

DONATO MATASSINO, MARIACONSIGLIA OCCIDENTE

NEW TECHNOLOGIES IN THE ENVIRONMENTAL ERA

Crisi ambientale: didattica, ricerca e innovazione tecnica e biotecnica per la sostenibilità globale

1. Introduzione

L'argomento da trattare è di immensa valenza antropologica, biologica ed etica, nonché di infinita complessità multidisciplinare e interdisciplinare.

Siamo in una fase storica caratterizzata da forti, profondi e repentini cambiamenti che accentuano le speranze e le angosce dell'umanità. Infatti, il rapido progresso dell'innovazione dei processi produttivi e dei relativi prodotti, il passaggio da una concezione degli eventi della vita quotidiana essenzialmente statica a una fortemente dinamica sono forieri di grande fascino e di potenzialità enormi ma anche di nuove problematiche e di gravi difficoltà di adattamento¹.

La rivoluzione culturale in corso, nella visione e nella gestione dell'ambiente nell'ottica di una *sostenibilità globale*, costituisce forse l'avvenimento più importante di questo terzo millennio.

La *logica di sviluppo sostenibile* è rappresentabile dalla figura I². Essa incorpora tre *dimensioni* (obiettivi) fondamentali che devono interagire fra di loro: *economica, sociale ed ecologica*. Il diagramma a triangolo equilatero vuole significare che *i tre vertici (A, B e C) indicano la massimizzazione di un solo obiettivo. Le diverse combinazioni all'interno del triangolo consentono di realizzare soluzioni variabili, temporalmente e spazialmente, in una visione di ottimizzazione dinamica sistemica*. Pertanto, *la sostenibilità consiste nell'armonizzare, in un equilibrio dinamico, le forze eterogenee e conflittuali identificabili con: l'efficienza, la crescita e la stabilità nella dimensione economica; la povertà, l'equità intergenerazionale e la cultu-*

-
- 1 D. Matassino, *Impariamo dalla natura*, Conv. "Progetto Ambiente", Colle Sannita (BN), 14/15 febbraio, in L'Allevatore 48(17), 1992, pp. 18-19.
 - 2 M. Giaoutzi, P. Nijkamp, *Decision Support Models for Sustainable Development*, Aldershot, Avebury, 1993.

ra nella dimensione *sociale*; la biodiversità, la resilienza e l'inquinamento delle *risorse naturali* nella dimensione *ecologica*³.

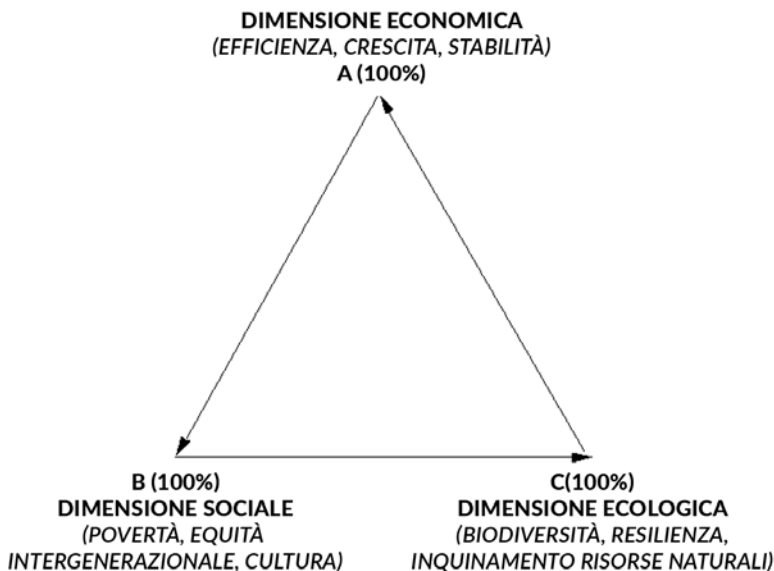


Figura I – Rappresentazione grafica del concetto di “sviluppo sostenibile”.

La gestione della *sostenibilità globale* deve essere sempre più funzione di percorsi innovativi che tengano conto della *globalità della “biosfera”* definibile come complesso di fattori *antropici, biotici, chimico-fisici* (liquidi, solidi, gassosi), *geologici, pedologici e climatici* variabili a seconda dell’*area geografica*.

P.T. de Chardin ipotizza che oltre l’uomo, la “*complessità*” raggiunge il suo massimo a livello “*planetario*” prima con la “*biosfera*”⁴ e poi con

3 D. Matassino, A. Cappuccio, *Costs of Animal Products and Standard of Living*, in Proc. 8th World Conference on Animal Production, Seoul, June 28-July 4, Special Symposium & Plenary Sessions, 1998, pp. 559-591.

4 Secondo P.T. De Chardin (1881-1955), la “*biosfera*” è “un unico oggetto complesso che si evolve”; per V.I. Vernadskij (1863-1945) “è una gigantesca macchina termodinamica che funziona come un’unica entità collegando assieme viventi e non viventi”.

la “*noosfera*”⁵; quest’ultima rappresenterebbe la “*sfera pensante*” che si aggiunge alla “*biosfera*”. Pertanto, nella *teoria della “biosfera”* di P.T. de Chardin, l’uomo e la “*biosfera*” vengono inseriti in un processo di “*complessificazione*” nel quale è compendiata l’imprescindibile relazione “*evoluzione biologica – evoluzione culturale*”⁶.

Il pianeta Terra è da considerare un vero e proprio macroorganismo nello spirito della *teoria di Gaia*; teoria (introdotta per la prima volta da J.E. Lovelock nel 1972 e poi ampliata dallo stesso autore in collaborazione con L. Margulis nel 1974) che considera il pianeta Terra come un vero e unico sistema paragonabile a un “*organismo omeostatico*”, cioè un *organismo capace di autoregolazione e di mantenimento dinamico delle condizioni necessarie alla propria sopravvivenza*. L’originalità di J.E. Lovelock sta nell’aver elaborato una teoria nella quale le relazioni tra “*materia vivente*” e “*non vivente*”, nonché quelle tra *specie*, sono fondamentali per una “*stabilità della biosfera*”; tale stabilità sarebbe collegata al numero di specie presenti: all’aumentare di queste, incrementa la “*stabilità della biosfera*”; pertanto, la sopravvivenza della “*biosfera*” sarebbe legata alla sua essenza di sistema “*globale*”, “*diverso*” e “*complesso*”. Si ricorda che già F. H. A. F. von Humboldt (1769-1859), nel suo trattato *Kosmos* (che avrebbe dovuto intitolarsi *Gaia*), descrive la terra come “*un insieme naturale animato e mosso da forze interne*”, anticipando l’*ipotesi Gaia* alla base di molta ecologia contemporanea.

Non essendo chiaro il vero concetto di “*natura*”, forse non è errato rifarsi a Eraclito: “*la natura ama nascondersi*”; pertanto, essa ha un carattere “*enigmatico*” o di “*nascondimento*”; eppure, apparentemente, essa non nasconde alcuna cosa. Tuttavia, la “*natura*” rappresenta il problema più inquietante, se non il primo; problema che non può essere sottovalutato anche se Goethe dice “*anche ciò che vi è di più innaturale appartiene alla natura*”. Al di là di qualsiasi “*riduzionismo scientifico*” o “*semplificazione filosofica*”, l’asserzione agostiniana “*factus sum mihi magna quaestio*” conserva tutta la sua valenza nel pensare che quello della “*natura*” è un problema di non semplice soluzione. *Si può ritenere che esista un rapporto primigenio tra uomo e natura; rapporto che li “coin-*

5 *Noosfera* (νόος – νόυ = mente e σφαῖρα – ας = sfera); nella teoria originale di V. Vernadskij (1863-1945), la “*noosfera*” è la *terza fase* dello sviluppo della Terra, successiva alla “*geosfera*” (materia inanimata) e alla “*biosfera*” (vita biologica); per P. T. de Chardin, la *noosfera* è una sorta di “*coscienza collettiva*” degli esseri umani che scaturisce dall’interazione fra le menti umane.

6 L. Galleni, *Darwin, Teilhard de Chardin e gli altri...le tre teorie dell’evoluzione*, Felici Editore, Pisa 2011.

volge” reciprocamente, ma, per quanto ci riguarda, *con un’attribuzione ontologica privilegiata all’uomo*, se non di carattere “*numinoso*”. Questa visione è ampiamente giustificata anche dall’abissale differenza tra la vita dei viventi secondo la “*natura*” e la vita dei viventi secondo la “*natura umana*”; la seconda ha la capacità e il dovere di individuare, nello spirito del “*pléroma*”, la soluzione migliore del rapporto “*uomo-natura*”, in quanto l’*uomo* è portatore di una scienza “*antica*”: la *sapienza*. Operando con sapienza, l’*uomo* può distinguere, sulla base della concezione hegeliana, una “*natura in sé*” da una “*natura per noi*”, conscio che la prima non potrà mai essere totalmente inglobata nella seconda, se mai è la “*natura per noi*” che, se non gestita con lungimiranza e con “*amore*”, può ritornare alla “*natura per sé*”. Indubbiamente, quest’ultima ha avuto un grande ruolo e significato vitale per i nostri antichissimi antenati. Sarebbe illusorio da parte dell’uomo trasferire *sic et simpliciter* le acquisizioni proprie della “*natura per noi*” alla “*natura in sé*”⁷.

I sistemi ecologici ai quali gli esseri umani si affidano per il sostegno alla vita sono in crisi e il comportamento umano è la causa principale. Manipolare, sfruttare e distruggere la *natura* non umana non sono nuove attività per la nostra specie, ma oggi queste si verificano in una scala senza precedenti e a un tasso crescente.

