

## **PROPOSTE OPERATIVE PER L'INTRODUZIONE DELLA BIOMIMETICA NELL'EDUCAZIONE SCIENTIFICA DELLA SCUOLA DELL'INFANZIA E DELLA SCUOLA PRIMARIA**

Maria Grazia Iorio\*, Carla Langella\*, Carlo Santulli\*\*

\* Seconda Università di Napoli (SUN), Dipartimento di Ingegneria Civile, Design, Edilizia e Ambiente (DICDEA), via Roma 29, 81031 Aversa (CE)

\*\* Università degli Studi di Camerino, Scuola di Architettura e Design (SAAD), viale della rimembranza, 63100 Ascoli Piceno

La natura rappresenta una continua fonte d'ispirazione per i designer e per i progettisti in genere: si tratta di un design ibrido, che quindi comprende un riferimento, dichiarato o subliminale, a ciò che accade nell'ambito biologico. Questo procedimento d'ispirazione dalla natura viene definito come "biomimetica", da "biòs", vita, e "mimesis", imitazione. Nella fortunata definizione di Julian Vincent, la biomimetica ci fornisce delle risposte che la natura dà a certi problemi. Sta a noi trovare la domanda che è stata formulata, il che non sempre è evidente: questo ha generato anche una certa discussione sul fatto che realmente si possa "imitare" la natura o se semplicemente si prendano degli spunti per elaborare poi delle considerazioni "altre" rispetto al processo naturale per gli specifici problemi dell'umanità.

Aldilà della discussione sul "successo" o meno di questa procedura nel senso di migliorare effettivamente le prestazioni o l'ergonomia dell'oggetto di design, per riferirsi a due aspetti significativi del progetto, è tuttavia evidente che la bio-ispirazione, che include una riflessione sui meriti della natura, può aprire una strada verso l'educazione alla sostenibilità ambientale. Recentemente anche l'educazione scientifica nella scuola è tendenzialmente sempre più volta alla profonda conoscenza dell'ambiente, cui dovrebbe seguire la capacità di comprendere le necessarie azioni di salvaguardia e di trasferirle al proprio ambito domestico di vita. Questo perché si è evidenziato sempre di più che le carenze dell'educazione scientifica dipendono anche dal mancato raccordo con l'esperienza quotidiana, che è stato individuato come una delle principali cause nelle difficoltà di apprendimento in questo campo. E' anche per questo che l'esperienza descritta vuole introdurre la biomimetica in ambito scolastico ed educativo, come paradigma che costringe alla riflessione sulla conoscenza pratica accumulata dalla natura in miliardi di anni di evoluzione. Tale introduzione avviene attraverso una strategia basata su una pratica comune e nota anche ai più piccoli, com'è quella della raccolta differenziata domestica dei rifiuti, ora giunta allo stadio del "porta a porta", che la rende ancora più incisiva in termini di esperienza familiare e domestica. In pratica, il processo sfrutta la conoscenza della raccolta differenziata alla riflessione sui materiali, introducendo la terminologia ad essi riferita (per esempio espressioni come "biodegradabile", "compostabile" e "riciclabile", che spesso sono usate in modo confuso, se non addirittura errato e magari sovrapponibile). In questo modo s'introducono le problematiche relative ai materiali ed ad un loro utilizzo sostenibile, giungendo finalmente a come certi problemi vengono risolti dalla natura, che per concetto porta ad un sistema a "zero scarti", o come si dice anche, ad un approccio circolare alla progettazione "dalla culla alla culla" (*from cradle to cradle*), che si evidenzia nelle 3R, come in Figura 1. Tale approccio può essere affrontato a diversi livelli di complessità, attraverso una modularità dell'esperienza che si estrinseca in metodi di approccio multilivello (almeno dal livello dell'ultimo anno di scuola materna fino alla fine della scuola primaria, quindi in una fascia di età 5-11 anni).

