

EDIZIONE A.S. 2025/26

RISORSE NATURALI E SALUTE

Come la ricerca ci aiuta a salvaguardare
persone e ambiente

madforscience.fondazionediasorin.it

Valorizzazione e utilizzo consapevole delle risorse naturali in chiave innovativa e biotecnologica: la ricerca scientifica nell'ambito delle biotecnologie e della biologia molecolare per il miglioramento della Salute dell'uomo, al fine di garantire la salvaguardia dell'ambiente in un'ottica di bio-economia circolare.

“Lo dobbiamo a noi stessi e alle future generazioni, dobbiamo preservare l'ambiente in modo da poter lasciare in eredità ai nostri figli un mondo sostenibile a beneficio di tutti”. Come ricordava il premio Nobel per la pace Wangari Maathai, oggi tutelare l'ambiente significa garantire risorse in quantità e qualità adeguate a noi e alle future generazioni. Proprio su questo fronte troviamo numerose applicazioni di biotecnologia e biologia molecolare, che negli ultimi anni hanno offerto soluzioni avanzate e sostenibili.

Tra queste occupa un posto di rilievo la produzione di nuovi materiali per contenere l'accumulo di **rifiuti**, di cui è imperativo ridurre la quantità ma anche aumentare la qualità, privilegiando materie prime facilmente biodegradabili e inseribili in un contesto di economia circolare.

In questa prospettiva, tra i materiali innovativi prodotti nel rispetto dell'ambiente troviamo per esempio la **cellulosa biocostruita**, una fibra ana-

loga a quella vegetale ma spesso più pregiata, generata attraverso la coltura di batteri o alghe selezionate. Questi organismi sono in grado di creare una pellicola di cellulosa purissima sottoforma di biofilm, che in natura consente loro di cementarsi sviluppando colonie, del tutto analoghe alle primissime forme di vita multicellulare terrestre, di circa 3.1 miliardi di anni fa¹. In questo ambito, al *Politecnico di Zurigo*² sono in corso ricerche sul batterio *Komagataeibacter sucrofermentans*, di cui sono state create nuove varianti del wild type attraverso l'irraggiamento con luce UV-C. Impedendo a questi mutanti di riparare il danno casuale al DNA e coltivandoli in camera oscura, il gruppo di ricerca è riuscito a selezionare efficacemente cellule che producono dal 50 al 70% di cellulosa in più rispetto al tipo selvatico. Il materiale prodotto ha il pregio di non derivare da abbattimento di alberi e di essere biodegradabile; pertanto, trova applicazione nei campi più diversi: dal biomedico agli imballaggi, dall'edilizia all'industria tessile.

IL PROGETTO Mad for Science – La sicurezza

La sicurezza delle esperienze di laboratorio è senz'altro una priorità per Fondazione Diasorin ETS. Per questo è opportuno evitare l'utilizzo di qualunque tecnologia o sostanza possa costituire un rischio per le e gli studenti.

Per studiare la mutagenesi casuale nei procarioti, si privilegerà l'utilizzo di agenti fisici a basso rischio come, per esempio, il perossido di idrogeno, la cui decomposizione può generare radicali liberi che danneggiano il DNA, causando potenzialmente mutazioni. Si potranno anche esporre le colonie batteriche a stress ambientali come lo shock termico o a irraggiamento, per esempio con raggi UV a bassa intensità prodotti con un transilluminatore, già fornito di schermatura idonea, o sotto cappa a flusso biologico, rispettando sempre le indicazioni di sicurezza e gli opportuni DPI.

Sempre cellulosa e **biopolimeri** sono tra gli obiettivi della startup al femminile Bi-rex del *Politecnico di Milano*³, che ha brevettato un processo in

grado di valorizzare gli scarti delle industrie agro-alimentari ottenendo biopolimeri naturali attraverso le biotecnologie.