L’“*ecosistema Terra*” evidenzia sintomi di stress sempre più elevati: perdita di biodiversità, degrado ambientale, conflitto di specie. L’attuale traiettoria *ecologicamente distruttiva* non può essere invertita senza l’azione umana per *trasformare radicalmente i sistemi antropogenici e antropocentrici* che incoraggiano, sostengono e rafforzano stili di vita orientati al consumo, allo spreco e all’inquinamento, in particolare nel mondo industrializzato ove il concetto di “*risorsa*”⁸ è identificato con quello di qualcosa da sfruttare, mentre sarà necessario considerarla *come un bene da tutelare, da conservare e da utilizzare con oculatezza programmatoria*.

7 D. Matassino, *La zootecnia in un parco*. Atti Conv. “Il parco come punto d’incontro di problematiche socio-economiche di un territorio, con particolare riferimento alla zootecnia”, Tignale (BS), 6 giugno, 9, 1997.

8 La parola “*risorsa*” deriva dal francese “*ressource*” che, a sua volta, deriva dal latino “*resurgere*” (= risorgere). La risorsa può essere definita “*qualsiasi fonte o mezzo che valga a fornire aiuto, soccorso, appoggio, sostegno, specialmente in caso di necessità*” [ConSDABI, *La risorsa genetica animale (Biodiversità)*, in “*Biodiversità e risorse genetiche*”, n. 2 (luglio), 11-31, MiPAF – ISZ, 2002].

2. Crisi ambientale

D. A. Maelzer⁹ definisce l'*ambiente* come “la somma di ogni cosa che influenza direttamente la probabilità del vivente di vivere e di riprodursi”; quindi, l'insieme delle variabili *fisiche, chimiche, biotiche e psichiche* influenzanti direttamente la probabilità del vivente di vivere e di riprodursi costituisce l'ambiente cosiddetto *naturale*; se a queste variabili si aggiunge l'attività *antropica*, l'ambiente può essere considerato *culturale*¹⁰. È possibile ritenere che l'*ambiente culturale* si sia sviluppato parallelamente alla comparsa e all'evoluzione del genere *Homo* sul pianeta Terra.

È indubbio che l'attività dell'uomo è foriera di cambiamenti molto più repentini e globali di quelli che opera la “*natura*” con i suoi peculiari tempi di lentezza, di gradualità e di “*localismo*”. Trasferendo al sistema ambiente quanto sostiene L.L. Cavalli Sforza¹¹, è possibile ritenere che: “*l'evoluzione dell'“ambiente culturale” è un processo molto più rapido dell'evoluzione dell'“ambiente naturale”, perché la trasmissione, in questo caso, non è mendeliana, ma è “epidemica” e l'innovazione (l'invenzione) è meno “casuale” della mutazione ma più “mirata” e dispendiosa in quanto, come qualunque innovazione, comporta sempre costi oltre che benefici*”.

Per la maggior parte della storia umana, gli ecosistemi essenzialmente hanno funzionato come sistemi adattativi auto-regolatori con proprietà auto-organizzative che si sono evolute attraverso interazioni a lungo termine tra popolazioni umane e ambiente. Nel XXI secolo l'uomo utilizza approcci che si oppongono alle proprietà di auto-regolazione degli ecosistemi.

Ad esempio, con particolare riferimento alla erosione genetica, la domesticazione di animali e di vegetali da parte dell'*Homo sapiens sapiens* (X/III millennio a. C.) segnerebbe l'inizio di un processo di “*alterazione della evoluzione naturale per molte specie ed ecosistemi*”. L'estinzione di specie selvatiche, dovuta alle attività pre-domesticazione esercitate dall'uomo “*cacciatore-raccoglitore-pescatore*”, dovrebbe invece essere ritenuta “*la*

9 D. A. Maelzer, *A discussion of components of environment in ecology* in *J. Theor. Biol.*, 8, 1965, pp. 141-162.

10 D. Matassino, *Impariamo dalla natura*, cit.

11 L.L. Cavalli Sforza, *Relazione presentata in occasione del Convegno “La “biodiversità” base dell'innovazione”*, organizzato dall'Università degli Studi del Sannio e dalla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali in onore del prof. Donato Matassino, Benevento, 16 dicembre 2008, Grafica & Stampa Soluzioni, Amorosi (Bn) 2016, pp. 57-62.

semplice risultante della competizione naturale tra specie animali” legata alla uccisione di prede a scopo alimentare e, al contempo, di specie aggressive a scopo di difesa¹².

L'intervento delle “macchine” ha accelerato gli effetti negativi dell'impatto umano sulla *natura*; pertanto, la dinamica del sistema Terra è caratterizzata da soglie critiche e da cambiamenti inattesi, attivati principalmente – e anche in modo non sempre intenzionale – dalle *attività antropiche* che producono cambiamenti dell'equilibrio del pianeta Terra dando origine a una vera e propria nuova era geologica denominata “*Antropocene*”. Questo termine viene coniato negli anni '80 da E. Stoermer e poi adottato da P. Crutzen nel 2005 per indicare l'era attuale in cui la *fabbrica vivente degli ecosistemi* è ormai dominata dalle attività antropiche con la conseguente necessità che la “*sostenibilità globale*” diventi *uno dei fondamenti per la programmazione* delle attività umane dell'attuale millennio¹³. P. Crutzen indica come data simbolica per l'inizio dell'“*Antropocene*” il 1784, anno in cui viene messa a punto, da parte di J. Watt, la macchina a vapore¹⁴. Tale data segna l'inizio della “*Rivoluzione*

12 A. Nardone, *L'uomo e la biodiversità*, in Atti del Convegno “La “Biodiversità” base dell'innovazione” organizzato dall'Università degli Studi del Sannio e dalla Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali in onore del prof. Donato Matassino, Benevento, 16 dicembre 2008, Grafica & Stampa Soluzioni, Amorosi (Bn), 2016, pp. 73-79.

13 Già nel XIX secolo e agli inizi del XX secolo il sacerdote italiano A. Stoppani (1824-1891) e il naturalista inglese J. LeConte (1823-1901) usano termini come “*antropozoico*” e “*psicozoico*”; termini, però, mai accolti dai geologi dell'epoca in quanto ritenuti eccessivi per assimilare le attività umane sulla *natura* agli sconvolgimenti caratterizzanti il succedersi delle ere geologiche. Si evidenzia [[http://www.treccani.it/enciclopedia/ecologia_\(Enciclopedia-delle-scienze-sociali\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/ecologia_(Enciclopedia-delle-scienze-sociali)/)] che le preoccupazioni in merito agli effetti negativi dell'attività umana sull'ambiente si possono far risalire già all'antichità classica (Platone); successivamente, si annoverano: (a) nel Cinquecento e nel Seicento (letteratura inglese e francese), denunce dell'insalubrità dell'ambiente urbano, nonché dei guasti del disboscamento; (b) nel Settecento, una prima crisi energetica in Europa per l'esaurimento delle risorse di legna; (c) nel 1864, una rassegna sistematica di G.P. Marsh delle profonde trasformazioni arretrate dalle diverse civiltà umane alla “terra”; (d) verso la fine del 1800, la costituzione, sebbene nell'ambito di ristrette *élites* illuminate, dei primi movimenti in difesa della *natura*; (e) nel 1962, la pubblicazione di *Primavera silenziosa*, da parte di R. Carson; tale opera segnerebbe l'inizio, a livello di grande pubblico della “*rivoluzione ecologica*”.

14 G. Bologna, *Nutrire un'umanità di 9 miliardi: la sfida di un'economia sostenibile*, in *Biologi Italiani*, settembre 2011, pp. 24-29.

industriale” nella quale lo sviluppo delle “macchine” rende più agevole e rapida l'utilizzazione delle *risorse naturali*¹⁵.

La *perdita di biodiversità* e il *cambiamento climatico* sono soltanto due dei segnali più eclatanti degli *effetti nefasti dell'impatto antropico sul Pianeta Terra*.

Alcune stime¹⁶ indicano l'estinzione di almeno 363 specie di vertebrati dal 1500 a.C. a oggi. Il tasso di estinzione è aumentato negli ultimi due secoli a causa della crescita demografica umana e della industrializzazione; l'estrapolazione delle tendenze recenti suggerisce che entro l'anno 2100 vi saranno 269-350 ulteriori estinzioni di uccelli e mammiferi. Tutte le specie sono collegate ad altre attraverso interazioni ecologiche; pertanto, *l'estinzione anche di poche specie esercita un effetto negativo su tutto l'ecosistema interessato, coinvolgendo, nel lungo periodo, anche specie attualmente non prossime all'estinzione*¹⁷.

L'inquinamento dell'ambiente marino, con particolare riferimento a quello da plastica, costituisce una problematica di difficilissima soluzione anche a causa del continuo aumento della produzione di tale materiale a livello di pianeta Terra, nonché delle lacune nella legislazione che ne regola lo smaltimento. Si stima¹⁸ che, solo nel 2010, sarebbero state immesse in mare ben 12,7 milioni di tonnellate di plastica. Uno studio recente¹⁹ evidenzia che, nel pesce Carassio (*Carassius carassius*), le *nanoparticelle*

15 Nella Rivoluzione industriale si distinguono 4 periodi (coincidenti con 4 rivoluzioni) i quali, per la loro caratterizzazione ciclica di lungo periodo, vengono definiti da J. Schumpeter cicli “*Kondratieff*”: (a) il primo (fine 1700/1850) è dominato dalla diffusione della macchina a vapore per usi fissi; (b) il secondo (1850/1900) è caratterizzato dall'uso della “*macchina a vapore*” per usi mobili (treno e nave); (c) il terzo (prima metà del 1900) è interessato da una varietà di innovazioni (elettricità, motore a scoppio, chimica, ecc.); (d) il quarto (dopo il 1950) è trainato dall'elettronica. Si può ipotizzare che la quinta “*rivoluzione industriale*” (iniziata nel 1980 e a tutt'oggi in corso) coincida con lo sviluppo delle biotecniche (“*new Biotechnology era*”) (D. Matassino, 1988, *Il futuro delle biotecnologie nelle produzioni animali: alcuni aspetti scientifici e tecnici*, in *Prod. Anim.*, 1, III serie, pp. 35-71).