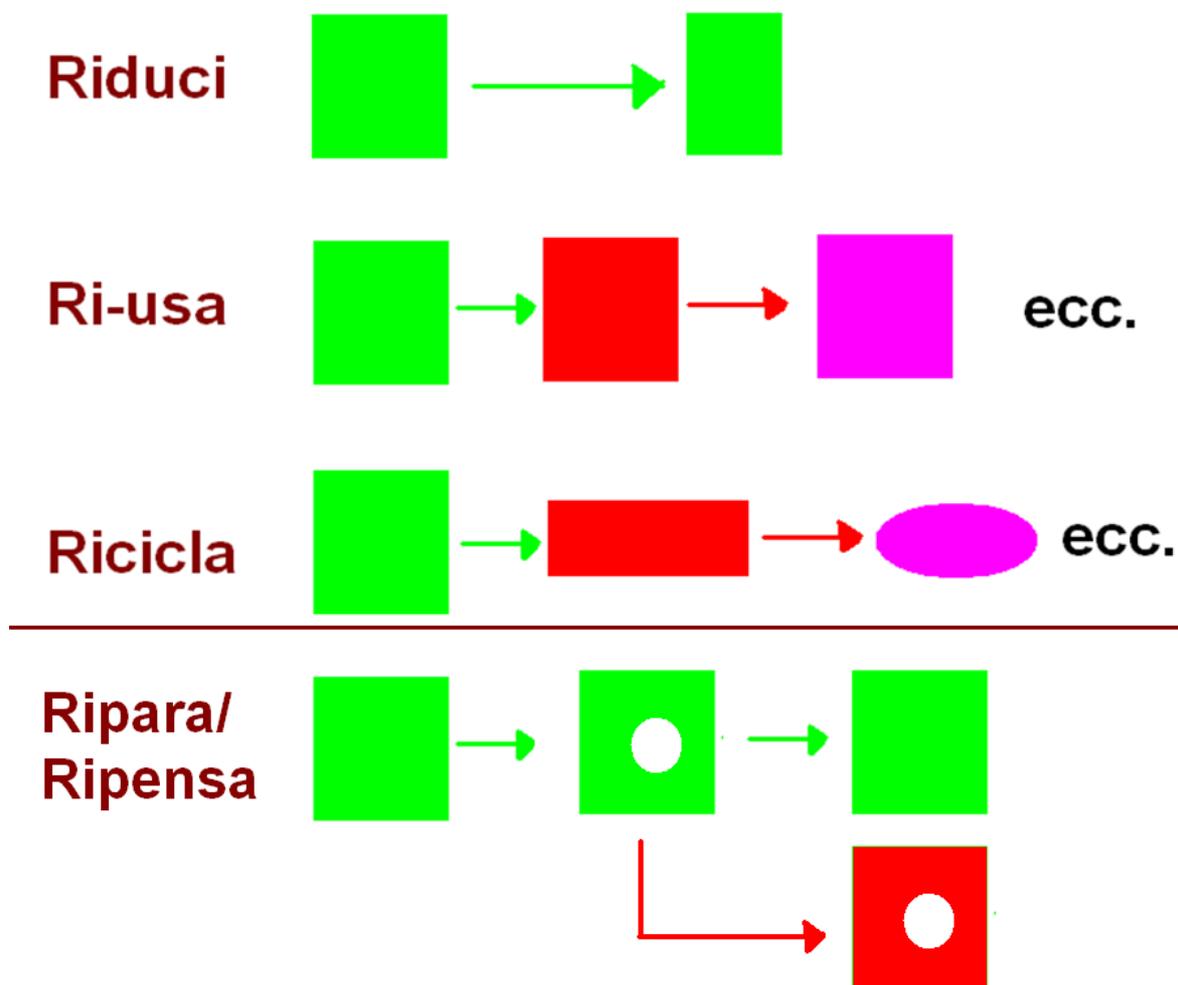


Figura 1 Le 3R e le...altre R

### PORTARE LA BIOMIMETICA NELLA SCUOLA

La scuola ha da tempo rinunciato a rappresentare l'esperienza centrale nella vita dei ragazzi, in favore di un altro tipo di centralità, quello preferibilmente volto alla decodificazione dei significati del complesso di attività del bambino, in pratica si tratta di "promuovere la capacità degli studenti di dare senso alla varietà delle loro esperienze, al fine di ridurre la frammentazione e il carattere episodico che rischiano di caratterizzare la vita dei bambini e degli adolescenti" (MIUR, documenti della commissione Ceruti). In altre parole, l'apprendimento scolastico appare oggi come soltanto una delle tante esperienze di formazione che i bambini vivono. La funzione educativa della scuola è pertanto diventata più complessa, investendo allo stesso tempo sia l'apprendimento dello scolaro, sia "il suo sapere stare al mondo". D'altro canto, l'apprendimento, per quanto embrionale, del metodo scientifico, è basato sull'osservazione, che avviene indipendentemente dalla scuola, ma che dovrebbe ricevere una maggior "organizzazione" in essa, sia a livello di selezione delle esperienze formative sia di creazione di un percorso graduale che porti realmente ad una crescita di competenze. Non a caso, tra le mappe dei saperi, un posto centrale è occupato dalle conoscenze della natura e dell'ambiente in cui il bambino vive. Quindi si tratta di pensare e progettare le strategie educative non per individui astratti ma sempre per persone concrete, che vivono in un ambiente particolare e che realizzano le loro esperienze in un contesto, nel quale anche la natura è vista da un'angolazione assolutamente individuale. Pertanto, coerentemente per esempio con l'impostazione delle Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia, la scuola deve aprirsi al territorio circostante, sapendo bene che in tale territorio rientrano anche determinati

