

INNOVAZIONE

Nature Co-Design: una nuova rivoluzione industriale “generativa”

Vi è una nuova rivoluzione all’orizzonte, potenzialmente molto più *disruptive* di Industria 4.0, che si fonda sull’incontro tra la biologia, la chimica, la scienza dei materiali e la nanotecnologia per sfruttare la natura come piattaforma manifatturiera a livello atomico. Un approccio che si presenta come particolarmente appropriato per le imprese italiane.

di **Carlo Bagnoli** e Massimo Portincaso

LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE, nota anche come industria 4.0, riduce *in primis* e significativamente gli effetti positivi delle economie di scala, abilitando su larga scala la capacità di produzione manifatturiera personalizzata. Questo apre grandi opportunità per le PMI italiane se sapranno sfruttare le opportunità offerte dalle tecnologie digitali per disegnare nuovi modelli di business funzionali a intercettare al meglio la crescente domanda di Made in Italy.

Ma vi è una nuova rivoluzione all’orizzonte, potenzialmente molto più *disruptive* di Industria 4.0, che si fonda sull’incontro tra la biologia, la chimica, la scienza dei materiali e la nanotecnologia per sfruttare la natura come piattaforma manifatturiera a livello atomico. Questa nuova rivoluzione si chiama Nature Co-Design; e non è un caso che proprio nel 2011, l’anno a cui si riconduce il riconoscimento formale di Industria 4.0, Steve Jobs affermò: «I think the biggest innovations of the 21st century will be at the intersection of biology and technology. A new era is beginning».

Per la prima volta nella storia dell’umanità siamo nella posizione di poter utilizzare la natura come una piattaforma per progettare, ingegnerizzare e produrre a livello atomico. È perciò possibile passare da un modello economico puramente “estrattivo”, figlio della 1ª e 2ª rivoluzione industriale, a un modello definibile “generativo” in quanto i prodotti vengono generati atomo per atomo. Si sta nuovamente passando dall’essere una società di “cacciatori-raccoglitori”, a una di “allevatori-agricoltori”, questa volta, però, di materie prime. Si sta nuovamente dando il La a una nuova forma di civilizzazione (industriale).

Il Nature Co-Design apre la strada, infatti, a percorsi di crescita economica sostenibile completamente nuovi, creando soluzioni a livello nano in condizioni di pressione atmosferica e in ambienti a temperatura relativamente bassa. Questo evita il “saccheggio” delle risorse naturali (es.: il petrolio) e il consumo di altre risorse naturali (es.: il gas naturale) per raffinare le prime, al fine di arrivare al prodotto desiderato (es.: la plastica).

Il Nature Co-Design può essere paragonato al Lego: genera una gamma di mattoncini precisi e colorati, di diverse forme, con i quali è possibile realizzare, smontare e rimontare costruzioni pressoché infinite. Esso inciderà sul modo di produrre in ogni settore industriale e, se le imprese italiane lo adatteranno per prime, saranno in grado di generare un enorme vantaggio competitivo. L'opportunità di mercato è nell'ordine di trilioni di dollari. IndieBio, acceleratore di molte delle start-up operanti nell'ambito del Nature Co-Design, la stima intorno ai 100 trilioni di dollari entro il 2040. L'Italia non dovrà più inseguire i suoi concorrenti, ma potrà guidare l'industria europea verso un cambiamento delle "regole del gioco", verso un nuovo rinascimento (industriale).

Tuttavia, l'enorme potenziale generativo del Nature Co-Design può essere sfruttato appieno solo accogliendo un nuovo approccio strategico. In particolare, sono 4 i pilastri da cui partire per disegnare nuovi modelli prima operativi e poi di business di successo:

- l'aumento dello spazio delle opzioni, al fine di creare nuovo valore;
- il passaggio dalla catena alla rete del valore, trasformando i flussi di materie prime, inclusi i rifiuti che diventano risorse;
- un cambio radicale nei processi di ingegnerizzazione e produzione che porta a ridefinire gli *economics*;
- la necessità di accogliere un approccio non riduzionista e profondamente etico.

L'EVOLUZIONE DEL NATURE CO-DESIGN

Le fondamenta del Nature Co-Design sono state gettate negli anni '70 con l'ascesa dell'industria biotecnologica. La capacità di ingegnerizzare geneticamente gli organismi viventi ha portato alla nascita delle prime start-up biotecnologiche e alla trasformazione dell'industria farmaceutica, spostandone il focus dalle piccole molecole, prodotte dalla R&S interna, alle grandi molecole proteiche, prodotte attraverso partnership e ricerca in outsourcing.

1. Il Nature Co-Design adotta l'approccio Deep Tech per creare soluzioni *disruptive*

Il Nature Co-Design adotta l'approccio all'innovazione Deep Tech essendo *problem-oriented*, basato sulla convergenza tra diversi ambiti disciplinari e cluster tecnologici, e sul ciclo Design-Build-Test-Learn (DBTL)¹. Negli ultimi anni, l'approccio Deep Tech ha permesso di lanciare dei progetti innovativi tesi a sfruttare non solo la biologia, ma la natura in senso più ampio, sfruttandone i principi di progettazione e le capacità produttive per affrontare alcune tra le sfide più importanti quale, ad esempio, aumentare la produzione alimentare per sostenere un mondo che presto ospiterà 8 miliardi di persone.

¹ Bagnoli C., Portincaso M., "Deep Tech", *Harvard Business Review Italia*, maggio 2021.