16 IUCN, *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2017, www.iucnredlist.org.

17 C.N. Johnson, A. Balmford, B.W. Brook, J.C.L. Buette, M. Galetti, L. Guangchun, J.M. Wilmschurst, *Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene*, in *Science*, 356, 2017, pp. 270-275.

18 J.R. Jambeck, R. Geyer, C. Wilcox, T.R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan, K. Lavender Law, *Plastic waste inputs from land into the ocean*, in *Science*, 347, 6223, 2015, pp. 768-771.

19 K. Mattsson, E. V. Johnson, A. Malmendal, S. Linse, Lars-Anders Hansson, T. Cederwall, *Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain*, in *Scientific Reports*, 7, 11452, 2017.

di plastica riescono a superare la barriera emato-encefalica e si accumulano nel tessuto cerebrale provocando disordini comportamentali (riduzione dell'alimentazione e dell'attività esplorativa dell'ambiente esterno). Danni agli organismi acquatici si rilevano, altresì, in condizioni di allevamento intensivo. A esempio, nel salmone dell'Atlantico, in acquacoltura l'accelerazione dell'accrescimento a favore del tessuto muscolare, compromette lo sviluppo di altri organi, quali gli *otoliti* (formazioni ossee dell'orecchio interno che rilevano i suoni) con conseguente perdita da parte dei salmoni della capacità di rilevare i pericoli²⁰.

Tra l'altro, l'inquinamento ambientale contribuirebbe a causare una forte riduzione della fertilità maschile umana la quale dal 1973 al 2011 ha subito un calo del 50%²¹.

Secondo la *Valutazione degli ecosistemi del millennio*²², negli ultimi 50 anni l'uomo ha cambiato gli ecosistemi con una velocità e una forza che non si erano mai osservate in periodi precedenti. *Questo impatto sta provocando una perdita irreversibile di biodiversità su tutto il pianeta* e, in particolare, si valuta che il 60% dei *servizi ecosistemici*²³ del pianeta Terra siano compromessi. Uno dei fattori determinanti appare essere l'utilizzo dei *sistemi economici lineari* ereditati dal diciannovesimo secolo, che vedono quali principi: il *prendere*, l'*usare* e il *gettare*. *L'economia lineare* ha bisogno di continui apporti dall'esterno di materie prime, che vanno impoverendosi, e produce rifiuti che trovano una sempre meno corretta collocazione. Nel 1976, in un rapporto presentato alla Commissione europea W. Stahel e G. Reday delineano la visione di un'*economia circolare*; tale visione viene pubblicata nel

20 T. Reimer, T. Dempster, F. Warren-Myers, A. J. Jensen, E. Swearer, *High prevalence of vaterite in sagittal otoliths causes hearing impairment in farmed fish*, in *Scientific Reports* 6, 25249, 2016.

21 H. Levine, N. Jørgensen, A. Martino-Andrade, J. Mendiola, Dan Weksler-Derri, I. Mindlis, R. Pinotti, S. H. Swan, *Temporal trends in sperm count: a systematic review and meta-regression analysis*, in *Human Reproduction Update*, 2017, pp. 1-14.

22 Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005.

23 Il concetto di *servizio ecosistemico* del *capitale naturale* viene messo a punto da P.R. Ehrlich e A. Ehrlich nel 1970 e ripreso dagli stessi autori nel 1981; i *servizi ecosistemici* possono essere di: (a) *fornitura* (alimenti di origine animale e vegetale, precursori di farmaci, ecc.); (b) *regolazione* (a es. controllo delle variazioni climatiche, ecc.); (c) *supporto* (stabilizzazione dell'assetto idrogeologico del suolo; conservazione della biodiversità, ecc.); (d) *psico-culturali* (*turistico-ricreativi e relative attività collaterali* (artigianato locale, gastronomia, ecc.)). (D. Matassino, *Biodiversità animale di interesse zootecnico*, Documento per il Comitato Nazionale per la Biosicurezza, le Biotecnologie e le Scienze della Vita (CNBBSV), 7 gennaio 2008).

1981²⁴. L'*economia circolare* prende spunto dai sofisticati meccanismi che contraddistinguono i sistemi viventi²⁵ e assume che un *bioterritorio* debba funzionare come un vero e proprio organismo, in cui le sostanze nutrienti sono elaborate e utilizzate, per poi essere reimmesse come parte dei prodotti del catabolismo nelle reti metaboliche²⁶. Su tale assunzione si basa l'approc-

24 W.R. Stahel, *Jobs for tomorrow: The potential for substituting manpower for energy*, Vantage Press, 1981.

25 A livello cellulare, l'*autofagia* o "*auto-digestione*" è un meccanismo attraverso il quale le proteine, i carboidrati, i lipidi e gli organelli stessi sono in un continuo equilibrio tra sintesi e degradazione (*turnover*); l'*autofagia* permette di evitare l'accumulo di componenti cellulari invecchiate o danneggiate e di riciclare i costituenti di base. Questo processo avviene in strutture cellulari specializzate, dette *lisosomi*, in modo da "proteggere" il restante citoplasma dai processi degradativi. Nel caso particolare delle proteine, il *turnover*, oltre che nei *lisosomi* (proteolisi aspecifica), avviene anche, previa marcatura specifica con proteine dette *ubiquitine*, in un particolare complesso multiproteico cellulare denominato "*proteasoma*" (o "*camera della morte*" o "*inceneritore*" o "*spazzino cellulare*") [D. Matassino, C.M.A. Barone, A. Di Luccia, C. Incoronato, F. Inglese, D. Marletta, M. Occidente e P. Roncada, *Genomica e proteomica funzionali*, Atti Convegno "Acquisizioni della Genetica e prospettive della selezione animale", Firenze, 27 gennaio 2006, In: I Georgofili – Quaderni 2006 –I, Società Editrice Fiorentina, 2007, pp. 201-354; D. Matassino, *La vita costruita: biotecnologie innovative e bioindustria*. Laboratorio di filosofia "La questione della vita" – Studio Filosofico interprovinciale San Tommaso d'Aquino, Barra (NA) 22 aprile 2005. P. Becchi e P. Giustiniani (Eds.) Collana di Studi filosofici "La vita tra invenzione e senso – per una teoresi della biologia", Edizioni Graf, Napoli, 2007, pp. 29-64]. Esaminando i processi biologici di riciclo nel lungo periodo, è possibile, altresì, evidenziare strutture o segmenti di DNA codificanti polipeptide/i (*geni*) che, nel corso dell'evoluzione, vengono "*cooptati*" o "*riciclati*" per una funzione anche del tutto indipendente dalla precedente. Un esempio è offerto dal "*gene*" codificante l'*osteocrina*, una proteina coinvolta nell'accrescimento delle ossa e nel funzionamento dei muscoli di molti vertebrati incluso il topo; nella specie umana, però, ma non nei roditori, l'espressione di tale *gene* viene evidenziata nella *neocorteccia*, dove tale segmento di DNA viene riutilizzato (o riciclato) per regolare la forma dei dendriti, l'allungamento degli assoni, nonché altri cambiamenti strutturali che i neuroni subiscono durante i processi di apprendimento [B. Ataman, L. Boulting, D.A. Harmin et al., *Evolution of osteocrine as an activity-regulated factor in the primates Brain*, in *Nature*, 539 (7628), 2016, pp. 242-247].

26 Ellen Macarthur Foundation, 2013, *Towards the Circular Economy: an economic and business rationale for an accelerated transition*, <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>; S. Rampone e D. Matassino, *Servizi integrati per la protezione del paesaggio e lo sviluppo sostenibile dei territori*. In: "*Paesaggi rurali. Percezione, Promozione, Gestione, Evoluzione sostenibile*" (a cura di R. Del Prete e A. P. Leone), Regione Campania, Edistampa, Dragoni (Ce), 2017, pp. 115-129.

cio “Cradle to Cradle” (“dalla culla alla culla”)²⁷ consistente nel progettare sistemi tecnici e industriali nei quali il flusso dei materiali sia governato da un vero e proprio “*metabolismo tecnico*” in analogia a quello “*biologico*”. L’economia circolare è parte integrante della vasta branca della economia nota come *bioeconomia*. La *teoria bioeconomica*, formulata nel 1960 da N. Georgescu Roegen, attinge le sue origini dalla concezione di A. Marshall, che così si esprime nel 1890: “*l’azione della natura è complessa, e nulla si guadagna a lungo andare pretendendo che sia semplice e cercando di descriverla in una serie di proposizioni elementari*”. Essa cerca di interfacciare l’economia e l’ecologia, due discipline che, purtroppo, pur avendo la stessa radice etimologica ($\sigma\kappa\omicron\varsigma$ = casa), hanno avuto percorsi divergenti, se non contrastanti, nel senso che la logica della crescita e dell’utilità proposta dall’economia neoclassica ha forzato i vincoli ecologici e naturali.

Una serie di *priorità* nell’attuale *crisi ambientale* si possono elencare come segue²⁸:

- (a) *rivitalizzazione* delle economie locali;
- (b) *inversione* delle uscite di risorse;
- (c) *blocco* della distruzione della *bio-risorsa locale* (animale, fungina, microbica, vegetale) allo scopo di mantenere elevati il *carico genetico* e la *variabilità genetica*;
- (d) *modifica* dei modelli attuali di produzione e di consumo allo scopo di ridurre il loro contributo al deterioramento dell’ambiente;
- (e) *cambiamento* di quegli stili di vita che costituiscono fattori di rischio per la sicurezza di un *agroecosistema culturale*;
- (f) *ripristino* dell’integrazione “*campagna – città*” con un processo di *razionalizzazione della urbanizzazione* e una *gestione sostenibile del suolo*;
- (g) *razionalizzazione dell’aspetto energetico* attraverso l’uso di *energia proveniente da fonti rinnovabili*.