“pezzi di natura”, che sono quelli di cui possono avere concreta esperienza i bambini che frequentano quella scuola. Quindi saranno considerate “parti della natura” il giardino della scuola, così come il giardino di casa o il più vicino parco pubblico, gli animali che eventualmente vivono in casa oppure quelli che possono essere visitati in uno zoo, fenomeni naturali quali il caldo torrido e la siccità nei luoghi caldi così come il freddo, le piogge torrenziali o le nevicate nei luoghi di montagna.

Esiste una curiosità spontanea sui fenomeni naturali, sugli organismi viventi e sulla corporeità che porta ad elaborare idee personali, osservando i fenomeni naturali e la vita di piante e animali, manipolando oggetti e considerandone forme e proprietà, esplorando materiali. Tali idee personali andranno confrontate con quelle di chi abbiamo intorno e naturalmente anche con l’insegnamento ricevuto a scuola. Non a caso l’educazione scientifica rientra tra le attività formative che trovano fondamento nei processi logico-induttivi, che cioè prendono spunto dall’esperienza del singolo per giungere alla formulazione di principi e concetti generali. La “scoperta” scientifica pone, infatti, il procedimento “induttivo” alla base di nuovi traguardi del sapere. In altri termini, il ricercatore riflette su un’esperienza particolare, che può essere scaturita da un’osservazione casuale o sistematica, problematizzandola e schematizzandola, con un procedimento di osservazione e manipolazione, con la conseguente necessità di verificare la ripetibilità di quanto osservato per giungere alle leggi che regolano i fenomeni e le loro naturali variazioni. In questo senso, l’abilità non produce necessariamente conoscenza, come la semplice capacità di operare su uno strumento scientifico, per esempio un microscopio, non basta a qualificare l’osservazione sperimentale come scientifica. Occorre una riflessione su ciò che si sta osservando in confronto con quanto osservato in precedenza da altri o da noi stessi, e riportato con ripetibilità.

E’ realistico tuttavia pensare che la vita quotidiana, che coinvolge pur sempre in buona misura l’ambiente domestico e quello scolastico, parta dalla conoscenza di ciò che è vicino a noi, cioè dell’ambiente in cui siamo immersi, per passare all’esplorazione del mondo. Ci sono esperienze che sono particolarmente fortunate nell’esperienza scolastica recente, come per esempio l’orto didattico, poiché fondono in modo efficace la conoscenza della natura come “altro da noi”, con la consapevolezza d’altro canto di esservi immersi e quindi di partecipare dei suoi processi. D’altra parte, la vita quotidiana comprende delle pratiche di convivenza civile che si traducono in comportamenti rispettosi dell’ambiente e degli altri, costringendoci così a superare il nostro innato egocentrismo e collocandoci nel mondo. Tale è per esempio la pratica della raccolta differenziata dei rifiuti, che ha anche una sua valenza educativa, dato che permette l’introduzione di una serie di concetti non banali in modo semplice. Questo concetto è stato sviluppato per esempio nel “progetto Triplierre”, portato avanti a partire dal 2007 in una serie di scuole, specie nella regione Umbria, ma non solo, ed altri ambiti, come biblioteche, il Museo dei Bambini di Roma o il Museo della Canapa di Sant’Anatolia di Narco.

Il progetto parte, con un’idea di “favola ambientale”, dal personaggio di Triplierre che nella città di Buttapresto scopre che si vive meglio e con più rispetto per l’ambiente se si rispettano le tre R, “Riduci, Riusa e Ricicla”. Il concetto del progetto legato a Triplierre è anche quello di “crescere” insieme alla nostra conoscenza della sostenibilità. In edizioni successive, altre R si sono affacciate alla ribalta, come “Ripara” (che rappresenta un processo di autentica sostenibilità, poiché allunga la vita dei materiali) o “Ripensa”, che si pone l’idea di riflettere sulla storia dell’utilizzo dei materiali e quindi sulla loro sostituzione di materiali in vista di riprogettazione, che non sempre purtroppo ha portato ad esiti più sostenibili.