1 - Cellulosa: dagli alberi ai dolcetti, 2017. www.scienceinschool.org

2 - Come i ricercatori trasformano i batteri in mini-fabbriche di cellulosa, 2024. www.myscience.ch

3 - Bi-rex: premiata per gli Eni Award al Quirinale la startup delle due ricercatrici Polimi. 2021. www.polihub.it

In un'ottica di economia circolare, **dagli scarti di lavorazione della birra, del riso e degli agrumi** è stata ottenuta la cellulosa per il mercato del packaging e dei prodotti a base di carta (tovaglioli, fazzoletti), mentre dai **gusci dei crostacei e dagli insetti** si ricava **chitina**, biopolimero utilizzato nel trattamento delle acque, nella produzione di bioplastiche e come stimolante della crescita nell'agricoltura biologica.

Nel campo del **packaging per l'asporto**, la cui richiesta è aumentata sensibilmente, vi sono diverse proposte di materiali di origine biologica, come bicchieri compostabili creati con carta **envoPAP** ricavata da scarti agricoli, prodotti da The Good cup e vincitori dell'IF design award 2023. A base di **erba**, materiale abbondante e di rapida crescita, sono invece i prodotti di carta per imballaggi alimentari e cosmetici di Creapaper, che utilizzano lo 0,007% di acqua rispetto agli imballaggi da pasta di legno tradizionale. Infine, Ecovative lavora fibra di **canapa e micelio** per sostituire schiume espansive, cartone e imballaggi in plastica. Il materiale è compostabile in casa e cresce direttamente in uno stampo che ha la forma necessaria per l'applicazione finale⁴.

Oltre a prevenire la produzione di rifiuti da imballaggi, l'Europa mira al loro riciclo e valorizzazione⁵, considerando che, nel 2021, ne sono stati prodotti 84,3 milioni di tonnellate, dato in aumento rispetto all'anno precedente. La maggior parte di questi rifiuti è costituita da carta e cartone (40.3%), seguiti da plastica (19%), vetro (18.5%), legno (17.1%) e metallo (4.9%)⁶.

Tra i progetti con finanziamento UE, Enzycle⁷ ha introdotto un sistema di degradazione delle microplastiche che combina processi enzimatici e microbiologici per scomporre materiali quali PET, PE e poliammide, consentendo di ridurre il peso del 30%. Si utilizza una serie di enzimi, tra cui la **cutinasi** dal compost di foglie e rami (LCC, leaf-branch compost cutinase) e l'**idrolasi poliestere** (PHL7, polyester hydrolase) derivata da metagenomi, i quali hanno entrambi dimostrato un'elevata attività idrolitica sul PET⁸.

Esperienze di degradazione enzimatica su matrici diverse possono essere svolte anche in un laboratorio scolastico, utilizzando enzimi meno complessi da gestire, come **PETasi** e **MHETasi**⁹, estraibili da *Ideonella sakaiensis* o acquistabili già purificati.

Per concludere, è da evidenziare il contributo che l'**Intelligenza Artificiale** può dare nella gestione dei rifiuti, dallo snellimento dei processi all'ottimizzazione dei risultati. Per esempio, Iren ha sviluppato l'impianto Circular Plastic, all'avanguardia nella separazione delle bioplastiche dai rifiuti plastici, che impiega selettori ottici governati da algoritmi di IA, migliorando l'efficienza del riciclo e garantendo una separazione accurata dei materiali. Nell'ambito dello "smart waste management" troviamo inoltre cassonetti intelligenti e analisi in tempo reale dei dati per migliorare ogni fase della gestione e ottimizzare percorsi e processi¹⁰.