Per realizzare le suddette “*priorità*” occorre, pertanto, innanzitutto un’assunzione di responsabilità per un *cambiamento culturale* da parte della scuola, degli organi di comunicazione e di quanti hanno funzione di motori di cambiamento²⁹.

27 L’approccio “Cradle to Cradle” (“dalla culla alla culla”) è in netta contrapposizione al tradizionale sistema di produzione lineare chiamato “Cradle to Grave” (dalla “culla alla tomba”), in cui un oggetto nasce, ha un suo ciclo di vita e poi muore (ovvero si trasforma in rifiuto) senza alcuna considerazione per l’ambiente.

28 D. Matassino, *Impariamo dalla natura*, cit.

29 D. Matassino, *Impariamo dalla natura*, cit.; D. Matassino, *Filosofia strategica gestionale di un bioterritorio allevante il “bovino Grigio autoctono italiano”* (già “Podolica”), Atti Convegno “Dal pascolo alla tavola: sicurezza e qualità dei pro-

Grande e insostituibile sarà il ruolo del sistema educativo secondo i canoni della “*didattica metacognitiva*” nel favorire l’acquisizione da parte del discente di nozioni e di quei processi mentali che facilitino e rendano possibile capire il perché dei fenomeni culturali e/o biologici che caratterizzano il divenire degli eventi. Nel rapporto discente-docente, la *comunicazione interattiva* propria della *maieutica*³⁰ della filosofia socratica, o meglio del metodo dialogico tipico di Socrate, deve rivestire un ruolo importante nel contribuire all’acquisizione di capacità dinamiche di apprendimento critico, di formazione e di estrinsecazione delle proprie abilità intellettuali. La *flessibilità culturale* dell’individuo è uno dei pilastri fondamentali per codificare e per decodificare l’enorme (forse infinito) arsenale informativo presente nella realtà della vita. La *trinomia “ricerca-didattica-innovazione”* (figura II), nella sua semanticità, è caratterizzata da una forte interconnessione che può trovare un approccio operativo solo in una visione sistemica indispensabile per una corretta gestione delle problematiche ambientali³¹.

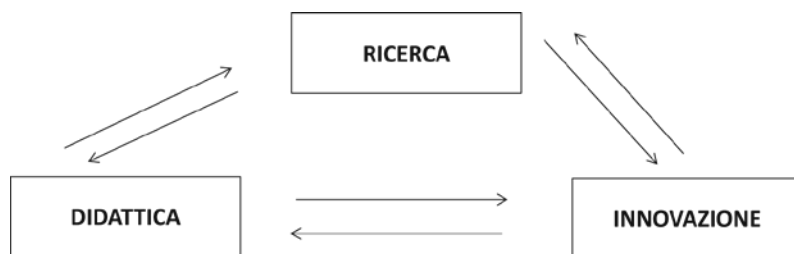


Figura II – Trinomio caratterizzante percorsi orientati verso la sostenibilità globale.

dotti podolici”, Zungoli (AV), 29 ottobre 2011, DELTA 3 Edizioni, Grottaminarda (AV) 2013, pp. 31-140.

30 Μαιευτική: μάια = mamma, levatrice; τέχνη = arte, tecnica.

31 D. Matassino, *La ricerca quale presupposto della didattica e dell’innovazione nel settore delle produzioni animali*, in Atti Conv. “Corso di Laurea in Scienze della Produzione animale: l’esperienza dei primi 25 anni e le prospettive del 2000”, Reggio Emilia, 16 settembre 1993, Terra Pugliese, 42 (10-11), 3, 1993.

Attraverso la “mentorazione”³² e i “programmi educativi basati sulla ricerca”³³, i giovani e gli adulti possono imparare a comprendere le basi ecologiche della società

3. *Necessità di un approccio integrato*

La problematica connessa al rapporto fra conservazione dell’ambiente “naturale” e gestione dell’agroecosistema “culturale” (antropico) deve innescare processi comportamentali antropici tendenti a unire e a integrare gli interventi, più che a dividerli, al fine di perseguire il raggiungimento di obiettivi comuni; obiettivi che non possono essere racchiusi in una mera visione teleonomica monodiana della vita sul pianeta terra, né in una semplicistica visione teleologica del cosmo che figurativamente è identificabile con un vero e proprio caleidoscopio di realtà e di organizzazione. È noto che *pléroma* significa “pienezza dell’essere”. Estendendo questo significato alla problematica ambientale, è possibile ritenere che essa *si concretizzi nell’organizzare le componenti un agroecosistema in modo che a ognuna venga attribuito il suo valore reale possibile in un armonico rapporto di globalità*. L’attribuzione, di cui sopra, comporta automaticamente uno sviluppo di priorità. Entro questo sviluppo è da annoverare la soluzione concernente l’etica ambientale (“*environmental ethics*”). Questa soluzione, stante al *pléroma*, deve trovare un inserimento “armonico” in una concezione globale del sistema “*natura*”. Pertanto, non è corretto, in linea di principio, affidare la soluzione del problema a una nuova scienza identificabile con quella “*ecologica*”. Da ciò scaturisce che non può essere *solo l’ecologo* a individuare e a proporre soluzioni che inglobano la sfera della bioetica. Si ricorda che Haeckel³⁴, nel 1866, nel coniare il termine

32 J. Mistry, A. Berardi, *Bridging indigenous and scientific knowledge*, in *Science*, 352, 2016, pp. 1274-1275.

33 M.E. Krasny, C. Lundholm, S. Shava, E. Lee, H. Kobori, in *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges And Opportunities*, T. Elmqvist et al. (Eds.), Springer Netherlands, 2013, pp. 629-664.

34 Il concetto di *ecologia* di Haeckel trova i suoi prodromi in: (a) Aristotele, il quale evidenzia l’armonia insita nella *natura*; (b) C. Linneo, il quale vede la *natura* come madre razionale che assegna a ciascuna specie il giusto ruolo; (c) C.R. Darwin, il quale considera la *natura* non sempre “madre”, ma anche “matrigna”. Successivamente all’intuizione di Haeckel, J. Scott Burdon Sanderson, nel 1893, considera l’*ecologia come la filosofia della natura vivente*. Nel 1913 nasce la prima associazione che si occupa di ecologia: la *British Ecological Society*; nel 1920 A.J. Lotka e V. Volterra propongono una modellizzazione della interazione “preda-predatore” nella

“ecologia” intende lo studio dei rapporti complessivi tra organismi o gruppi di organismi e il loro *ambiente naturale*, organico, fisico e inorganico, specialmente per quanto concerne i rapporti “affabili” o “avversi”³⁵. Pertanto, la ricerca della *sostenibilità globale* presuppone una nuova visione di ecologia identificabile con una vera e propria “ecologia integrale”; quest’ultima è da considerare l’elemento portante della lettera Enciclica “*Laudato si’ del Santo Padre Francesco sulla cura della casa comune*” e include dimensioni umane e sociali inscindibilmente legate con la questione ambientale. In tale nuova visione l’uomo è connesso alla *natura*; infatti, la *natura* non è – “una mera cornice” della vita umana in quanto “*Non ci sono due crisi separate, una ambientale ed un’altra sociale – bensì una sola e complessa crisi socio-ambientale*”³⁶.

L’ecologia “integrale” può essere considerata un’estensione dell’“ecologia umana”³⁷, la quale introduce l’uomo in un contesto ambientale e, contemporaneamente, svincola l’ecologia da atteggiamenti meramente panteistici tendenti a considerare la “natura” più importante della “persona”. L’“ecologia integrale” si concretizza nell’inscindibile trinomio “ecologia naturale – ecologia umana – ecologia sociale”; Benedetto XVI³⁸ afferma: “Ogni atteggiamento irrispettoso verso l’ambiente reca danni alla convivenza umana, e viceversa”. Alcuni elementi “chiave” dell’ecologia “integrale” sono: (a) organismi viventi considerati in rete; (b) inscindibile relazione tra *natura* e società; (c) necessità di soluzioni integrali; (d) ecologia economica; (e) ecologia culturale; (f) ecologia umana; (g) bene comune³⁹.

dinamica di un *agroecosistema*; V. Vernadskij (1863-1945) introduce il concetto di “ecologia globale”, secondo cui la Terra è un sistema ecologico unico, ponendo le basi della teoria di Gaia. G. Bateson, nel 1976, basandosi su considerazioni di tipo *sistemico e cibernetico*, evidenzia il pericolo delle attività umane sul sistema globale; su tale scia, H. Jonas parla di una “tecnologia dirompente e irrefrenabile” che si oppone alla *natura* impoverendola e degradandola (G.O. Longo, *Ma alla casa di Gaia serve un uomo saggio*, Avvenire, 7 maggio 2017).

35 D. Matassino, *La zootecnia in un parco*, cit.

36 J. M. Bergoglio, *Lettera Enciclica Laudato si’ del Santo Padre Francesco Sulla Cura Della Casa Comune*, 24 maggio 2015.

37 Come sottolineato da Benedetto XVI nell’enciclica “Caritas in Veritate” (2009): “...È necessario che ci sia qualcosa come una “ecologia dell’uomo” intesa in senso giusto. Il degrado della natura è infatti strettamente connesso alla “cultura” che modella la convivenza umana: quando l’“ecologia umana” è rispettata dentro la società, anche l’ecologia ambientale ne trae beneficio”.