## Le scoperte di Triplaerre.

Una favola ambientale



Figura 2 Il signor Triplaerre e le “fiabe ambientali”

E' interessante notare come una particolare “lettura” di esperienze come l’orto didattico (Figura 3), centrata sulla questione della produzione agricola e sul fatto di dover tendere ad uno “scarto zero” porta inevitabilmente alla considerazione di una pratica che sembra solo in apparenza assai lontana dalla prima, come appunto la raccolta differenziata. L’orto didattico produce ovviamente una certa quantità di scarti, sia sul campo, nel senso di parti della pianta che non sono utilizzabili né per la crescita di altre piante, come avverrebbe per i ramoscelli piantati a talea, né dal punto di vista dell’alimentazione. Alimentazione la quale a sua volta produce altri scarti, come per esempio le bucce od i gusci legnosi, o anche i semi, che sono normalmente prodotti dalla pianta in eccesso, con un principio che è perfettamente ingegneristico, ed è quello della “ridondanza”, per cui la riproduzione ha luogo anche in presenza di una minima percentuale di successo. Per dare un’idea “visiva” di cosa significa ridondanza, si può fare riferimento alla parabola del seminatore, che lasciando da parte il significato allegorico, descrive che cosa accade nella realtà riproduttiva della natura. Nella versione del Vangelo di Marco. “Il seminatore uscì a seminare/Mentre seminava, una parte del seme cadde lungo la strada; e gli uccelli vennero e lo mangiarono/Un'altra cadde in un suolo roccioso, dove non aveva molta terra; e subito spuntò, perché non aveva terreno profondo;/ma quando il sole si levò, fu bruciata; e, non avendo radice, inaridì./Un'altra cadde fra le spine; le spine crebbero e la soffocarono, ed essa non fece frutto./Altre parti caddero nella buona terra; portarono frutto, che venne su e crebbe, e giunsero a dare il trenta, il sessanta e il cento per uno”.



FIGURA 3 Immagini di un orto didattico: alunni di una sezione di una scuola dell'infanzia (a sinistra) e di una classe della scuola primaria (a destra)

### DAI MATERIALI ALLA BIOMIMETICA PASSANDO PER IL METODO SPERIMENTALE

Da quanto si diceva prima, appare evidente come la scienza in realtà non si possa realmente insegnare se non sia preceduta dallo “spirito scientifico” che denota l’attenzione ai dati dell’esperienza con l’osservazione costante dell’ambiente in cui si vive, e l’atteggiamento critico nei riguardi di tutto ciò che si ha intorno. Nella scuola le esperienze programmate si concretizzano consentendo agli allievi di sviluppare la capacità di relazionarsi ad esse, di poterne parlare, nonché di spiegarle e rappresentarle. Presupposto fondamentale per un apprendimento efficace sarà, pertanto, il contatto diretto con gli oggetti di osservazione, nonché il “saper fare” attraverso cui immancabilmente si porteranno a compimento esperienze significative in una dimensione non solo concettuale ma anche e soprattutto sperimentale.

E’ evidente per esempio che la conoscenza di determinati concetti sui materiali porta inevitabilmente alla valutazione della significatività di alcune tipiche problematiche esistenti nei materiali stessi, come sono schematizzate in Figura 4, e nelle quali la natura può aiutare.

In particolare, la natura ci insegna a non complicare il design, tale che sia immediatamente comprensibile all’”utente” biologico (altra pianta od altro animale), a progettare per moduli in modo flessibile, non insistendo quindi sulla rigidità delle strutture, ma piuttosto sviluppandosi gerarchicamente. La natura si pone intrinsecamente il problema del “fine vita” e quindi della reversibilità di ogni processo e della necessaria facilità del disassemblaggio. D’altro canto però, l’evoluzione è consapevole del fatto che c’è un “anello debole” (weakest link), cioè c’è sempre un pezzo od una parte del sistema che porta alla sua “fine” precoce, perché è appunto più fragile o più delicato degli altri. Per esempio, il mollusco resiste non in virtù della sua resistenza meccanica, in fondo si tratta di un ceramico, ma per il fatto di essere saldamente ancorato col filo bissale, il cui cedimento rappresenta appunto l’anello debole.