I fertilizzanti azotati, ad esempio, hanno dato un significativo contributo ad aumentare la produzione alimentare creando, tuttavia, alcune importanti esternalità negative. Infatti, essi sono realizzati attraverso la sintesi industriale dell'ammoniaca di Haber-Bosch, la quale:

- è ad alta intensità energetica consumando dal 3% al 5% dell'approvvigionamento di gas naturale mondiale e dall'1% al 2% dell'approvvigionamento energetico mondiale in generale, così da essere responsabile per oltre l'1% di tutte le emissioni di CO₂;
 - è responsabile anche di ingenti emissioni di N₂O, a causa dell'inefficienza nell'uso dei fertilizzanti azotati che è da 250 a 300 volte più potente della CO₂ nel causare il riscaldamento globale;
 - distrugge gli ecosistemi biologici poiché le piante trattengono meno del 50% dell'azoto, cosicché il resto dell'ammoniaca viene lavata via dalle colture contaminando le fonti d'acqua.
- Due imprese, Pivot Bio e Joyn Bio, hanno così deciso di produrre fertilizzanti innovativi implementando i principi del Nature Co-Design. Iterando attraverso molteplici cicli di DBTL, hanno identificato i ceppi batterici in grado di fissare l'azoto direttamente sulle radici delle piante. Questo porta a eliminare la necessità di produrre ammoniaca, il cui mercato è stato valutato intorno ai 48 miliardi di dollari nel 2016, ma che si stima raggiungerà i 77 miliardi di dollari entro il 2025.

Altre soluzioni *disruptive* nel settore agricolo, sviluppate implementando i principi del Nature Co-Design, sono, ad esempio, la riduzione della *carbon footprint* da allevamento aumentando il contenuto proteico nelle piante (Plant Sensory Systems), il miglioramento della capacità di una pianta di sequestrare il carbonio nel suolo (Soil Carbon) e la creazione di insetti controllati per evitare la distruzione delle colture (Oxitech). Altre soluzioni Nature Co-Design promettenti in settori diversi da quello agricolo concernono, invece:

- l'ingegnerizzazione del lievito in una catena di assemblaggio molecolare per la produzione di molecole medicinali (Antheia), latticini a base vegetale e carne coltivata (Perfect Day, Memphis Meats) e materiali programmabili a base di "seta di ragno" prodotta utilizzando organismi o pelle prodotta utilizzando il micelio (Spiber, Mycoworks);
- il *recycling* e *upcycling* di rifiuti scaturenti da processi industriali per trasformarli in combustibili (LanzaTech), proteine (Kiverdi, NovoNutrients), fibre e materiali (Mango Materials, Polybion);
- la modellazione di sistemi viventi con strumenti di progetta-



INNOVAZIONE



Il Nature Co-Design opera su materiale sia organico, ricorrendo alla biologia, sia inorganico, ricorrendo alla chimica, alla scienza dei materiali e alla nanotecnologia, per creare le fondamenta di un nuovo paradigma di produzione manifatturiero.

zione assistita da computer per affinare applicazioni terapeutiche (Asimov), migliorare la progettazione delle proteine (Arzeda), creare nuovi sensori (Koniku), prevedere il ripiegamento proteico (AlphaFold2);

- lo sfruttamento dell'intelligenza artificiale e dell'automazione per la scoperta di sostanze chimiche e materiali avanzati (Kebotix, IBM RoboRXN, Citrine) e per la riduzione dei tempi di sviluppo di materiali avanzati da 20 anni a meno di 2 anni, sbloccando il potenziale delle nanoparticelle (VSPARTICLE);
- l'ingegnerizzazione e produzione di materiali avanzati per la realizzazione di film elettronici (Zymergen), costruzioni (Biomason, Ecovative), magneti e batterie (Niron Magnetics e Sila Nanotechnologies), membrane (Terapore) e persino diamanti (Heyaru).

2. Il Nature Co-Design opera su materiale organico e inorganico a livello atomico

Il Nature Co-Design opera su materiale sia organico, ricorrendo alla biologia, sia inorganico, ricorrendo alla chimica, alla scienza dei materiali e alla nanotecnologia, per creare le fondamenta di un nuovo paradigma di produzione manifatturiero. La biologia è un laboratorio di ricerca, sviluppo e produzione attivo da tre miliardi di anni. Mette a disposizione il DNA - il sistema di archiviazione d'informazioni più efficiente in assoluto - e i suoi meccanismi di replicazione e selezione per la risoluzione dei

problemi, funzionando con composti sia organici che inorganici. Piuttosto che pensare alla biologia (e alla chimica) come a un insieme di vincoli dato, con un dizionario predefinito di principi di progettazione e tecnologie, il Nature Co-Design applica i principi d'ingegneria per progettare materiali organici e inorganici aventi le proprietà e i comportamenti desiderati.

La biologia sintetica è il campo di applicazione più avanzato del Nature Co-Design, applicando il ciclo di DBTL e i principi di ingegneria alla biologia. La biologia sintetica deve la sua crescita e accelerazione alla convergenza tra più tecnologie, *in primis* quelle per la lettura e scrittura del DNA, e allo sviluppo di strumenti per l'*editing* genetico come il CRISPR. Una crescente "pila" di nuove tecnologie consente alle imprese di specializzarsi, così da entrare nel mercato più velocemente. Queste tecnologie includono, tra le altre, la sintesi e l'*editing* genetico, strumenti computazionali, piattaforme di ingegneria degli organismi, sistemi privi di cellule (che non richiedono perciò alcun organismo per realizzare i prodotti finali), 3D *bioprinting* e fermentazione di precisione (figura 1).

I crescenti investimenti nella biologia sintetica, oltre 95 miliardi di dollari nel periodo 2016-2020, hanno portato alla realizzazione di biofonderie - strutture integrate, anche di piccole dimensioni, dove è possibile progettare, costruire e testare costrutti genetici - e allo sviluppo di piattaforme tecnologiche dedicate che rendono le infrastrutture necessarie per operare ampiamente accessibili anche alle PMI.