4 - Imballaggi biodegradabili: 5 innovazioni sbalorditive, 2023. www.rinnovabili.it

5 - Economia circolare: in che modo l'UE intende realizzarla entro il 2050, 2024. www.europarl.europa.eu

6 - Come ridurre i rifiuti di imballaggio nell'UE? (infografica), 2024. www.europarl.europa.eu

7 - www.enzycle.eu

8 - Un'innovativa tecnologia enzimatica per guidare la lotta contro. www.cordis.europa.eu

9 - A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate), 2016. www.science.org

10 - Smart waste management, l'innovazione tecnologica che ottimizza la gestione dei rifiuti, 2025. www.gruppoiren.it

IL PROGETTO Mad for Science – La domanda di ricerca

Il Bando prevede la stesura di un progetto di ricerca che cerchi di affrontare un **problema insoluto**, a partire dal quale si individuano una o più **domande biologiche**, definendo una ipotesi che sarà poi testata sperimentalmente. È bene partire da una domanda iniziale autentica ed esplicita, che guidi la ricerca e colleghi le esperienze didattiche che poi si andranno a sviluppare.

Di seguito qualche esempio:

Ricercatrici e ricercatori hanno scoperto che i funghi possono essere impiegati per produrre biomateriali, ma ancora non si conosce quali substrati siano più adatti per il fungo *Pleurotus ostreatus*.

Qual è il substrato più idoneo per far crescere *P. ostreatus* e produrre biomateriali a base di micelio: segatura, cartone, bucce di agrumi, fondi di caffè?

La bioplastica a base di poliidrossialcanoati (PHA) è un materiale biodegradabile e compostabile prodotto da microrganismi che fermentano substrati come zuccheri o oli vegetali.

Quale microrganismo tra *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas putida* ed *Escherichia coli* è più efficiente nel produrre PHA?

Nel campo del risanamento ambientale, si sta facendo sempre più spazio l'utilizzo di batteri e piante per i trattamenti di bonifica.

Nel Centro di Ricerca Eni di San Donato Milanese¹¹ si parte dall'analisi del territorio inquinato, per individuare le piante autoctone sopravvissute su quel terreno e metterne a dimora in quantità su tutta la superficie da trattare. Stimolandone la crescita con nutrienti e batteri, tramite le radici queste svolgono la **fitorizzazione** di varie sostanze dal terreno, tra cui i metalli pesanti in eccesso. Inoltre, grazie ai microorganismi che vivono in simbiosi con l'apparato radicale, alcuni vegetali possono degradare direttamente gli idrocarburi dispersi nel terreno, riutilizzandoli nei propri cicli biologici per ricavare energia, attraverso un processo chiamato di **fitorizodegradazione**. Infine, attraverso il **fitorimedio assistito**, si va a potenziare lo sviluppo dei vegetali attraverso l'inoculo di batteri selezionati, potenziandone la crescita.

Un altro interessante prodotto biotecnologico per il miglioramento dei terreni oggi allo studio è il **biochar**¹², che si trova in vendita come ammen-

dante tra i prodotti per il giardinaggio, il quale sta mostrando utili proprietà disinfettanti. Si tratta di un materiale carbonioso ottenuto dalla **pirolisi di biomassa**, anche di scarto, come ricino, senape, anacardo, che migliora la fertilità del suolo, trattiene l'acqua e sequestra il carbonio. In questo modo, contribuisce a ridurre i gas serra e, se opportunamente inoculato, degrada alcuni inquinanti organici. Le terre marginali o contaminate da perdite petrolifere, per esempio, possono essere trattate efficacemente con il biochar, come emerge da recenti studi dell'Università Milano Bicocca¹³.

Il biochar presenta sinergie con il **vermicompost**¹⁴ in termini di salvaguardia della qualità del suolo, delle acque sotterranee e della sostenibilità delle colture, in particolare nella stimolazione dei microrganismi del suolo.

Se il vermicompost utilizza i comuni lombrichi ed è senz'altro noto anche ai non addetti ai lavori, meno conosciuto è il **vermiwash**, un formulato innovativo ottenuto facendo passare acqua in una speciale struttura drenante contenente lombrichi attivi e materiale organico compostabile.

