
*di Carlo Santulli*

Tutti i diritti sono riservati. È vietata ogni riproduzione, anche parziale. Le richieste per la pubblicazione e/o l'utilizzo della presente opera o di parte di essa, in un contesto che non sia la sola lettura privata, devono essere inviate a:

**CIESSE Edizioni Servizi editoriali**  
Via Conselvana 151/E 35020 Maserà di Padova (PD)  
Telefono 049 8862219 | Fax 049 2108830  
E-Mail [info@ciessedizioni.it](mailto:info@ciessedizioni.it) | P.E.C. [ciessedizioni@pec.it](mailto:ciessedizioni@pec.it)

**ISBN 978-88-6660-026-8**  
[www.ciessedizioni.it](http://www.ciessedizioni.it) | <http://blog.ciessedizioni.it>



## **BIOGRAFIA DELL'AUTORE**

Il prof. **Carlo Santulli** è nato a Napoli il 10 ottobre 1963.

Maturità classica. Liceo ginnasio " F. Vivona" – Roma

Laurea in ingegneria chimica – Università "La Sapienza"  
Roma - Tesi di laurea: *"Studio e sperimentazione con emissione acustica ed estensimetria di recipienti in pressione kevlar- epossidica durante la prova idraulica. Caratterizzazione a rottura e valutazione della qualità."*

Abilitato all'esercizio della professione di ingegnere

Laurea in lettere – Università "La Sapienza" – Roma. Tesi di laurea: *"Filofascisti e partito popolare. Questione morale e ruolo dei cattolici nell'attività politica di Filippo Crispolti (1923-1926)"*

Dottorato (PhD) in Materials Science and Engineering – University of Liverpool - Tesi di dottorato: *"Impact damage evaluation on woven composites using acoustic and thermoelastic techniques"*

Master (MSc) in Environmental Decision Management – Open University - Tesi di master: *"The environmental and economic impact of using plant fibres for the production of low cost materials in developing countries BSc in Science (corsi di scienze naturali ed ambientali) Open University"*.

## **BIOGRAFIA DEL CURATORE**

**Luigi Milani** è un giornalista freelance, scrittore, traduttore ed editor, vive e lavora a Roma. Ha pubblicato racconti e romanzi per vari editori.

Ultimi libri pubblicati: *Nessun Futuro* (Casini Editore, 2011), *Seasons* e *Ci sono stati dei disordini* (Delirium Edizioni, 2011-2012).





## **Prefazione**

di Piersandro Pallavicini

Ero ancora un ragazzino di grandi e belle speranze quando, nell'85, in un congresso nazionale di chimica inorganica a Como, vidi la mia prima conferenza di Jean-Marie Lehn. Il padre della Chimica Supramolecolare – per la quale avrebbe avuto il premio Nobel solo un paio di anni dopo – a Como aveva parlato, tra le altre cose, delle motivazioni che l'avevano spinto a creare ed espandere quella nuova branca della chimica. Una delle motivazioni, tanti anni prima, era stata di trovare molecole che mimassero il trasporto del catione sodio nella propagazione dei segnali nervosi. Con quella premessa Lehn, a Como, mostrò a un pubblico stupefatto e adorante una serie di molecole sintetiche complesse, per l'epoca nuove e magnifiche, che facevano grandi cose. Tra cui quella di legare dentro di sé (poiché avevano una forma “a gabbia”, con cavità interna) il catione sodio in modo selettivo rispetto ai suoi consimili litio, potassio, cesio.

Se si torna qualche riga più su, si trova la parola magica: mimare. E mimare cosa? Il funzionamento di molecole naturali d'interesse biologico, cioè rifare con molecole relativamente poco complesse e preparate dall'uomo quel che fanno molecole, o loro assemblaggi, infinitamente più grandi e complicati di quel che mostrava Lehn nelle sue diapositi-

ve. Mimare la natura, rifarla con le nostre forze e costruendo da zero molecole sul banco del laboratorio. Irresistibile.