Figura 1 Una "pila" crescente di nuove tecnologie consente la specializzazione, accelerando l'innovazione



Fonti: Freemont P., *Synthetic biology industry: data-driven design is creating new opportunities in biotechnology*, Portland Press, 2019; analisi BCG e Hello Tomorrow

Un impulso importante all'evoluzione della biologia sintetica è stato il fallimento dei biocarburanti. All'inizio degli anni 2000, infatti, si sono investiti molti miliardi di dollari per trasformare il mais in etanolo ed estrarre petrolio dalle alghe. Ma il successivo calo del prezzo del petrolio e il contemporaneo aumento dei costi di produzione a causa di un'augmentata domanda di biomasse, oltre alla mancanza di infrastrutture adeguate e all'avvento della crisi economica del 2009, hanno fatto fallire la maggior parte dei progetti. Tuttavia, gli strumenti sviluppati dagli ingegneri metabolici per costruire organismi per la produzione di biocarburanti sono stati sfruttati (e ulteriormente avanzati) per sviluppare il Nature Co-Design. La consacrazione definitiva dell'importanza della biologia sintetica è testimoniata dal successo dei due vaccini a base di mRNA di BioNTech e Moderna.

L'applicazione del Nature Co-Design ai materiali inorganici è in forte crescita, seppure in ritardo rispetto ai progressi raggiunti nei materiali organici, così come l'interesse degli investitori. Tra il 2016 e il 2020, si stima siano stati investiti 13 miliardi di dollari. Sono nati anche fondi di investimento dedicati, quali Pangaea Ventures.

Le innovazioni radicali che attualmente vediamo nella chimica e nella scienza dei materiali derivano dall'aumento della velocità con cui è possibile selezionare un composto promettente, testarlo e, infine, produrlo, anche grazie al ricorso all'intelligenza artificiale e alla robotica. Iniziative esemplari sono le già citate Kebotix e IBM RoboRXN, ma anche la giapponese Riken.

La nanotecnologia va ancora oltre, permettendo di modificare le caratteristiche dei materiali a livello atomico, così da ottenere proprietà che prima non esistevano in natura. Invece di partire da un insieme di materiali noti e cercare quello con le proprietà più adatte, il Nature Co-Design permette di partire dalle proprietà desiderate e identificare la nanoparticella che le possiede, per poi produrre il necessario componente attraverso la produzione additiva. Un esempio promettente di tale modo di procedere è la già citata VSPARTICLE: un'iniziativa che collega la ricerca sulle nanoparticelle e l'informatica sui materiali con la produzione additiva.

I materiali avanzati possono avere un impatto profondo anche sulla generazione, trasmissione e stoccaggio di energia. Un'altra area di crescente interesse è quella dei metamateriali, materiali compositi sintetici le cui proprietà non sono tipiche dei materiali naturali. Questi materiali sono già utilizzati nelle applicazioni aerospaziali e della difesa.

3. Il Nature Co-Design sfrutta ed espande i principi di progettazione e le capacità produttive della natura

Il Nature Co-Design utilizza microrganismi e forze su nanoscala per manipolare singoli atomi e costruire molecole aventi le proprietà desiderate. La comprensione dei fenomeni intrinseci alla nanoscala permette, infatti, di sfruttare le leggi naturali per creare materiali con proprietà inedite. Applicando i principi di assemblaggio presenti in natura, possiamo memorizzare più informazioni in molecole di quanto potremmo mai fare su dischi rigidi. Possiamo creare materiali più flessibili del kevlar e più resistenti dell'acciaio. Possiamo creare magneti con campi elettromagnetici più potenti. Possiamo produrre macchine su scala nanometrica e articoli auto-assemblanti o autoriparanti. Dato che tutte le forme di vita sono fatte di carbonio e che questo si lega a ogni altro elemento, il Nature Co-Design dà l'opportunità di costruire non solo dal carbonio ma da quasi tutti i composti inorganici, utilizzando, peraltro, un'energia minima.

Il Nature Co-Design riesce così a ingegnerizzare le forme di vita per usarle come piattaforma produttive super efficienti. La pressione evolutiva ha costretto i microrganismi a diventare incredibilmente efficienti dal punto di vista energetico. Progettando in laboratorio pressioni evolutive ulteriori, è possibile accelerare la selezione naturale dei microrganismi per scoprire la soluzione più efficiente a determinate sfide manifatturiere. Molti dei materiali creati attraverso i principi del Nature Co-Design saranno inoltre riciclabili, segnando l'era come intrinsecamente sostenibile e rispondendo al bisogno di circolarità.

LA RIVOLUZIONE DEL NATURE CO-DESIGN

Il Nature Co-Design è una straordinaria opportunità di business che catalizzerà la trasformazione digitale dell'industria manifatturiera, favorendo la sua transizione ecologica. Se escludiamo i servizi, il Nature Co-Design ha un impatto potenziale sul PIL globale di oltre il 40%, equivalente a 30 trilioni di dollari (figura 2).

Per Al Gore: «We believe that we're in the early stages of a sustainability revolution, one that will be larger than the Industrial Revolution with the speed of the digital revolution. We believe it's the biggest investing opportunity in the history of the world, and the biggest business opportunity in the history of the world»². Il Nature Co-Design rappresenta un'opportunità per ripensare le catene del valore, creando un vantaggio competitivo sostenibile, lungo quattro dimensioni (figura 3).

² <https://www.wired.com/story/global-warming-inequality-covid-19-and-al-gore-is-optimistic/>

Figura 2 **L'impatto del Nature Co-Design sul PIL globale**



1-Research and markets, Utilities Global Market Report 2020-30; 2-Global Agricultural Products, Market line 2020; 3-Global Healthcare Focus Report, Knowledge Center 2020; 4-Oxford Economics 2020; 5-Euromonitor, consumer goods excl. drinks and food and 'retailing' 2020

Fonti: OCSE, Banca mondiale, analisi BCG e Hello Tomorrow

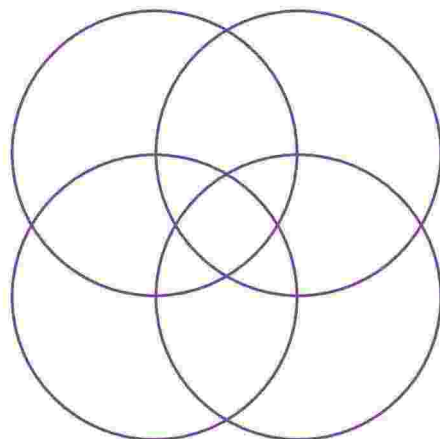
Figura 3 **L'impatto del Nature Co-Design sulle modalità di progettazione delle catene del valore**