38 Messaggio per la Giornata mondiale della pace, 2007, capitolo “Ecologia della pace”, paragrafo 8.

39 D. Matassino, *Ricerca avanzata, politiche agro-alimentari e sviluppo territoriale*, Convegno “La scuola va nel mondo del lavoro”, Morcone (BN), 24 settembre 2009,

Ai fini di un sempre avanzamento dell'“*ecologia integrale*” è fondamentale la realizzazione di un percorso formativo, relativamente innovativo, conducente all'assenza di qualsiasi iato tra scienza e studi umanistici⁴⁰; questo percorso si identifica con un sistema “*complesso*” la cui soluzione si può concretizzare nel raggiungimento di traguardi ottimali, dinamici nel tempo e nello spazio, di *benessere fisico psichico sociale della persona* (*human wellbeing and welfare state*). Questo *welfare* è conducibile, sempre dinamicamente, a una vera e propria “*cura etica della persona*”, intendendo con questa espressione il noto imperativo morale della alterità o del farsi prossimo umano o della solidarietà cioè l'imperativo della preoccupazione per il benessere di un altro senza necessariamente un riscontro di reciprocità. Si ribadisce⁴¹, con enfasi, che le élite politiche e istituzionali, la ricerca scientifica e la cultura devono essere sempre più coinvolte nell'affrontare con *spirito ottimistico* basato su un percorso di vita ben lontano dalla impostazione del “*non-tuismo*”, neologismo coniato da P.H. Wicksteed (1844-1927). Il “*non – tuismo*” si concretizza e si sviluppa, come si esprime L. Bruni⁴², in rapporti permanenti anonimi spersonalizzati e quindi *strumentali*. Parafrasando G.W.F. Hegel, l'*etica* potrebbe identificarsi con la “*relianza*” (relazione + alleanza) di cui parla E. Morin⁴³ cioè di quel rapporto umano capace di concentrare in sé l'*amore*, la *comprensione complessa* e l'*alterità*.

Il binomio “*etica dell'ambiente – cura della persona*” rappresenta quindi un sistema indissolubile.

È essenziale quindi che la *comunità umana* inizi a meglio apprezzare il proprio ruolo *come parte di una grande comunità biologica e interdipendente*. La capacità dell'uomo di gestire le risorse del pianeta Terra rende l'uomo stesso direttamente responsabile del futuro dell'*ecosistema* da cui

http://aspa.unitus.it/matassino/1_elenco_publicazioni_Matassino.pdf; D. Matassino, G. Varricchio, M. Serluca, M. Occidente, *Alcune riflessioni di natura ecologico-sociale per il “benessere psichico-fisico” del sistema “uomo”*, Workshop “Scienza delle produzioni animali e Medicina umana per una società in salute”, Napoli 6 giugno 2014, in *Italiaetica*, Anno IX, 2, settembre 2015.

40 D. Matassino, *Relazione di salute*, VIII Congresso Nazionale ASPA, Sorrento (NA), 23-27 maggio 1989.

41 D. Matassino, *Filosofia strategica gestionale di un bioterritorio*, Convegno “L'Università Popolare del Fortore racconta i suoi primi dieci anni”, San Bartolomeo in Galdo (BN), 8 ottobre 2011, in *Il Picentino*, XLVI, n.s., 2012, p. 26.

42 L. Bruni, *Reciprocità. Dinamiche di cooperazione, economia e società civile*, Mondadori, Milano 2006.

43 E. Morin, *Éthique. La méthode, tome 6*, Le Seuil, Paris (trad. it. *Il Metodo*, sesto volume, *Etica*, cap 3, Raffaello Cortina, Milano 2005).

egli e tutte le altre forme di vita dipendono. Decenni di ricerca sulle dinamiche dell'*ecosistema* possono aiutare a guidare il pensiero dell'uomo verso un futuro sostenibile.

Ai fini di un "*superamento dell'Antropocene*", alcuni Autori⁴⁴ propongono *strategie globali* che prevedano azioni di tutela della biodiversità che siano non solo finalizzate al benessere delle generazioni umane future, ma anche ad assecondare il normale flusso evolutivo dei non-umani; in questo caso, il punto di riferimento non è solo il valore intrinseco del benessere umano, ma anche il valore della *fitness*, ovvero del successo riproduttivo delle specie non umane. Questa conservazione "*eco-evo-centrica*"⁴⁵, che parte dal presupposto che la biodiversità e l'*ecosistema* funzionante supportano processi evolutivi, richiede una forte dose di *altruismo* verso le specie non umane che non vengono sufficientemente tutelate sia per i servizi che forniscono, sia per la loro bellezza, sia per il bisogno umano di "*natura*", sia per il loro valore intrinseco. La "*conservazione eco-evo-centrica*" presuppone scelte consapevoli quali frutto di ampi programmi di conoscenza interdisciplinare e di divulgazione basati su iniziative di previsione a lungo termine al fine di limitare possibili "*effetti a cascata*", in cui una serie di estinzioni secondarie vengono innescate dall'estinzione di una specie che riveste un ruolo fondamentale in un dato *ecosistema*. Tali fenomeni sono riconducibili all'effetto "*butterfly*" ("*effetto farfalla*") (E. Lorentz, 1963), per cui piccole variazioni delle condizioni iniziali producono notevoli variazioni nel comportamento a lungo termine di un sistema. Di qui la necessità, già auspicata da D. Matassino e A.M. Pilla⁴⁶, a esempio, nella gestione di piani di accoppiamento, di non eliminare dal circuito riproduttivo soggetti per manifestazioni fenotipiche ritenute "*meno essenziali*", non essendo del tutto noti i meccanismi di azione dei segmenti di DNA codificante polipeptide ("*geni*") e, soprattutto, le interazioni fra essi, nonché il ruolo che tali manifestazioni fenotipiche possono assumere al mutare delle condizioni ambientali.

44 F. Sarrazin E J. Lecomte, *Evolution in the Anthropocene*, in *Science*, 351 (6276), 2016, pp. 922-923.

45 L' "*eco-evo-centrismo*" armonizza le argomentazioni *antropocentriche* e quelle *biocentriche* in un'ottica evolutiva; esso sostiene che l'essere umano è una risorsa "*della natura*" e "*per la natura*"; in base alla teoria "*eco-evo-centrica*", l'uomo dovrebbe essere l'artefice di una valorizzazione della qualità della vita "*per sé*", per "*tutti gli altri organismi viventi*" e per la "*natura tutta*" (P. Pagano, *Eco-Evo-Centrism: a new environmental philosophical approach*, Energia, Ambiente e Innovazione, 2-3/2014, pp. 93-99).

46 D. Matassino, A.M. Pilla, *Genetica e miglioramento degli ovini*, in Atti II Conv. Naz. ASPA, Bari, 17-20 maggio, 1976, pp. 229-264.

Per minimizzare la vulnerabilità del biosistema allo “*stress antropogenico*”, la problematica della sostenibilità va definita anche in termini di *integrità funzionale* servendosi di un *approccio pluri e interdisciplinare* che includa l'importanza della “*biodiversità*”, i problemi di scala spaziale e temporale e il rapporto tra *società* ed *ecologia*.

I *servizi ecosistemici* legati al “*capitale naturale*” necessitano di essere potenziati considerando la dinamicità dei sistemi nei quali sono inseriti e quindi anche tutte le variabili che possono influenzarli. Tra i vari metodi sperimentati al fine di stimare il valore del “*capitale naturale*” e dei “*servizi ecosistemici*”, si ricorda l’“*approccio ecodinamico*”; tale approccio integra l'uso dell’*analisi eMergetica*⁴⁷ con altri strumenti come il GIS e la *modellistica ecologica*⁴⁸ ed è basato su: teoria generale dei sistemi, teoria delle strutture dissipative, principio della massima potenza. La “*contabilità emergetica*” calcola il valore delle risorse ambientali in funzione del lavoro svolto dalla *biosfera* per produrle. Essa, pertanto, ai fini di uno “*sviluppo sostenibile*”, contribuisce a una misura del valore ecologico di una *risorsa naturale*.

In tema di biodiversità, la decima Conferenza delle Parti (Nagoya, 14 luglio 2014) ha concordato il *Piano strategico per la biodiversità 2011-2020*, denominato “*Vivere in armonia con la natura*” (*living in harmony with nature*), il quale include, tra l'altro, i 20 obiettivi Aichi (*Aichi Target*), raggruppabili nei seguenti 5 principali:

1. *Obiettivo A – affrontare le cause alla base della perdita di biodiversità con strategie di integrazione fra governi e società;*

2. *Obiettivo B – ridurre la pressione diretta sulla biodiversità e promuovere un uso sostenibile;*

3. *Obiettivo C – migliorare lo stato della biodiversità salvaguardando gli ecosistemi, le specie e la diversità genetica;*

4. *Obiettivo D – migliorare i benefici che derivano a tutti dalla biodiversità e dai servizi ecosistemici;*

47 Il neologismo *emergy* (*energy + memory*) si riferisce alla “*memoria energetica*” di tutta l'energia solare (diretta e indiretta) utilizzata nella realizzazione di un bene o di un servizio. L'analisi *eMergetica*, sviluppata da H.T. Odum negli anni '80, prevede la possibilità di confrontare, sulla base comune dell’“*energia solare equivalente*” (o *eMergia*), grandezze diverse non paragonabili (produzioni agricole, produzioni industriali, energie rinnovabili e non rinnovabili, ecc.). L'*emergia* di un sistema è la quantità di energia solare necessaria per sostenere quel sistema al fine di generare prodotti e servizi. Maggiore è il *flusso emergetico* necessario a supportare un processo o un sistema, maggiore è la quantità di energia solare che esso consuma e quindi il costo ambientale.

48 F.R. Franzese, A. Riccio, A. Scopa, *Valutazione della sostenibilità ambientale: verso un approccio ecodinamico*, in *Biologi Italiani*, 7, 2003, pp. 58-60.

5. *Obiettivo E – migliorare l’attuazione attraverso la progettazione partecipata, la gestione della conoscenza e lo sviluppo di capacità.*

In risposta alle difficoltà di attuazione dei suddetti obiettivi entro il 2020, sono in corso svariate iniziative, tra le quali si ricorda il progetto GEO BON (“*Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network*”)⁴⁹, concepito allo scopo di promuovere lo sviluppo di reti di osservazione e di valutazione di indicatori di biodiversità e di funzionamento degli ecosistemi (abbondanza di specie, composizione della comunità biotica, ecc.) per il miglioramento della qualità del monitoraggio della diversità biologica.