11 - Fitorimedio per la bonifica di terreni contaminati. www.eni.com

12 - Dagli scarti una risorsa per l'ambiente. www.iret.cnr.it

13 - BIO2BIO: Soluzioni innovative per il Biorisanamento con Biochar potenziato da Biosurfattanti, 2025. www.boa.unimib.it

14 - Vermicompost, vermiwash e tea vermicompost: rinnovato interesse e potenziali applicazioni, 2022. www.georgofili.info

Il liquido si arricchisce così di muco del lombrico, micronutrienti, enzimi, ormoni, antibiotici naturali, conferendo al terreno sostanza organica aggiuntiva e proteggendo le colture, come si riscontra per esempio in alcune coltivazioni in India e America del Sud.

Esistono poi varianti ancora più recenti, come il **tea-vermicompost**, ottenuto mediante fermentazione o ossigenazione in fase liquida del compost. Il prodotto finale è costituito da una sospensione acquosa di microrganismi, molecole organiche e inorganiche idrosolubili utili sia per la crescita che per la difesa delle piante.

Esperienze simili a queste sono facilmente riproducibili a scuola, monitorando per esempio le condizioni di maturazione e trasformazione del compost con elettrodi sviluppati ad hoc e con l'utilizzo o meno di lombrichi o altri vermi, caratterizzandone la carica microbica nel tempo o la produzione di specifiche molecole organiche a partire da materiali diversi. Inoltre, anche a scuola la sperimentazione può essere condotta in mesocosmi, ovvero sistemi sperimentali di media scala che permettono di studiare ecosistemi in condizioni controllate, a metà tra il laboratorio e l'ambiente naturale¹⁵.

Un batterio che combina proprietà di **biorisanamento** con la produzione di energia in celle a combustibile microbiche (MFC) è il *Geobacter sulfur-*

reducens, che ha suscitato grande interesse nella ricerca ambientale e scientifica¹⁶. L'attenzione su questo organismo è dovuta anche alla disponibilità relativamente precoce della sua sequenza genomica, che ha consentito di studiarne a livello molecolare la capacità di accoppiare la degradazione della materia organica alla riduzione e mineralizzazione dei metalli, oltre all'abilità di intrappolare l'uranio a livello extracellulare utilizzando i pili, e la proprietà di condurre corrente elettrica dei pili di tipo IV¹⁷. Di quest'ultima è interessante la velocità e le distanze che le piccole correnti elettriche possono percorrere su questi nanofili; pertanto, si sta studiando la capacità di queste cellule di crescere come biofilm elettroattivi e di essere valorizzate in dispositivi bioelettrochimici.

Sfruttando questa proprietà, il batterio è utilizzato in via sperimentale nelle **Microbial Fuel Cells** (MFC), dove agisce come bio-catalizzatore in grado di catabolizzare, ossidandole, molecole contenenti carbonio per trasformarle in prodotti più semplici, protoni ed elettroni che vengono rilasciati all'esterno della membrana, chiudendo così la via metabolica. Il principale campo di applicazione per le MFC allo studio riguarda il **trattamento delle acque**, nel quale si possono accoppiare analisi come il BOD (domanda di ossigeno biochimico) dell'acqua da trattare alla simultanea produzione di energia elettrica¹⁸.



15 - Mesocosmi Sperimentali. www.irbim.cnr.it

16 - Bioenergia, una rete elettrica biologica nel sottosuolo per ridurre le emissioni, 2024. www.energiaitalia.news

17 - Genome-assisted analysis of dissimilatory metal-reducing bacteria. www.sciencedirect.com

18 - Analisi delle prestazioni di MFC impiegate come sensori per il monitoraggio di BTEX. webthesis.biblio.polito.it

IL PROGETTO Mad for Science – La scheda progetto

Nella scheda per la partecipazione al Bando ogni scuola deve indicare, tra le altre cose, la descrizione sintetica del progetto di ricerca, che prevede analisi e verifica di una ipotesi sperimentale, e la descrizione per sommi capi di come verrà sviluppato il progetto. È importante, dunque, ragionare fin dall'inizio sulle possibili azioni e sugli obiettivi specifici che si intendono raggiungere.