Spazio delle opzioni

Il Nature co-design espande lo spazio delle opzioni trasversalmente a varie dimensioni, spostando i value pool e rendendo possibile la creazione di nuovo valore

Sapere scientifico

Acquista maggiore importanza per riuscire a sfruttare il possibile prodotto e il relativo vantaggio di ingegnerizzazione (particolarmente vero per tutti i settori con R&D limitati)



Rete del valore

Il passaggio dalle materie prime alle biomasse sta modificando l'equazione della produzione e richiede un cambiamento di mentalità: dalla catena del valore alla rete del valore (per esempio quando lo scarto di un processo diventa risorsa per un altro)

Fondamentali economici

Ridefinizione degli economics (es. riduzione della scala di produzione) e necessità di affrontare i giusti processi/prodotti con il giusto approccio (es. innovazione spinta o accelerazione della curva dell'esperienza)

GUIDATO DALLA SOLUZIONE ORIENTATO AL PROBLEMA

Fonti: analisi BCG e Hello Tomorrow

1. Il Nature Co-Design amplia lo spazio delle opzioni, creando nuovo valore

Il Nature Co-Design permette di varcare diversi confini nella produzione manifatturiera, seguendo tre principi fondamentali: **1** invece di estrarre le materie prime per poi raffinarle, il Nature Co-Design consente di realizzare il materiale desiderato

partendo dalla progettazione dei suoi atomi, raggiungendo perciò una precisione nella fabbricazione senza precedenti; **2** la biologia è altamente selettiva e questo le consente di lavorare materie prime impure; il Nature Co-Design consente, perciò, di fabbricare materiali da miscele inseparabili di materie prime, naturali e non;

Figura 4 L'impatto del Nature Co-Design sull'industria del collagene



vive una trasformazione radicale grazie al Nature Co-Design

DALLA FORZA BRUTA » ALLA PRECISIONE

APPROVVIGIONAMENTO	Pelle e ossa di animali	»	Microrganismi
PRODUZIONE	Estrazione chimica	»	Fermentazione
OUTPUT	Collagene di origine animale	»	Qualunque composizione molecolare di collagene
SPAZIO DELLE OPZIONI	Come posso lavorare il collagene estratto per renderlo idoneo all'applicazione richiesta?	»	Posso produrre qualunque tipo di collagene desideri, quali proprietà voglio che abbia?
	<i>Es. Come posso evitare la trasmissione di malattie animali attraverso l'impianto di collagene?</i>		<i>Es. Perché non sintetizzare per le applicazioni cosmetiche collagene identico a quello umano?</i>

Fonti: Grand View Research; Geltor; analisi BCG e Hello Tomorrow

3 grazie ai due principi succitati, il Nature Co-Design è in grado di rendere sostenibili processi di fabbricazione oggi antieconomici a causa dell'elevata quantità di energia necessaria a svilupparli.

Esempi di imprese che creano valore espandendo lo spazio delle opzioni includono le già citate Pivot Bio, Joyn Bio, Zymergen e Niron Magnetics. Ciò che accomuna queste imprese è che stanno rimpiazzando consolidati prodotti e processi, e anche, potenzialmente, intere catene del valore (es. carne e latticini) o, comunque, parti importanti delle stesse (es. tessile) che sono state progettate per sfruttare le economie di scala. Due imprese che stanno rimpiazzando interamente le esistenti catene del valore sono Geltor nella produzione del collagene (figura 4) e C16 Bio-Sciences nella produzione dell'olio di palma.

Il Nature Co-Design permette di espandere lo spazio delle opzioni anche nella produzione di materiali avanzati. Imprese esemplari in tal senso sono le già citate TeraPore che produce membrane di *virus filtration* e Sila Nanotechnologies che rimpiazza la grafite con il silicio negli anodi per aumentare le prestazioni delle batterie agli ioni di litio. Ad ogni modo, la piena potenzialità del Nature Co-Design nel campo dei materiali avanzati risiede nella possibilità che offre di progettare a livello nanometrico materiali con proprietà non presenti in natura.

Un'impresa esemplare in tal senso è ancora VSParticle che ha sviluppato un processo per rimuovere la variabilità e l'intervento umano nella produzione di desiderate nanoparticelle, rendendo possibile ridurre il tempo di sviluppo da mesi a giorni. Tutte le imprese citate stanno evitando di competere solo sul prezzo, esplorando altri fattori critici di successo che giustifichino il salto verso questa nuova tecnologia.

2. Il Nature Co-Design impone il passaggio dalla catena alla rete del valore, trasformando i rifiuti in risorse

Il Nature Co-Design abilita il passaggio da una filiera produttiva lineare, che parte dall'estrazione delle materie prime e termina con l'eliminazione degli scarti, a una circolare, dove lo scarto di un processo produttivo (es.: zucchero, mais, alghe, anidride carbonica, metano o qualsiasi rifiuto contenente carbonio come il cotone o persino la plastica) diventa la materia prima per un altro. Dalle tradizionali catene del valore si passa, così, alle reti del valore, composte da più catene tra loro collegate in quanto i rifiuti prodotti di una diventano risorse per un'altra. Questo porta a modificare i tradizionali processi produttivi, ma anche le dimensioni e l'ubicazione degli impianti di produzione, poiché la vicinanza ai luoghi dove si generano i rifiuti diventa una variabile rilevante da considerare.

I rifiuti diventano risorsa, se vengono utilizzati come materia prima per nutrire microrganismi funzionali a fabbricare un prodotto, ma anche se vengono *upcycled*, come nel caso dell'anidride carbonica prodotta dai gas di scarico, che permette di alimentare la batteria a flusso *redox* di Agora Energy Technology ed è una risorsa chiave per la progettazione di nanomateriali presso Carbon Upcycling Technologies.