Il ragazzino di belle e grandi speranze che ero sentì il petto accendersi per l'entusiasmo e per l'orgoglio di far parte di quella famiglia di innovativi scienziati, i *chimici supramolecolari*. Si era trattato di un vero e proprio *imprinting*. Mi sarei laureato a Pavia di lì a poco, avrei fatto il dottorato a Pisa, sarei poi tornato a Pavia a fare ricerca, e uno dei leit-motiv dei miei lavori sarebbe rimasto proprio quello: creare sistemi sintetici, cioè molecole relativamente semplici, che mimassero quello che in natura facevano sistemi molecolari tipici della biologia e molto più complessi, come per esempio enzimi e proteine. Per me, e per tutta una generazione di chimici organici, inorganici, biologici, fisici, quella del "mimare" biosistemi sarebbe stata una vera ossessione.

Ma ora possiamo ammetterlo: l'uso di quell'aggettivo, *mimicking*, nei nostri lavori scientifici, sarebbe presto diventato un abuso. Sarebbe cioè presto diventato per tutti una mera etichetta capace di impreziosire. Forse una scusa. Per qualcuno persino una toppa. Ma sì, diciamolo: si faceva il nostro onesto, complicato, e anche pregevole lavoro, si esploravano nuovi territori delle interazioni tra molecole, si ottenevano dignitosi o perfino entusiasmanti risultati, e su questi c'era il vezzo di applicare, a posteriori, il ricamo dell'analogia con

questo o quel sistema naturale. Una vera belluria letterario-scientifica, insomma.

Certo, poi qualcosa ha funzionato. Sistemi sintetici sono stati in grado di mimare, anzi di far meglio di quelli naturali nell'idrolizzare questa o quella molecola, nel trasportare questo o quello ione attraverso la parete di un sistema che somigliasse a una cellula (per esempio un liposoma, una membrana). Ma diciamo la verità: niente è arrivato vicino alla possibilità di essere davvero usato al posto dei ben funzionanti sistemi biologici naturali. A proposito: i sistemi sintetici di Lehn hanno mai trasportato ioni sodio per propagare segnali nervosi dentro un essere vivente? No, e non lo faranno mai. Naturalmente hanno prodotto risultati fondamentali, la crescita della conoscenza di base, la raccolta di informazioni e innovazioni che stanno già producendo altri esiti, tutti utili, tutti molto importanti. Ma tutto quel rifarsi al mimicking della biologia, purtroppo, è rimasto sulla carta.

Nel marzo del 2010, sono capitato nel fascinoso Palazzo della Triennale di Milano. Nel paradiso del design e dell'architettura, dando un'occhiata all'offerta di esposizioni temporanee, ho trovato questa mostra, *Green Life* (sottotitolo "costruire città sostenibili"), che mi ha attirato. Preso il biglietto, sono entrato carico di curiosità. Il percorso espositivo era affascinante, declinato secondo una miscela di razionalismo e approccio emozionale,

dove tutto era sobrio, aggraziato, e dava l'impressione di una felice, responsabile razionalità. C'erano modelli di edifici, progetti e plastici di città o quartieri, materiali di nuova concezione, video ultrasottili appesi all'altissimo soffitto con cavi invisibili, audio soffuso e straniante, books in materiali organici gradevoli al tatto che potevamo sfogliare. Il concetto era ovviamente mostrare come si potesse costruire e vivere in modo tale da essere ecocompatibili, dunque produrre meno scarto possibile, consumare il meno possibile, utilizzare risorse energetiche naturali. L'aggettivo *biomimetico* aleggiava. Io giravo tra le luci soffuse e il profumo di collanti, legni, vernici, rimirando quei plastici, quei video, quelle foto e quei modelli... mentre la perplessità cresceva. Cosa pretendevano di mimare davvero della natura, quei progetti, quelle costruzioni? Era sufficiente, per fare un esempio banale, il movimento dei pannelli solari che seguono il sole come fanno i girasoli, per dichiarare quello un sistema "biomimetico?".

O era sufficiente l'implementazione di materiali organici in materiali da costruzione tradizionali?