Per dare un esempio, in un progetto sull'utilizzo di organismi come alleati nella lotta all'eutrofizzazione delle acque marine, si potrebbe essere guidati dalla domanda di ricerca: "Quali organismi tra alghe brune (*Laminaria*), batteri (*Pseudomonas*) o molluschi filtratori (*Mytilus*) sono più efficaci nella lotta all'eutrofizzazione?" Dopo una contestualizzazione della tematica e la descrizione generale del progetto, ci si potrebbe soffermare sulle azioni che, indicativamente, si vorranno sviluppare. Sarà dunque opportuno esplicitare come avverrà la selezione degli organismi, le modalità di coltivazione, se in vasche o in piccoli ecosistemi sperimentali, come verrà simulato il grado di eutrofizzazione, quali parametri saranno monitorati prima e dopo l'introduzione degli organismi, come saranno analizzati e confrontati i dati.

Ancora, se i risultati non saranno sufficienti o se le tecniche sperimentali non daranno gli esiti sperati, si potrà approfondire lo studio di combinazioni di organismi o di condizioni ambientali più favorevoli, o sviluppare progetti di biorisanamento integrato che coinvolgano anche altre tecnologie innovative e pratiche di gestione sostenibile delle risorse marine.

Da ultimo va ricordato l'utilizzo di **DNA ambientale o eDNA** per il monitoraggio della componente biotica di un ecosistema, soprattutto acquatico, come importante applicazione delle biotecnologie per la salvaguardia dell'ambiente. Questo eDNA è contenuto nei campioni ambientali e comprende sia il DNA incluso in cellule viventi sia il DNA rilasciato involontariamente nell'ambiente da tutti i tipi di organismi. Dai campioni di eDNA, brevi regioni di DNA chiamate "barcode" possono essere amplificate, sequenziate utilizzando tecnologie **High-throughput sequencing o HTS** e confrontate con una libreria di riferimento. Un gruppo internazionale di ricercatori del National Institute of Biology in Slovenia, attraverso il progetto EcoAlpsWater¹⁹, sta formalizzando protocolli standard basati sullo studio dell'eDNA per i cianobatteri, le microalghe e i pesci, ottimizzandoli su scala alpina in laghi e fiumi pilota.

Assistiti da un Ente partner esterno competente, è possibile lavorare anche a scuola sul DNA barcoding e l'eDNA, caratterizzando ecosistemi di interesse. A questa può essere affiancata un'atti-

vità di bioinformatica, anche interrogando il database mondiale **Barcode of Life Database system (BOLD)**²⁰ che contiene le informazioni, pubblicamente accessibili, sui barcode di circa 244.765 specie, rispetto alle circa 2 milioni attualmente conosciute. Ci si addenterà così in una materia complessa e ancora da scoprire, considerando che molti studi scientifici stimano che le specie presenti sulla Terra siano comprese tra 8,7 e 18 milioni, e si ritiene che l'analisi del DNA ambientale permetterà di documentare e identificare le specie note e fornire dati su quelle ancora sconosciute²¹. In conclusione, emerge che la ricerca biotecnologica sia coinvolta molti ambiti di sviluppo, e che possa dunque contribuire in maniera significativa alla salvaguardia dell'ambiente naturale e delle persone, verso uno sviluppo più sostenibile.

19 - Linee guida per l'uso dell'eDNA nel biomonitoraggio delle acque nella Regione alpina. openpub.fmach.it

20 - BOLD Systems

21 - La biodiversità e lo studio del DNA ambientale: ISPRA nell'International Bar Code of Life. www.isprambiente.gov.it