L'elenco delle imprese che usano i rifiuti di altri processi industriali come materie prime per i propri è comunque lungo. NovoNutrients e Kiverdi utilizzano le emissioni industriali di anidride carbonica per produrre proteine per l'alimentazione umana e animale; LanzaTech utilizza i gas di scarico industriali per la produzione di combustibili e prodotti chimici; Mango Materials utilizza il metano per produrre plastica biodegradabile che può essere utilizzata per sviluppare tessuti; Carbios sfrutta



INNOVAZIONE



Le imprese devono partire dalla capacità produttiva obiettivo e disegnare a ritroso il processo produttivo, conducendo molti esperimenti per testare il comportamento dei microrganismi a scale differenti.

un processo enzimatico che converte i rifiuti plastici in plastiche completamente biodegradabili; Evrnu produce nuove fibre rinnovabili da scarti tessili di cotone tramite ripolimerizzazione.

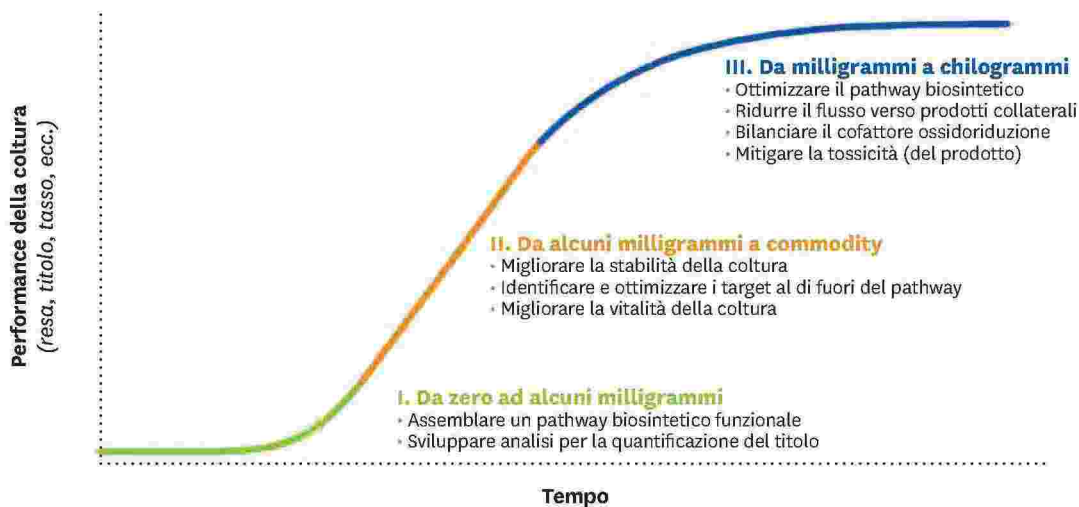
3. Il Nature Co-Design implica un cambio radicale nei processi di ingegnerizzazione e produzione, portando a ridefinire gli economics

I microrganismi non scalano linearmente, ma secondo una curva a "S" (figura 5), e non vi è quindi alcun miglioramento delle prestazioni oltre una certa scala. Questo riduce le dimensioni ottimali degli impianti di produzione e, quindi, le risorse necessarie a finanziarli. Nel Nature Co-Design "bigger is not always better". Inoltre, l'ampliamento dello spazio delle opzioni e la possibilità di utilizzare gli scarti di altri processi produttivi come materia prima porta a sostituire i grandi impianti centralizzati con reti distribuite di piccoli impianti modulari, flessibili e "riprogrammabili" a distanza. I microrganismi diventano la vera infrastruttura di produzione: per passare dalla fabbricazione di un prodotto a un altro non è necessario cambiare gli impianti di produzione, ma è sufficiente cambiare i microrganismi e/o gli scarti che li alimentano. Il Capex perde così d'importanza rispetto all'Opex.

A causa della non linearità succitata, i risultati raggiunti in laboratorio su scala microlitro possono non manifestarsi su scale maggiori, rendendo perciò impossibile il loro sfruttamento commerciale. Le imprese devono quindi partire dalla capacità produttiva obiettivo e disegnare a ritroso il processo produttivo, conducendo molti esperimenti per testare il comportamento dei microrganismi a scale differenti. La necessità di scalare in modo *top-down* rende poi necessario adottare un approccio *design-to-cost*. L'ultimo è favorito dalla possibilità di progettare i microrganismi per consentire non solo una maggiore efficienza nella lavorazione a valle, ossia nell'isolamento e purificazione dei prodotti biosintetici desiderati, ma anche una migliore resa di produzione, una riduzione nell'impiego di materia prima e/o un aumento nella velocità di crescita.

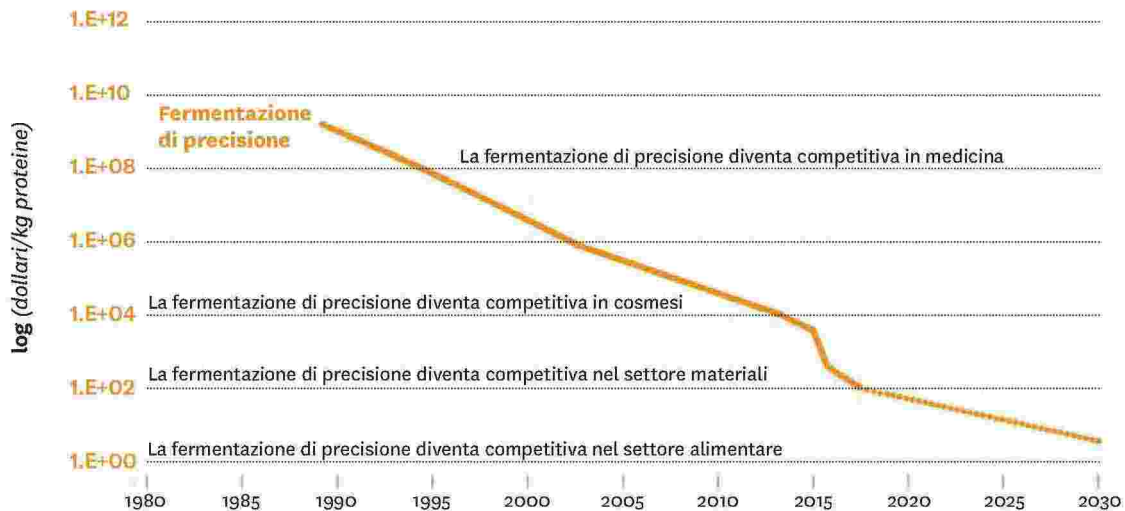
A differenza delle economie di scala, quelle di apprendimento sono cruciali anche nel Nature Co-Design, come dimostra l'andamento della curva di esperienza nel caso della fermentazione di precisione (figura 6). Per sfruttare tali economie è possibile modularizzare gli impianti di produzione, creare standard di settore e condividere i dati con gli altri operatori attraverso partnership (es.: Spiber-ADM), joint ventures (es.: Ginkgo Bioworks-Bayer), o il licensing (es.: Genomatica-Nova-