L'approccio di quella bella mostra era, giustamente, più vicino a quello dell'esposizione d'arte che non a quello di un lavoro scientifico. Doveva emozionare, come si è detto, e convincere lo spettatore generando in lui l'idea che la sostenibilità nel progettare e costruire sia una bella e necessaria cosa, nonché un obiettivo perseguibile. Il mio scettici-

smo andava di conseguenza: sembravano solo parole chiave, quelle – sostenibilità, e soprattutto biomimetica – destinate a dare reazioni pavloviane di assenso nello spettatore, anziché sostantivi la cui attinenza alle cose esposte era dimostrata in modo convincente. Sembravano segnali destinati alla ricezione di un'utenza di parte, progressista e colta, per compiacerla con un *adjective dropping* ecologista, rassicurante e *cool*.

Sono uno scrittore e sono uno scienziato. Nell'accogliere le cose ignote dal mondo, le innovazioni, le proposte che stando a chi le fa dovrebbero cambiarmi la vita, conta sempre molto, molto di più la mia anima scientifica. Cioè sono uno scettico, credo alle cose solo se ne ho davanti una descrizione convincente. In più, come scrittore, odio l'uso inaccurato delle parole. Mettete insieme le due cose che vi ho appena raccontato (peraltro rappresentative di due atteggiamenti che percorrono la nostra epoca) e capirete come stessi sviluppando nientemeno che un'antipatia per l'aggettivo biomimetico!

Il bel libro che state per aprire mi ha riconciliato con la biomimetica. Perché è scritto con intelligenza, con dovizia di informazioni, con garbo, con ragionevolezza. Con sincerità. E perché porta il lettore dentro un livello sensato delle potenziali o già fattive applicabilità della biomimetica. Sembra il vecchio adagio del giusto mezzo: Carlo Santulli, con Luigi Milani, non parlano né dell'infinitamente pic-

colo delle molecole, né dei massimi sistemi entro cui la scelta biomimetica diventa il complemento vagamente *new age* di una vita progressista e *cool*. Questo libro entra invece con razionalità, semplicità e profondità di vedute in un argomento nel quale, da scienziato, Carlo Santulli lavora da anni.

La porta d'ingresso è quella dei materiali, le fibre naturali, del loro uso cosciente, sensato, in un'imitazione della natura pratica adatta a ottenere vantaggi in termini di razionalizzazione, semplificazione, risparmio. Da lì, si aprono stanze dentro a stanze dentro a stanze, verso non più semplicemente i materiali biomimetici, ma come dire: un uso biomimetico e responsabile della vita. Sempre con garbo, con ragionevolezza, con chiarezza. Si girano le pagine e si finisce il libro con la consapevolezza che la biomimetica sia una cosa seria.

Che possa fare cose sensate, utili, fondamentali. Anzi: forse *necessarie* per una vita migliore.

## **Introduzione**

di Luigi Milani

*Ogni cosa che puoi immaginare,  
la natura l'ha già creata.*

Albert Einstein

Uno dei principali argomenti di conversazione con il professor Carlo Santulli, oltre alla letteratura – passione che condividiamo entrambi da lunga data e che è stata il primo tramite per la nostra amicizia, dal momento che Carlo è da molti anni una delle colonne della rivista letteraria *Progetto Babele* – è da qualche tempo la biomimetica.

Sono anni che Carlo fa ricerca in questo campo, con passione e impegno crescenti, e lo stesso coinvolgimento traspare dai suoi discorsi, nei quali mi mette puntualmente al corrente anche della sua attività di divulgazione in ambito scolastico – un terreno fertile, del resto, ben più degli spazi risicati che noi adulti siamo soliti concedere, presi come

siamo dal nostro insopprimibile "particolare" di guicciardiana memoria.