4. *Ricerca e innovazione tecnica e biotecnica*

La ricerca attuale riconosce che gli *ecosistemi funzionano come sistemi complessi, dinamici e imprevedibili* con risposte non lineari alle sollecitazioni interne ed esterne; di qui la difficoltà di prevedere su scala spaziale e temporale le possibili conseguenze derivanti da una stima del rendimento degli interventi in termini di *sostenibilità*. Pertanto, la *gestione dell’ecosistema* non può seguire formule semplici con un controllo *top-down*, ma va vista come un problema cosiddetto “*malvagio*” o “*stregato*”. Un problema “*stregato*” è mutevole, è caratterizzato da interdipendenza tra le proprie componenti, è soggetto a molteplici interpretazioni, richiede sempre nuove soluzioni spesso basate su *valutazioni qualitative piuttosto che quantitative*, che portano in molti casi a conseguenze inaspettate nel complesso dello scenario in cui si pone⁵⁰. Per approfondimenti in merito alle caratteristiche di un problema “*stregato*”, si rimanda a S. Rampone e D. Matassino⁵¹. I problemi “*malvagi*” richiedono approcci decisionali multisettoriali, incrementali e adattativi per ridefinire continuamente la loro essenzialità e sviluppare soluzioni incrementali.

Alcuni esempi di problema “*malvagio*” nella *gestione di un agroecosistema*, nonché alcuni approcci da intraprendere per superare le difficoltà legate a tale tipo di problema, sono riportati nelle tabelle I e II.

49 [Http://geobon.org](http://geobon.org).

50 R. De Fries e H. Nagendra, *Ecosystem management as a wicked problem*, in *Science*, 356, 2017, pp. 265-270; S. Rampone e D. Matassino, *Servizi integrati per la protezione del paesaggio e lo sviluppo sostenibile dei territori*, cit.

51 S. Rampone e D. Matassino, *Servizi integrati per la protezione del paesaggio e lo sviluppo sostenibile dei territori*, cit.

PROBLEMATICA DA GESTIRE	ELEMENTI DA GESTIRE	MOTIVAZIONE DI "MALVAGITÀ "
CONTROLLO DI MALATTIE INFETTIVE	DOVE E QUANDO L'EPIDEMIA SI DIFFONDERÀ	DINAMICA NON LINEARE DI POPOLAZIONE DEI VETTORI DI MALATTIA E DEI LORO OSPITI; <i>FEEDBACK</i> TRA INCIDENZA DELLA MALATTIA E COMPORTAMENTI UMANI
FONTE DI INQUINAMENTO "NON PUNTIFORME" *	QUALI FONTI DOVREBBERO ESSERE MAGGIORMENTE CONTROLLATE PER RIDURRE L'INQUINAMENTO DELLE ACQUE ?	CAUSALITÀ COMPLESSA DOVUTA ALLA MOLTEPLICITÀ DELLE FONTI; NOTEVOLE LASSO DI TEMPO DELLA RISPOSTA DEL SISTEMA
TUTELA BIODIVERSITÀ	COME TUTELARE LE SPECIE CHE VIVONO AL DI FUORI DELLE AREE PROTETTE?	DIFFORMITÀ TRA CONFINI AMMINISTRATIVI ED ECOLOGICI
	COME FAR FRONTE ALLE INIQUITÀ DELLE COMUNITÀ LOCALI CHE PERDONO L'ACCESSO ALLE RISORSE?	OBIETTIVI DIVERGENTI DEGLI ATTORI INTERESSATI
* Fonti di inquinamento non facilmente localizzabili geograficamente e stimabili attraverso l'uso di opportuni indicatori e fattori di emissione.		

Tabella I – Esempi di problema “*malvagio*” nella gestione dell’*agroecosistema*⁵².

APPROCCIO	PROBLEMATICA DA AFFRONTARE	ESEMPI DI AZIONI DA INTRAPRENDERE	OSTACOLI
DECISIONE MULTISSETTORIALE	INCLUSIONE DEI SERVIZI DERIVANTI DAI PAESAGGI MULTIFUNZIONALI QUALI FATTORI DI CUI TENER CONTO	PIANIFICAZIONE SPAZIALE A LIVELLO NAZIONALE: <i>GOVERNANCE</i> MULTILIVELLO	STRUTTURE AMMINISTRATIVE FRAMMENTARIE
PROCESSI DECISIONALI AL DI LÀ DEI CONFINI AMMINISTRATIVI	I PROCESSI ECOLOGICI PRESCINDONO DAI CONFINI AMMINISTRATIVI *	PIANIFICAZIONE DI "CORRIDOI ECOLOGICI" SU AMPIA SCALA	MANCANZA DI INCENTIVI PER CONSIDERARE ULTERIORI GIURISDIZIONI
GESTIONE ADATTATIVA	ADATTAMENTO DELLE DECISIONI "CASO PER CASO" DOVUTO ALL'INCERTEZZA DEI RISULTATI A CAUSA DELLA DINAMICA COMPLESSA DEL SISTEMA	RIPRISTINO DI UN ECOSISTEMA; GESTIONE DELLA PESCA	INFLESSIBILITÀ BUROCRATICA
INCORPORAZIONE DEL CAPITALE NATURALE E DEI SERVIZI ECOSISTEMICI A LIVELLO DI "MERCATO"	LE ESTERNALITÀ NON SONO INCLUSE NEL SISTEMA ECONOMICO TRADIZIONALE	REDDITIVITÀ PER I SERVIZI ECOSISTEMICI; CERTIFICAZIONE; BENESSERE INCLUSIVO **	DIFFICOLTÀ NEL DETERMINARE IL VALORE DI SERVIZI ECOSISTEMICI
BILANCIAMENTO TRA LE IDEOLOGIE E LE REALTÀ POLITICHE DEI VARI CO-ATTORI INTERESSATI	POLITICA E DIFFERENTI ASPETTATIVE NELLA GESTIONE DEGLI ECOSISTEMI PORTANO A IMMOBILISMO NELLE DECISIONI	PIANIFICAZIONE COLLABORATIVA	DIFFERENZE IDEOLOGICHE E NEI VALORI

* La gestione dell'ecosistema in un Paese può influire sui servizi ecosistemici in altre giurisdizioni.

** L'indice di ricchezza inclusivo incorpora, anche se non è ancora utilizzato nella pratica, il valore del capitale naturale negli indicatori economici nazionali (University of the United Nations-International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, UN Environment Programme, Inclusive Wealth Report 2014, Cambridge Univ. Press, 2014).

Tabella II – Alcuni approcci alla gestione dell'*agroecosistema* vista come problema "*malvagio*"⁵³.

Gli strumenti dell'*intelligenza computazionale* sono e saranno fondamentali al fine di contribuire alla decifrazione delle leggi che governano un processo ambientale; essi, integrando metodiche di apprendimento automatico, gestione di *big data* e calcolo ad alte prestazioni contribuiscono a guidare la *modellazione di sistemi di gestione territoriale sostenibile*⁵⁴.

Simon, nel 1976⁵⁵, di fronte allo studio di fenomeni *complessi*, quali quelli *interessanti gli agroecosistemi*, per i quali i risultati conseguiti in laboratorio possono essere ben lontani da quelli reali, suggerisce la sostituzione, nella ricerca, del concetto di *razionalità oggettiva* con quello di *razionalità procedurale*; in tale contesto sono nati gli *approcci multicriteriali (multiobiettivo)*⁵⁶ che mirano a considerare allo stesso tempo più attributi di un sistema in relazione alle prospettive di attori differenti.

Come si inserisce l'innovazione tecnica e biotecnica nell'attuale crisi ambientale?

Si ritiene che l'*agroecosistema* potrà essere, nel medio-lungo periodo, uno dei maggiori settori di applicazione di *tecniche e biotecniche innovative (BI)*⁵⁷ al fine di conseguire alcuni degli obiettivi di sviluppo sostenibile delineati dall'agenda ONU (figura III).

54 S. Rampone, D. Matassino, *Servizi integrati per la protezione del paesaggio e lo sviluppo sostenibile dei territori*, cit.

55 H.A. Simon, *From Substantive to Procedural Rationality*, in J.S. Latsis (ed) *Methods and Appraisal in Economics*, Cambridge University Press, Cambridge 1976.

56 Nell'approccio *multicriteriale*, dovendo ottimizzare una pluralità di obiettivi conflittuali, *non esistono più le condizioni logico-matematiche per garantire l'esistenza di una soluzione ottima*; pertanto, tale approccio propone un insieme di "*soluzioni efficienti*", che tenga conto dei diversi aspetti del problema e dei vari punti di vista o dell'intero sistema di valori cui si ispira il decisore.

57 La biotecnologia è lo "*studio delle applicazioni dei processi biologici nel campo della tecnica*". Comunemente, ma erroneamente, con il termine biotecnologia si intende: "*utilizzo progettuale di sistemi biologici per ottenere beni e servizi*" oppure "*utilizzo industriale di sistemi o processi biologici al fine sia di migliorare le produzioni, sia di ottenere sostanze e composti nuovi, sia di rendere possibili progetti in grado di rivoluzionare parecchi aspetti della biologia*". Il trasferimento operativo dei risultati del predetto studio va definito con il termine "*biotecnica*" (D. Matassino, *Il futuro delle biotecnologie nelle produzioni animali: alcuni aspetti scientifici e tecnici*, cit.).