Figura 5 La scalabilità dei microrganismi



Fonte: Best Practices in Fermentation Bioprocess Development, Culture Biosciences and Stefan De Kok, PhD, 2020; analisi BCG e Hello Tomorrow

Figura 6 **La curva di esperienza nel caso della fermentazione di precisione**

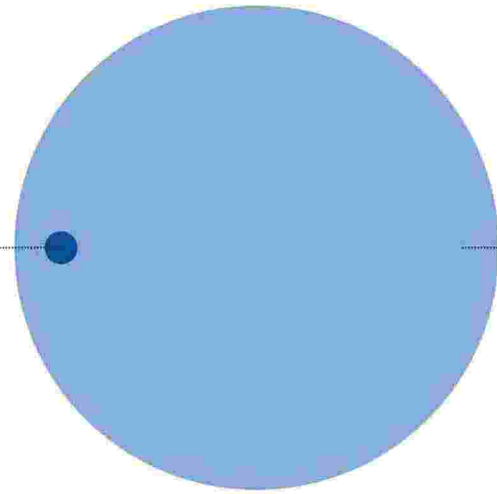


Fonte: RethinkX

Figura 7 **I possibili progressi raggiungibili nel campo della conoscenza scientifica**

Che cosa sappiamo

- 10-20%** Conosciamo solo il 10-20% delle specie
- 100.000** Sono stati sequenziati 100.000 genomi
- 70 milioni** Nel più grande database pubblico sono sintetizzati solo 70 milioni di "molecole organiche piccole" (<70 atomi)



Che cosa non sappiamo

- Specie sconosciute **80-90%**
- Specie di eucarioti **10-15 milioni**
- "Molecole organiche piccole" (<70 atomi) **10⁶⁰**

Fonti: BioGenomeProject, 2018; Ball P., Navigating Chemical Space, 2015; analisi BCG e Hello Tomorrow

mont). È altresì possibile progettare i microrganismi affinché usino impianti di produzione esistenti. La velocità con cui la capacità produttiva cumulata è realizzata impatta significativamente sui costi³. Le riflessioni sviluppate si riferiscono ai materiali organici, ma valgono in massima parte anche per quelli inorganici.

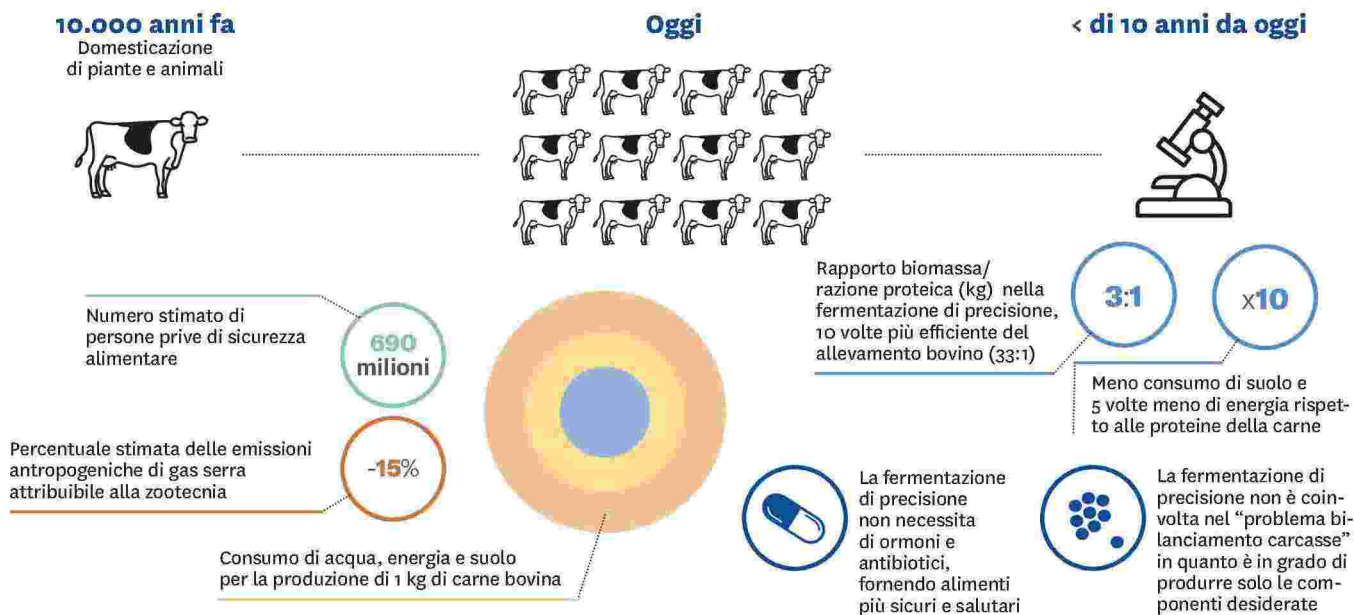
4. Il Nature Co-Design richiede un aumento della conoscenza scientifica e dell'immaginazione

Mentre le regole della biologia limitano lo spazio delle opzioni, il numero di possibili molecole da progettare usando la chimica è enorme. Infatti, il numero di combinazioni atomiche - tipi, numero e posizione degli atomi in una molecola, proprietà geometriche e di legame - è pressoché infinito. Anche lo spazio delle proprietà è in gran parte sconosciuto. Le nanotecnologie, sfruttando le forze quantistiche intrinseche alla nanoscala, permettono infatti di inventare moltissimi

³ Berdichevsky G. e Yushin G., *The Future of Energy Storage: Towards A Perfect Battery with Global Scale*, Sila Nanotechnologies, September 2020.