Tornando alle nostre chiacchierate biomimetiche, ritagliate a fatica in mezzo ai tanti impegni di entrambi, Carlo e io ci siamo accorti che, incontro dopo incontro, ha cominciato a manifestarsi un... metodo nella nostra follia affabulatoria. Infatti, nonostante le frequenti, inevitabili, digressioni nelle tematiche della normale vita quotidiana e nelle non meno importanti facezie da bar, quelli che sono i temi e le prospettive legati all'ambiente, a ciò che la Natura ha da insegnarci, a ciò che noi, uomini e donne del Terzo Millennio dovremmo o potremmo fare per costruire un habitat degno di questo nome: ebbene, tutto ciò, forse persino nostro malgrado, è *maieuticamente* venuto alla luce.

A quel punto, un pomeriggio d'estate dello scorso anno, siamo stati folgorati – non proprio sulla via di Damasco, quanto, più prosaicamente, sulla via Gianicolense, strada che conduce alla casa paterna di Carlo – e ci siamo detti: “E se cercassimo di dare un senso a queste nostre chiacchierate?”

L'idea, per quanto insana e vanagloriosa potesse apparirci, ci ha conquistato subito. Di lì a poco abbiamo messo mano alle tastiere dei nostri notebook e dall'idea iniziale di un saggio *tout court* siamo approdati alla forma, forse più agevole da leggere, del saggio-intervista.



Tra i miei compiti, quello di “dare il la”, suggerendo temi e argomenti, strutturandoli e suddividendoli di volta in volta in altrettanti capitoli, laddove Carlo, con lena instancabile, si dedicava alla trattazione vera e propria. Che poi veniva talvolta rielaborata e in minima parte integrata dal sottoscritto, nel tentativo – speriamo riuscito – di dar vita a una esposizione organica e lineare.

Inutile dire che dall’inizio di questo avvincente, ma anche impegnativo, viaggio nella Biomimetica a oggi abbiamo dovuto rimettere mano più volte al testo, essendo la materia, per sua stessa natura, in costante aggiornamento. Il problema, come sa bene chi scrive di argomenti in continuo mutamento, è stato anzi imporci a un dato momento un salutare stop nella scrittura, per non cadere vittime del famigerato *infinity loop* da aggiornamento perpetuo.

È stato un lavoro la cui preparazione ci ha – sia pur piacevolmente, devo ammetterlo – impegnati per parecchi mesi.

La forma utilizzata non è quella tipica del saggio accademico: per quanto possibile, abbiamo voluto ricreare l’atmosfera rilassata di una chiacchierata tra amici – da quella originaria tra Carlo e me a quella oggi rivolta al pubblico, speriamo più vasto, dei lettori – sia pure nel rispetto, non solo formale, della precisione lessicale e scientifica. L’auspicio è che i temi da noi dibattuti possano risultare per il lettore, anche il meno avvezzo a certi argomenti, interessanti e accessibili.

Diciamocelo chiaramente: con queste poche pagine non ci proponiamo certo di cambiare il mondo, né io, né l'amico Carlo Santulli. Ci auguriamo invece di riuscire a fornire qualche elemento o, meglio ancora, qualche spunto di riflessione su materie che ci sembrano di grande importanza e attualità.

Mai come oggi l'ambiente appare minacciato da comportamenti inadeguati, quando non pericolosi, non solo per la salute dell'ecosistema globale, ma soprattutto per noi e per le nuove generazioni, sulle quali riponiamo tante speranze per un futuro davvero *sostenibile*.

Concludo con un duplice ringraziamento: naturalmente all'editore Carlo Santi, indomito agitatore della scena culturale italiana, che con contagioso entusiasmo – o incoscienza, fate voi – ha sposato la causa del volumetto che vi accingete a leggere, e a Piersandro Pallavicini, scrittore e ricercatore universitario, che si è mostrato subito interessato ai temi affrontati in questo saggio e ci ha onorati della sua prefazione.

Dimenticavo: anche a nome del Professor Santulli, grazie di cuore soprattutto a Te, lettore, per la fiducia che ci hai dimostrato acquistando questo nostro volumetto.