Di per sé, sembrano concetti complessi da presentare a scolari nella fascia d’età sopra indicata, tuttavia l’esempio di Figura 5, mostrato nell’ambito del progetto Triplaeerre, per far capire (senza citarlo...) a che serve il “metodo scientifico”, illustra come da un semplice caso della vita si possa facilmente mostrare che cosa significa un’analisi dei problemi (anche qui si parte da un problema di “scarto” indesiderato e questo è l’”aggancio”). Se ne può concludere che la natura questo genere di errori non li fa, perché ne conosce la causa, mentre per noi è difficile individuarla senza esperienza.

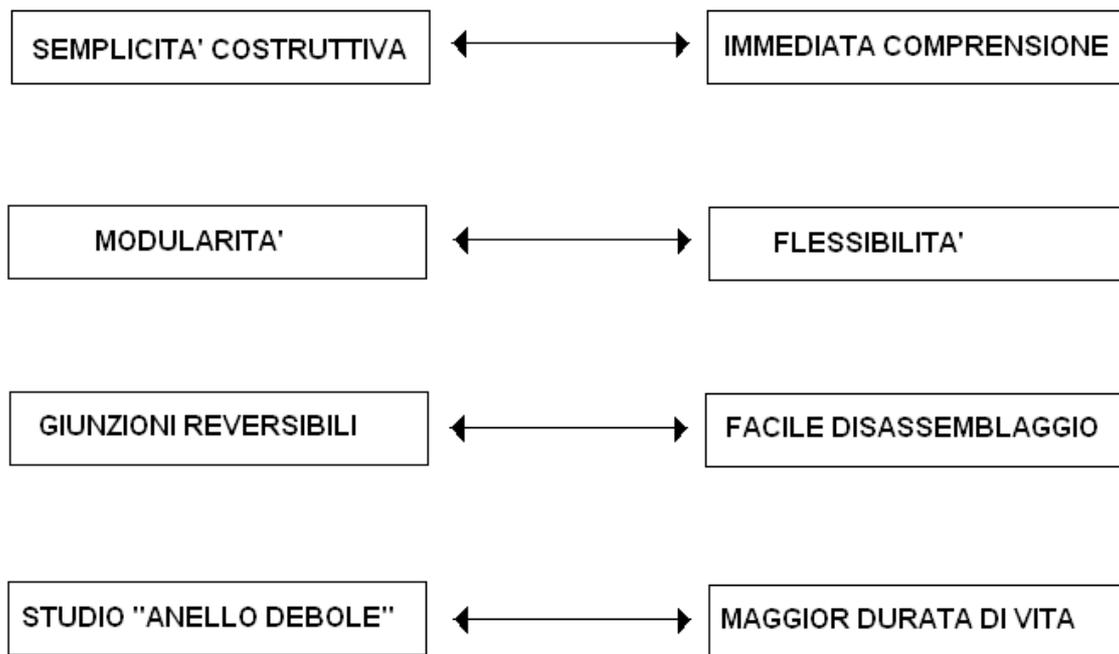


Figura 4 Caratteristiche nelle quali la natura può aiutare nella progettazione e quindi nel design