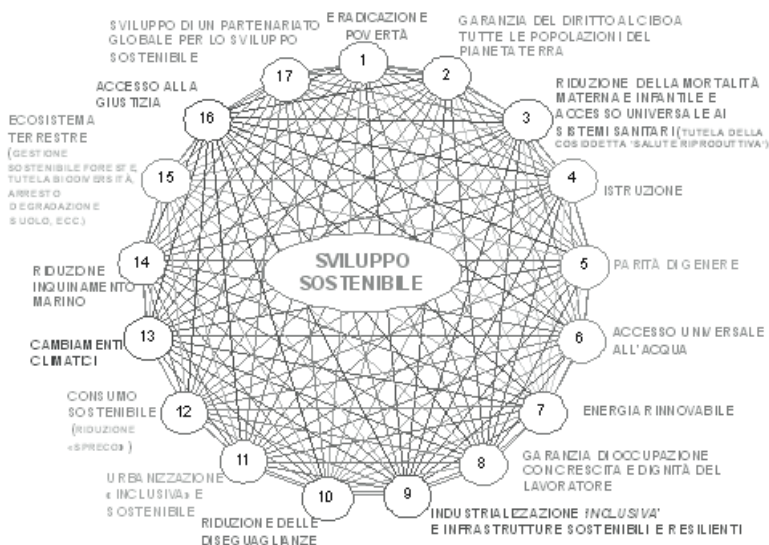


Figura III – Esempificazione di un “mandala” rappresentativo di uno sviluppo sostenibile (17 obiettivi dell’Agenda ONU 2030)⁵⁸.

Logicamente, *l’approccio biotecnologico non potrà che essere variegato e peculiare degli innumerevoli bioterritori*⁵⁹ di cui è costituito il pianeta terra⁶⁰. Pertanto, non è razionale e civile perseguire la via dell’*unicità*” dell’utilizzo di una scoperta scientifica: le scoperte del funzionamento dei sistemi biologici (la *biotecnologia*) e le conseguenti innovazioni biotecniche non possono razionalmente costituire un “*unicum*” in quanto i bene-

58 D. Matassino, M. Occidente, *Il tartufo: elemento di sviluppo sostenibile di un bioterritorio campano*, Workshop “Il tartufo della Campania in cucina”, organizzato dall’Assessorato all’Agricoltura della regione Campania, Centurano, Caserta, 29 novembre 2016. Sito internet ASPA (<http://aspa.altervista.org/>; link: “archivio Prof. Donato Matassino”).

59 Esso viene definito dalle Organizzazioni internazionali (World Resources Institute, World Conservation Union, FAO, UNESCO, United Nations, 1992) come “*Un modello di gestione sostenibile delle risorse naturali di un territorio da parte delle comunità locali*”.

60 D. Matassino, *Biotechnologies in the agro-eco-system*, in Proc. Int. Cong. “New trends in Biotechnology ‘97 – Science and Education – Industrial Biotechnologies, Basic Sciences and Biotechnologies”, Capri, 26-28 maggio 1997, O.4.

fici e i rischi possono fortemente variare caso per caso. La gestione di un “bioterritorio” richiede una *innovazione* che può esprimersi sinteticamente nella espressione “*gestione o valorizzazione “intelligente”*”, la quale potrà costituire il prototipo di un nuovo modo di gestire le caleidoscopiche risorse endogene presenti in un bioterritorio in aderenza alla logica della “*sostenibilità globale*”. Un “bioterritorio” è da ritenere “*gestito intelligentemente*” se si è in grado di percepire le mutevoli esigenze e le imprevedibili *priorità* per il continuo variare *temporale e spaziale* del *sistema vita* in esso contenuto e di individuare soluzioni conformi a soddisfare le suddette esigenze. Cioè, essendo un “bioterritorio” una vera e propria entità dinamica nel tempo e nello spazio, la “*gestione intelligente*” si concretizza dapprima nella *identificazione delle sue potenzialità* in termini di connotazioni specifiche e poi nella *realizzazione di innovazioni peculiari* confacenti al reale potenziale produttivistico⁶¹.

Lo sviluppo più “*sostenibile*” è quello in cui *le innovazioni tecniche e biotecniche* siano inglobate e incorporate nei *sistemi produttivi, sociali e culturali* esistenti, senza determinare la sostituzione di questi⁶². Ormai è una realtà l’azienda “*utilizzatrice finale*”, vale a dire, un’impresa che, pur operando in settori tradizionali, integra tecniche e biotecniche in processi produttivi al fine di diminuire l’impatto ambientale. Tuttavia, si evidenzia che qualunque processo produttivo è sempre da considerare invasivo sull’ambiente. In tale contesto trovano sempre maggiore diffusione le cosiddette “*Biotecniche industriali*” o “*White Biotechnology*”, finalizzate, *tra l’altro, a una riduzione dei costi energetici e idrici, nonché delle emissioni di inquinanti* grazie all’impiego di enzimi peculiari in grado di ridurre, se non eliminare, residui della lavorazione inquinanti⁶³.

La produzione di antibiotici per via fermentativa⁶⁴ riduce del 50% il consumo di energia e del 65% le emissioni inquinanti.

61 D. Matassino, *Un approccio innovativo per la valorizzazione di un bioterritorio “intelligente”*, Giornata dell’Innovazione in agricoltura – Idee progetti prototipi per un nuovo sviluppo sostenibile, Benevento (MUSA), 15 giugno 2012, http://aspa.unitus.it/matassino/1_elenco_publicazioni_Matassino.pdf.

62 D. Matassino, *Impariamo dalla natura*, cit.

63 Assobiotech e ITA, *Rapporto sulle biotecnologie in Italia*, 2014.

64 Tale produzione si basa sulla possibilità di utilizzare microrganismi per l’ottenimento, tramite bioreattori, di prodotti di interesse farmaceutico, tecnico e commerciale. Tale branca delle biotecniche innovative (“*microbiologia industriale*”) segnerebbe l’inizio dell’era biotecnologica; infatti, ufficialmente, la *data di nascita della biotecnologia* si fa risalire al 1897, quando Louis Pasteur chiarisce i meccanismi dei processi di fermentazione e di lievitazione, quali risultato dell’attività dei microrganismi (“*Pasteur Era*”); successivamente, nel 1929, determinante è

L'uso di determinate BI permette di produrre biomasse non inquinanti dalla utilizzazione di scarti agricoli e industriali, nonché di convertire questi ultimi in un'ampia gamma di prodotti industriali. Inoltre, grazie a tali BI è oggi possibile produrre biomasse utilizzando gli scarti agricoli e industriali e/o convertire questi ultimi in energia o in un'ampia gamma di prodotti industriali⁶⁵.

La gestione di tutte queste innovazioni dovrebbe essere realizzata “*intelligentemente*” nell'ambito di ciascun *bioterritorio*, in quanto le condizioni microambientali di ciascun *bioterritorio* sono notevolmente diversificate.

Nell'ambito della gestione “*intelligente*” di un *bioterritorio*, fra l'altro, i seguenti criteri sono la “*conditio sine qua non*” per ottimizzare il sistema interessato⁶⁶:

- (a) ottimizzazione dell'uso delle risorse genetiche;
- (b) tutela della dinamica degli ecosistemi;
- (c) garanzia di compatibilità tra le specie *naturali* e quelle *manipolate*.

F. Rosa⁶⁷ afferma che: “*le ricadute dello sviluppo sostenibile delle BI hanno impatti differenti per i Paesi sviluppati (PS) e i Paesi meno sviluppati (Least developed Countries, LDC) perché “la gerarchia dei bisogni e delle preferenze che sollecitano le decisioni di produzione e di consumo dipende in primo luogo dal soddisfacimento dei bisogni primari”; nei PS si è*

anche la scoperta della produzione di penicillina da parte di A. Fleming; scoperta preceduta da alcuni studi sulle muffe, tra i quali si ricordano quelli di J. Burton (1870) e di V. Tiberio (1895); da allora, vengono isolate e identificate centinaia di molecole prodotte dal metabolismo di microrganismi. Tuttavia, si può ritenere che l'uso delle biotecnologie risalga alla comparsa dell'*Homo sapiens* (“*Pre-Pasteur Era*”); infatti, i nostri progenitori, forti solo della loro esperienza, impiegavano inconsciamente tecniche basate sulla gestione di sistemi biologici per produrre vino, pane, formaggi e prodotti fermentati in generale. Per un contributo allo sviluppo della “*microbiologia industriale*” si ricordano anche: (a) A. Van Leeuwenhoek (17. Secolo), costruttore del primo microscopio, il quale evidenzia per la prima volta l'esistenza di microrganismi; (b) F. Redi e L. Spallanzani, i quali verso la fine del 1.700 fanno crollare la credenza della “*generazione spontanea*”; (c) M. J. Schleiden e T. Schwann (1837) per aver messo a punto i primi esperimenti di coltura *in vitro*; (d) J. Lister (1878) per l'ottenimento di colture microbiche selezionate; (e) R. Koch (1843-1910) e J. R. Petri (1852-1921) per aver introdotto l'agar e le piastre nelle tecniche di isolamento dei microrganismi (D. Matassino, *Il futuro delle biotecnologie nelle produzioni animali: alcuni aspetti scientifici e tecnici*, cit.; C. Delise, *Il processo fermentativo su scala industriale*, in *Biologi Italiani*, 9, 2001, pp. 5-11).

65 Assobiotech e ITA, *Rapporto sulle biotecnologie in Italia*, 2014.

66 F. Rosa, *Sviluppo biotecnologico: versus-verso la biodiversità? in Agribusiness, Paesaggio e Ambiente*, 2, (4), 1998, p. 306.

67 *Ibidem*.

ormai raggiunta la consapevolezza della “necessità di modelli di sviluppo ecocompatibili con approcci intergenerazionali alla tutela delle risorse”; nei PVS, invece, le necessità contingenti ostacolano l’approccio ecocompatibile e, ancor più, quello intergenerazionale; tuttavia, questi paesi costituiscono ampie riserve naturali di materiale genetico di enorme valore per gli scienziati e per l’umanità”.