INNOVAZIONE

Figura 8 Il possibile impatto del Nature Co-Design sull'industria dell'allevamento



Fonti: FAO; RethinkX; Good Food Institute; Liz Specht, *Alt-Meat Trounces Animal Meat's Massive Inefficiencies*, 2019; analisi BCG e Hello Tomorrow

materiali con proprietà che non esistono in natura e che non sono comunque ottenibili a scale maggiori.

Le imprese consolidate devono comprendere le potenzialità del Nature Co-Design aumentando gli investimenti in R&S dedicati, ma anche entrando in partnership con quelle pioniere in tale campo. Esempi di partnership sono quelli già citati tra Ginko Bioworks e Bayer che hanno portato alla nascita di Joyn Bio, nonché tra Zymergen e FMC. Se le imprese pioniere hanno le conoscenze scientifiche necessarie a trovare una soluzione, le imprese consolidate hanno le conoscenze industriali necessarie a identificare un problema critico. Il fine ultimo non può essere la mera riduzione dei costi di produzione, ma deve essere così critico da permettere la distruzione di una consolidata catena del valore.

A tal fine occorre sapere in quale punto della catena si crea il maggiore valore aggiunto, dove esistono delle potenziali fonti di valore non sfruttate e quali particolari innovazioni consentono di accedervi. Ciò può implicare un radicale ridisegno dei prodotti e processi, ma anche dei modelli di business e organizzativi, dove l'immaginazione dei top manager e, quindi, il

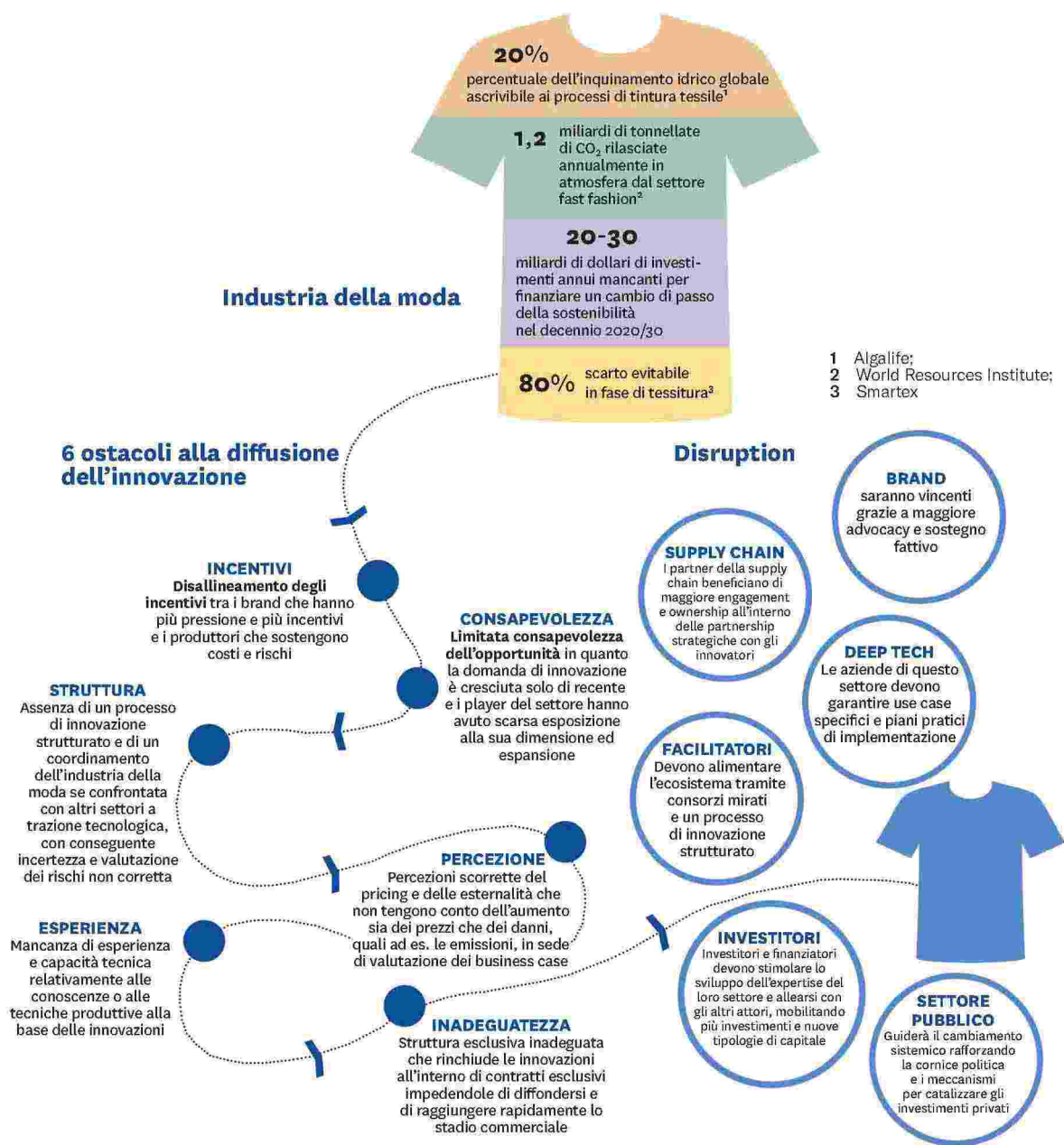
cambiamento dei loro modelli mentali diventa un fattore critico di successo per l'ampliamento dello spazio delle opzioni⁴.