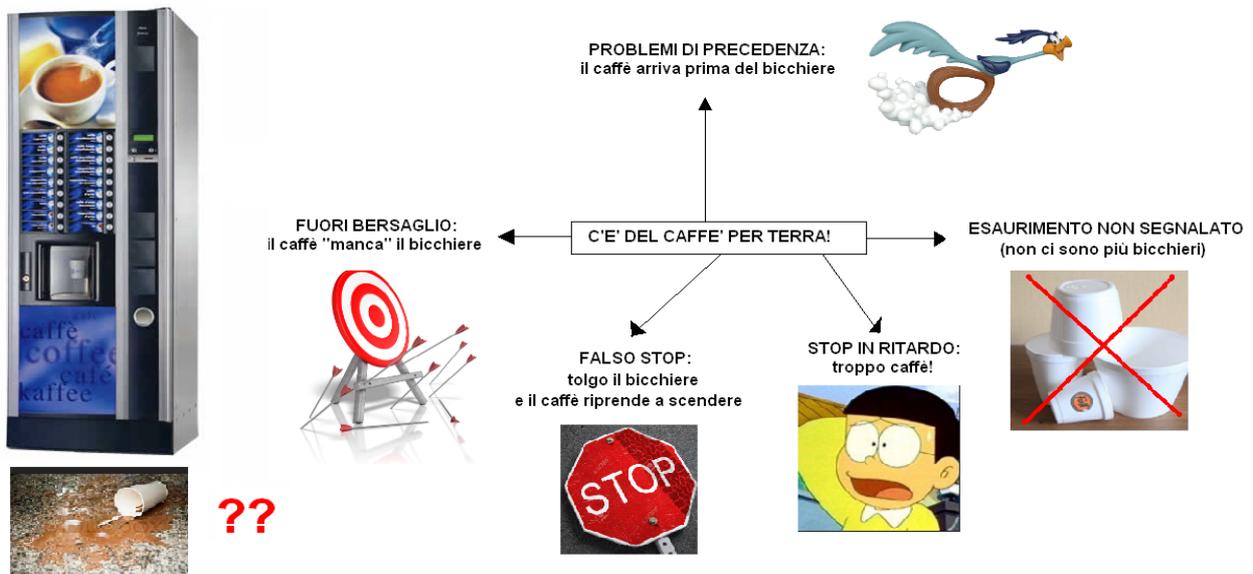


Figura 5 Un solo problema può avere tante cause

### UN PROBLEMA CHE LA NATURA PUO' INSEGNARCI A RISOLVERE

In particolare, dalla necessità del disassemblaggio del materiale si arriva al problema della giunzione che dev'essere reversibile. Tuttavia, nella maggior parte dei casi una giunzione davvero forte è creata in modo da essere irreversibile. Questo tipo d'informazione può essere ricostruito dallo scolaro in base all'esperienza personale sui collanti che normalmente inizia molto presto nella vita. A parte le colle "commerciali", alcune delle quali sono utilizzabili anche in ambito scolastico, come per esempio la Coccoina, fecola di patate e pasta di mandorle con olio essenziale per prevenire la formazione di muffe, c'è l'idea che la colla si possa autoprodurre, il che può anche portare a speri-

mentazioni in ambito scolastico, come per esempio creando la colla da scarti di latte, oppure dalla farina, dall'albume d'uovo, ecc. Aldilà della realizzazione pratica, che si può scontrare con una serie di problemi logistici ed operativi, non sempre facilmente superabili, è essenziale che gli scolari si impadroniscano al più presto di una classificazione "funzionale" dei materiali che ci porta a definire alcuni di essi come "collosi": di questa tipologia gli esempi in natura possono essere innumerevoli, per esempio i gel a base di polisaccaridi ottenuti dalle alghe, come l'agar agar.

Tornando però alla raccolta differenziata, una caratteristica fondamentale è quella che bisogna "depurare" i materiali da qualunque forma di colla. Da questo nasce la domanda: "Ci sono metodi facilmente reversibili e senza l'utilizzo di colla per congiungere i materiali?". Questo ci porta alla considerazione delle idee biomimetiche, prima delle quali il Velcro. Si conosce la storia di Georges de Mestral, ingegnere svizzero che aveva notato come sui suoi abiti e soprattutto sul pelo del suo cane si erano attaccati numerosi fiori di bardana maggiore (*Arctium lappa*) dalla caratteristica forma di pallottoline spinose. L'osservazione al microscopio ne evidenziò la caratteristica struttura aghiforme, che "si arpionava" a svariate tipologie di fibre e superfici viventi (Figura 6). Di qui l'idea di sfruttare un analogo meccanismo per realizzare un sistema di chiusura applicato a due strisce di nastro, sulla prima gli uncini, sull'altra le anse. Tale sistema diede origine al Velcro, vocabolo formato dalle parole francesi "velours" (velluto) e "crochet" (gancio, uncino). Il discorso sul Velcro può portare anche a confrontare diverse possibili alternative fornite dalla biomimetica, per esempio il nastro adesivo ispirato al gecko che consente la giunzione grazie all'effetto di milioni di setole con terminazioni (spatole) adattabili alle asperità della superficie.