# **B i o m i m e t i c a:** **la lezione della Natura**

*Ecosostenibilità, design  
e cicli produttivi nel Terzo Millennio*



## Alle origini della biomimetica

Ricorrendo a una tautologia, direi che **la biomimetica altro non è che un approccio naturale alla soluzione dei problemi**, nel senso che, invece di pensare a domare la natura, si cerca di utilizzare le buone idee che quasi quattro miliardi di anni di evoluzione hanno prodotto.

Potrei aggiungere che è un approccio che esiste da sempre, perché **strutture** nascostamente **bioispirate**, o almeno facenti uso della biomeccanica, **sono esistite da secoli**.

Il braccio meccanico è ispirato, per esempio, al funzionamento delle nostre articolazioni, e possiamo pensare alla robotica come a una forma di ispirazione antropomorfa, anche se ovviamente c'è parecchio di più, nel senso che sarebbe inutile utilizzare un braccio meccanico per qualcosa che un uomo esegue benissimo e senza molta fatica.

**L'esempio della robotica** illustra facilmente il grande dilemma della biomimetica: l'idea di produrre un androide è affascinante, e non a caso i robot fantascientifici sono spesso molto simili a uomini con caratteristiche superiori, ma in realtà la robotica si propone di supplire solo alle proprietà

necessarie in una determinata situazione, tralasciando, ove non essenziale, la somiglianza “formale” con l’uomo. C’è quindi un’imitazione formale, che se vogliamo rappresenta l’approccio più semplice: però non è detto risolva il problema.

Perché l’approccio formale non sempre è risolutivo? Perché, ed è un commento che mi capita spesso di fare ai miei studenti, ci si lascia in certo senso “affascinare” dalla forma, senza considerare che la Natura utilizza la stessa forma – per esempio strutture porose e cellulari, cioè costituite da cellule, in modo non molto diverso dai “nidi d’ape” che si utilizzano in tanti campi, dall’arredamento all’industria aeronautica – per scopi diversi.

Lo scopo perciò non è imitare una certa forma, ma capire qual è l’obiettivo che la Natura si è posta nell’utilizzarla. In parole povere, la Natura ci dice “Questa è la risposta”.

Sta a noi, come scienziati, ma anche semplicemente come esseri umani, dedurre le domande. Non che sia facile, ma ci proviamo.

Molti conoscono **la prima applicazione** – ed è anche la più famosa – **della biomimetica**: il tetto del **Crystal Palace di Londra**, che, progettato da Joseph Paxton, fu terminato nel 1854, ispirandosi a una pianta, la Victoria Amazonica, con l’idea di avere una struttura leggera e di massimizzare l’insolazione.



Oggi il Crystal Palace non esiste più: è stato distrutto da un incendio negli anni Trenta del secolo scorso, ma il concetto è sempre valido, anche perché all'approccio formale e all'interesse per l'eleganza della soluzione naturale si affianca un preciso significato pratico di risparmio energetico.

Un secondo avvento la biomimetica lo conobbe per caso, con il brevetto del **Velcro**, che noi tutti ormai usiamo: il sistema di chiusura ispirato ai piccoli "uncini" presenti nel fiore della bardana (*Arctium lappa*), che rimanevano impigliati in modo stabile ma reversibile al pelo degli animali. La storia vuole che quest'effetto di serraggio fosse scoperto da Georges De Mestral, un ingegnere svizzero, subito dopo la guerra, durante una passeggiata in campagna con il suo cane.

Ecco, il Velcro è un esempio di trasposizione del concetto di chiusura: l'elemento dell'imitazione formale è presente, ma molto secondario (l'estetica del Velcro, ove ritenuta importante, viene affidata a colori, disposizioni geometriche, ecc.). Il successo del Velcro è quello di aver sostituito per alcune applicazioni uno dei sistemi di design più semplici, ma allo stesso tempo anche più inefficienti, in quanto soggetto a rotture, difetti e inefficienze varie: la cerniera lampo.

Questo ci porta a considerare un problema che in natura è molto importante e trova soluzioni brillanti: **la giunzione tra due elementi**. Per esempio, **le diatomee**, che sono alghe unicellulari, hanno