Due industrie che il Nature Co-Design quasi sicuramente distruggerà e che sono o, quantomeno erano, importanti per l'economia italiana, sono quelle dell'allevamento e il tessile. La fermentazione di precisione sta già abilitando, infatti, lo sviluppo di nuovi prodotti quali la carne coltivata, latticini sintetici, la pelle coltivata in laboratorio e il collagene sintetico.

Il Nature Co-Design può, inoltre, abilitare lo sviluppo di nuovi tessuti che permettano di aumentare la produttività, la sostenibilità e la personalizzazione. Tali sfide non potranno tuttavia essere vinte senza un approccio a livello di ecosistema. Altre industrie, sempre rilevanti per l'economia italiana, sulle quali il Nature Co-Design promette di avere un impatto profondo sono l'industria del cibo e l'agrotecnica in genere, del bio-pharma, dell'energia e dei materiali per le costruzioni.

⁴ Reeves M. e Fuller J, "Abbiamo bisogno di immaginazione, ora più che mai", *Harvard Business Review*, Maggio 2020.

Figura 9 Il possibile impatto del Nature Co-Design sull'industria tessile



Fonti: Financing the Transformation in Fashion – Unlocking Investment to Scale Innovation, rapporto BCG/Fashion for Good, gennaio 2020; analisi Hello Tomorrow

LA NECESSITÀ DI ACCOGLIERE UN APPROCCIO NON RIDUZIONISTA E PROFONDAMENTE ETICO

L'adozione del Nature Co-Design non può avvenire in modo incrementale in quanto richiede un modo di pensare completa-

mente diverso⁵. A causa della complessità intrinseca del Nature Co-Design, *in primis* della non linearità sia delle bio sia delle nanotecnologie, non è possibile adottare nello sviluppo delle

5 BCG, "Think Biologically: Messy Management for a Complex World", July 2017.



VeniSIA

Venice Sustainability Innovation Accelerator

opportunità di business un approccio riduzionista. Questo anche perché il Nature Co-Design può rilasciare in natura delle indesiderate alterazioni sia organiche sia inorganiche, le cui conseguenze di secondo e terzo ordine possono essere difficili da invertire. Ciò impone di tenere in attenta considerazione, anche dal punto di vista etico, le implicazioni derivanti dallo sfruttamento della natura come piattaforma di ingegneria e produzione. Occorre identificare e mitigare i rischi legati alle nuove scoperte fin dall'inizio di ogni nuovo progetto⁶. Se le università e i Governi sono chiamati a svolgere un ruolo primario nella promozione dell'uso responsabile del Nature Co-Design, le imprese dovranno adoperarsi per rendere coerente la velocità con cui si manifesteranno i progressi scientifici e tecnologici con quella che caratterizzerà la loro accettazione. Presupponendo che esse adottino una mentalità genuinamente generativa e non sfruttatrice, le imprese dovranno sviluppare una narrativa autentica, trasparente e basata sui fatti, sviluppando un dialogo sincero con la società civile sui benefici sia economici sia ambientali, ma anche sui pericoli del Nature Co-Design. Gli scienziati e gli imprenditori dovranno, quindi, lavorare insieme anche per combattere le paure e la disinformazione che potrebbero minacciarne l'accettazione pubblica. Importante sarà anche il coinvolgimento di bio-designer, bio-artisti, bio-chef che aiutino il pubblico ad accettare i nuovi tessuti, cibi e materiali generati dal Nature Co-Design.

Le opportunità strategiche offerte dal Nature Co-Design sono straordinarie, perché solamente un approccio generativo è sostenibile nel lungo periodo. Tali opportunità sono ancora più straordinarie per le imprese italiane, dato che il

⁶ Baylis F., *Altered Inheritance: CRISPR and the Ethics of Human Genome Editing*, Harvard University Press, 2019.

tessuto economico e industriale che formano ben si addice a guidare questa nuova rivoluzione industriale "generativa". A loro la responsabilità di farla diventare realtà abbracciandone il potenziale e chiamando all'azione le istituzioni.

Un primo passo in questa direzione è rappresentato dal progetto VeniSIA (Venice Sustainability Innovation Accelerator) che ha come obiettivo rendere Venezia "la più antica città del futuro" accogliendo l'approccio Nature Co-Design. VeniSIA conta anche sul supporto di OFFICINAE BIO, la prima start-up europea dedicata al Nature Co-Design attraverso la biologia sintetica, che ha sviluppato un nuovo approccio al design e sintesi del DNA.

VeniSIA è poi uno dei pilastri del progetto che ambisce a far diventare "Venezia la capitale mondiale della sostenibilità". Il progetto è stato ufficialmente lanciato a luglio durante il vertice dei ministri dell'Economia e delle Finanze dei G20 tenutosi proprio nella Serenissima. D'altro canto, quale piazza migliore di Venezia per trasformare la tradizione in innovazione e avviare un nuovo rinascimento (industriale) italiano? ©

 **CARLO BAGNOLI** è Professore Ordinario d'Innovazione strategica e Direttore della School of Management all'Università Ca' Foscari Venezia. Fondatore e direttore scientifico di Strategy Innovation Srl e di VeniSIA (Venice Sustainability Innovation Accelerator), un neonato deep tech accelerator.

MASSIMO PORTINCASO è Chairman di Hello Tomorrow, un'organizzazione dedicata ad attivare il potenziale del deep tech e supportata da una delle più grandi deep tech communities mondiali. È stato, in precedenza, Managing Director e Partner di Boston Consulting Group (BCG) a Berlino, dove era co-responsabile della Deep Tech Mission, l'unità di BCG dedicata al deep tech.