Proseguendo nel discorso della "depurazione" dei materiali per servire alla raccolta differenziata, va anche valutato il fatto che tali materiali devono del tutto puliti per essere differenziati. Come fa la natura a mantenere pulite le superfici? Con diverse strategie, per esempio con lo sviluppo della cera epicuticolare che nel caso delle foglie di loto, protegge la loro superficie, rendendole completamente impermeabili all'acqua. Da tale sistema, sono nate le vernici ad "effetto loto", pienamente biocompatibili e del tutto prive di quegli effetti nocivi. Anche qui, la relazione con una strategia di apprendimento scolastica, come l'orto didattico, appare, oltre che possibile, molto naturale, semplicemente notando che ci sono molti frutti, per esempio le pesche o l'uva, che presentano differenti strategie, le prime una peluria, mentre le seconde, come anche le prugne, una cera epicuticolare, come si vede in Figura 7. Il discorso sui frutti riporta a quanto detto in precedenza sulla ridondanza nella riproduzione, in quanto il frutto nasce nella sua attrattività semplicemente a protezione ed in vista dello spargimento del seme (Ovviamente anche nel caso dei frutti c'è stato un fenomeno evolutivo e di adattamento della natura all'ambiente, sul quale poi in tempi storici l'uomo è intervenuto con opportuni innesti per modificare la qualità del frutto). Il discorso della protezione in vista della riproduzione della specie ha evidentemente molte possibili diramazioni, portando per esempio al ragionamento sulla sigillatura con apertura "a tempo" di una struttura autoportante, come nel caso del bozzolo e della sua combinazione di fibroina (strutturale) e sericina (collosa). Discorso che, come si vede, finisce per chiudersi circolarmente parlando di un materiale della tradizione, la seta del baco (ma quella dei ragni allora?). Ingegneristicamente, si può commentare che le proprietà della seta dipendono dalla velocità di produzione. La ghiandola boccale del baco o del ragno possono rappresentare in pratica degli estrusori naturali, non troppo diversi concettualmente da oggetti che lo scolaro con ogni probabilità conosce, come la siringa per creare decori sui dolci, per esempio per la panna montata, oppure...per il filo della stampante 3D.

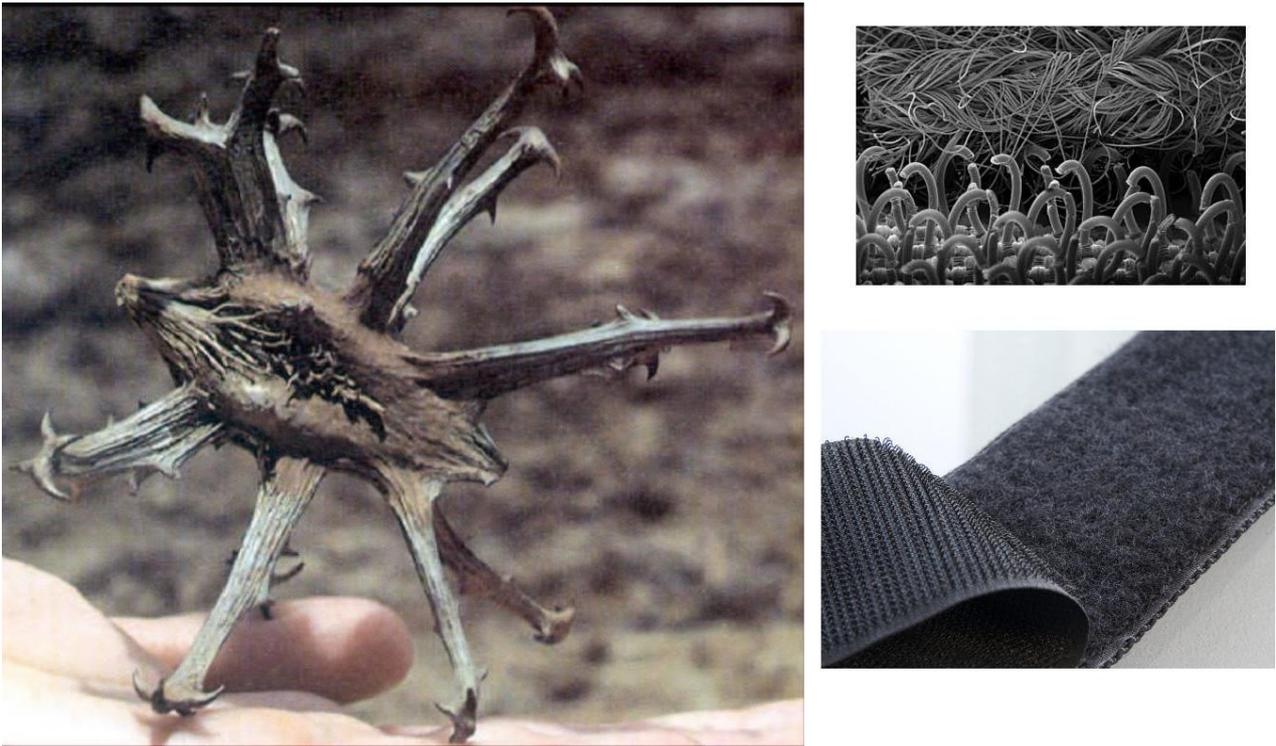


Figura 6 La bardana maggiore (*Arctium lappa*) ed il Velcro (come modello ed a grandezza naturale)



Figura 7 La peluria sulla pelle della pesca e la cera epicuticolare sugli acini d'uva

### CONCLUSIONI SULL'APPRENDIMENTO

Nell'evidenziare queste esperienze di base di biomimetica, alle quali si giunge attraverso la combinazione creativa delle due esperienze "orto didattico" e "raccolta differenziata" (gli esempi naturalmente potrebbero essere molti di più), si sottintende un processo di apprendimento che è basato in effetti sull'acquisizione del metodo scientifico basato sulla sommatoria di informazioni derivate dalle quattro domande:

In generale, si può considerare che una valida impostazione metodologica possa articolarsi nelle seguenti quattro fasi:

- Osservazione del fenomeno;
- Racconto dell'esperienza;
- Confronto e discussione collettiva;

- Proposta di una semplice concettualizzazione.

Per meglio concettualizzare questi quattro punti, si può descriverli in modo alternativo e collegarli efficacemente al metodo sperimentale, anche in conseguenza per esempio della disponibilità di strumentazioni adatte (p.es., microscopio). In questo caso si può parlare di:

1. Formulazione dell'ipotesi dal fenomeno formulato;
2. Riproduzione o simulazione dell'esperienza (evento-esperimento);
3. Osservazione dell'evento previsto e collegamento di tale osservazione all'ipotesi ("Che cosa è successo? Perché? Lo avevamo previsto o ci eravamo sbagliati?")
4. Concettualizzazione elementare attraverso la formulazione di una teoria o legge, che può essere espressa anche sotto forma per esempio grafica-pittorica (disegno)

In buona sostanza, si parla di una metodologia che porta ad un apprendimento creativo del metodo sperimentale, applicabile ad una serie di contesti, anche nella vita quotidiana, come strategia per la soluzione di problemi. Le strategie utilizzate prevedono l'approccio attraverso la biomimetica, introdotta da semplici esperienze di vita, come quella della raccolta differenziata, integrata con altre comuni attività scolastiche, come quella per esempio dell'orto didattico. Per brevità, si sono soltanto sfiorate altre problematiche, come quella degli scarti, che ugualmente sono centrali a quest'esperienza e che possono portare ad altre attività didattico-sperimentali, come quella dell'autoproduzione di materiali ed oggetti da rifiuti. Quel che appare nel contesto attuale è tuttavia che lo scenario sempre più presente dell'autoproduzione porterà ad una maggiore sostenibilità nella forma di un allontanamento dall'"usa e getta", con la creazione invece di un legame molto forte con l'oggetto prodotto. Questo significa rimodellare la relazione tra l'utente e l'oggetto nel senso di un ristabilimento molto più forte di una componente affettiva, che porterà inevitabilmente ad una riduzione della produzione di scarti: è significativo che gli scolari siano introdotti già nella loro educazione a questa prospettiva.

## REFERENZE BIBLIOGRAFICHE E SITOGRAFICHE

Explora, museo dei bambini di Roma: <https://www.mdbr.it/>

Museo della Canapa, Sant'Anatolia di Narco (PG), <https://www.museodellacanapa.it>

J.F.V.Vincent, Biomimetics — a review, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine 223 (8), 2009, 919-939.

Atti del terzo convegno "Innovazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria e dell'infanzia: al crocevia fra discipline scientifiche e umanistiche", Modena e Reggio Emilia, 21-22 novembre 2014: <https://www.pse.unimore.it/site/home/archivio-news/documento530035360.html>

MIUR, documenti della commissione Ceruti per le "Indicazioni nazionali per il curricolo per la scuola dell'infanzia e per il primo ciclo d'istruzione", 2012: [https://www.edscuola.it/archivio/comprendivi/sintesi\\_ni.pps](https://www.edscuola.it/archivio/comprendivi/sintesi_ni.pps)

E Bell, J Gosline, Mechanical design of mussel byssus: material yield enhances attachment strength, Journal of Experimental Biology 199, 1996, 1005-1017.

S. S. Atakan, R. P. Bagozzi, C. Yoon, Consumer participation in the design and realization stages of production: How self-production shapes consumer evaluations and relationships to products, International Journal of Research in Marketing 31 (4), 2014, 395-408.