L’uso razionale e oculato di BI nei PVS potrà risolvere molti problemi alimentari peculiari, anche se è indispensabile stabilire forti integrazioni con i centri di ricerca dei PS, in quanto forte è il divario fra i secondi e i primi. Le BI contribuiranno sempre più alla produzione di *molecole di elevato valore biologico e terapeutico* e ad aumentare l’efficienza produttiva degli animali al pascolo, specialmente nella prospettiva di un forte incremento di questo sistema di allevamento⁶⁸.

Parafrasando R. Ciappelloni⁶⁹, qualsiasi *biotecnica innovativa* deve soddisfare prima di tutto un requisito fondamentale: la “sostenibilità” (mantenimento, se non incremento, della biodiversità, assenza di degradazione del suolo e delle acque, ecc.); pertanto, qualsiasi BI deve rispondere, nella sua applicazione, a tre requisiti: (a) *tecnicamente appropriata*; (b) *economicamente valida*; (c) *socialmente accettabile*.

Da quanto detto emerge che il *bisogno di ridurre l’inquinamento* sarà la matrice dell’invenzione e della ricerca di nuove soluzioni. Limitatamente alle produzioni animali, molto interessante potrebbe essere l’impiego di nuove tecniche di gestione “*in toto*” dell’allevamento. Il miglioramento del livello di efficienza o “*capacità biologica*” dell’animale in produzione zootecnica, infatti, *ceteris paribus*, consentirebbe di ottenere le stesse produzioni (carne, latte, uova, ecc.) con l’impiego di un minor quantitativo di alimento. Pertanto, *esaltando il rendimento degli animali, sarà possibile ridurre gli eventuali effetti inquinanti legati all’utilizzazione dei reflui zootecnici*⁷⁰. Numerosi sono gli studi, tramite approccio LCA (*Life Cycle*

68 H.G. Wagner, K. Hammond, *Animal production improvement in developing countries; issues concerning the application of biotechnology*, Int. Workshop on “Trasgenic animals and food production”, Stockholm, 22-24 May 1997; D. Matassino, *Problematiche e applicazioni della clonazione degli animali in produzione zootecnica*. Lettura, Accademia dei Georgofili, Firenze 8 maggio 1997, in *I Georgofili – Quaderni* '97, n. 6, 29, 1998.

69 R. Ciappelloni, *Piccole imprese agroalimentari del settore dei prodotti tipici*, in *ARS*, 70, 34, 1999.

70 D. Matassino, *Reflui zootecnici: problematica e gestione*, in Atti Convegno “Agricoltura e ambiente: situazione e prospettive”, S. Giorgio del Sannio (BN), 7-8 aprile 1989, 5, 1990.

Assessment)⁷¹ o modelli matematici (a esempio *software StellaVR*⁷²), per valutare l'impronta ecologica di *sistemi produttivi zootecnici intensivi basati sui ruminanti*; tali sistemi, se sviluppati in linea con i principi della sostenibilità, possono consentire di individuare soluzioni per garantire l'*ottenimento di prodotti di elevata qualità organolettica e nutraceutica* nel rispetto del benessere animale e della sostenibilità ambientale.

Alcuni interventi innovativi per rendere più sostenibile la zootecnia, con particolare riferimento ai *sistemi produttivi zootecnici intensivi basati sui ruminanti*, sono individuabili in⁷³:

- (a) selezione di genotipi animali associati a elevata efficienza alimentare;
- (b) miglioramento delle tecniche di allevamento;
- (c) miglioramento della qualità e della digeribilità di una razione; tale intervento prevede, tra l'altro l'identificazione e la caratterizzazione di nuove risorse alimentari (a esempio insetti, micro e macroalghe; queste ultime sono particolarmente utili per l'arricchimento dei mangimi con micro-nutrienti);
- (d) riutilizzo di residui del settore agricolo (il valore biologico dei residui colturali e di altre risorse alimentari autoctone potrebbe essere rafforzato con l'uso di fieno insilato o fieno-silo⁷⁴ o di razioni addensate miste o di *pellet*)⁷⁵;

71 Fao, *Greenhouse gas emissions from the Dairy sector: a life cycle assessment*, Rome, Italy: FAO, 2010; C.A. Rotz, F. Montes, D.S. Chianese, *The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment*, in *J Dairy Sci.*, 93, 1266-1282, 2010; G. Thoma, J. Popp, D. Nutter, D. Shonnard, R. Ulrich, M. Matlock, D.S. Kim, Z. Neiderman, N. Kemper, C. East, et al., *Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: a cradle-to-grave life cycle assessment*, in *Int Dairy J.*, 31 (Suppl. 1), S3-S14, 2013.

72 G. Pulina, A.H.D. Francesconi, M. Mele, B. Ronchi, B. Stefanon, E. Sturaro, E. Trevisi, *Feeding a world of 9 billion people: a challenge for sustainable animal production*, in *Ital J Agron.* 6(Suppl. 2):e 7, 2011.

73 G. Pulina, A. H. Dias Francesconi, B. Stefanon, A. Sevi, L. Calamari, N. Lacetera, V. Dell'orto, F. Pilla, P. Ajmone Marsan, M. Mele, F. Rossi, G. Bertoni, G.M. Crovetto, B. Ronchi, *Sustainable ruminant production to help feed the Planet*, in *Italian Journal of Animal Science*, 30 novembre 2016 <http://dx.doi.org/10.1080/1828051X.2016.1260500>.

74 Il *fieno insilato (o fieno-silo)* presenta, rispetto al fieno essiccato, un duplice vantaggio: (a) *agronomico*, legato a: (i) raccolta di prodotto ancora parzialmente umido, il che consente di salvaguardare l'integrità della foglia e dei fiori quando presenti; (ii) riduzione della permanenza in campo, il che riduce il rischio legato a condizioni atmosferiche avverse; (b) *nutrizionale-organolettico*, legato a: (i) minore grado di essiccamento comportante un maggiore tenore proteico (fino al 15 % in più); (ii) migliore digeribilità; (iii) maggiore appetibilità [Rapetti O. (2013). *Fieno Insilato*. *Informatore Zootecnico*, 10, 32-37].

75 H.P.S. Makkar, *Sustainable increase in livestock productivity in developing countries through efficient utilisation of feed resources*, in *Cuban J Agr Sci.*, 48, 2014, pp. 55-58.

(e) rivalutazione di sistemi agroforestali e silvo-pastorali; questi ultimi contribuiscono anche al mantenimento dei servizi ecosistemici (a esempio, tutela del paesaggio e valorizzazione della biodiversità);

(f) adozione della zootecnia di precisione (*precision livestock farming*, PLF)⁷⁶, come a esempio l'alimentazione di precisione (*precision feeding*)⁷⁷ finalizzata a una più efficiente gestione dell'assunzione di mangime e alla selezione di regimi alimentari atti a massimizzare la digeribilità delle proteine nella razione, nonché a ottimizzare la produzione di metano e l'escrezione di azoto e di fosforo;

(g) razionalizzazione del pascolo;

(h) uso di mangimi non convenzionali, privilegiando essenze prodotte *in loco*;

(i) tutela del benessere animale; il benessere animale può trasformarsi in vantaggio, soprattutto in termini di *sostenibilità globale*, in quanto comporta: una riduzione dei costi veterinari, un incremento delle prestazioni riproduttive e produttive degli animali, un miglioramento della qualità nutraceutica e organolettica delle produzioni, il mantenimento di elevati standard di sicurezza alimentare; inoltre, un'elevata fertilità consente di ridurre la consistenza di fattrici a parità sia di nati da destinare alla macellazione,

76 Si parla per la prima volta in modo ufficiale di "zootecnia di precisione" nella I Conferenza sulla *Precision Livestock Farming*, svoltasi nel 2003 (Berlino); la PLF si basa su: (a) uso di strumenti di registrazione di dati [microfoni, telecamere, rilevatori di parametri ambientali (umidità, temperatura, concentrazione di CO₂), ecc.]; (b) elaborazione, tramite *software* specifici, della massa notevole di dati (*big data*) raccolti al fine di ottimizzare la resa e il benessere (sia in termini di malattia che di comportamento) di ciascun soggetto allevato, nonché i parametri ambientali dell'area di allevamento; trattasi, pertanto, di tecniche che, pur essendo in grado di gestire grandi allevamenti, consentono di operare interventi a livello individuale.

77 Per esempio, i suini destinati alla produzione della carne possono essere provvisti di un *RF-Id* (*Radio Frequency Identification System* = sistema d'identificazione basato su radiofrequenza) per il riconoscimento; il recinto in cui sono presenti gli animali viene ripartito in 3 aree: (1) *area di riposo*, dotata di bilance per la registrazione del peso; (2) *area di alimentazione*, dotata di: (i) una *vasca comune* contenente alimento con basse dosi di amminoacidi, alla quale possono accedere liberamente tutti gli animali; (ii) un *alimentatore individuale* dotato di bilancia e accessibile a un animale per volta riconosciuto attraverso l'RF-ID; tale alimentatore è in grado di erogare a ciascun animale solo la quantità di alimento necessaria in base al peso e al fabbisogno proteico individuale per integrare la razione di base assunta dalla vasca comune; (3) *area per il movimento* [M. Marcon *et al.*, 2015, *Precision feeding based on individual daily body weight of group-housed pigs with an automatic feeder developed to allow for restricting feed allowance*, 7th European Conference On Precision Livestock Farming (EC-PLF), Milano, 15-18 settembre 2015].

sia di produzione complessiva di latte; la longevità riduce il tasso di rimonta e quindi il numero di capi allevati;

(j) aumento della produttività dell'azienda, al quale corrisponde una riduzione dell'impronta del carbonio, soprattutto quando la salute e la fertilità della mandria non sono compromesse^{78, 79}; Matassino *et al.*⁸⁰ evidenziano che, relativamente al rapporto tra U.F. ingerite e latte prodotto, si osserva una maggiore efficienza produttiva nel primo semestre dell'anno, nel senso che in tale periodo, il litro di latte prodotto in media per vacca presente e/o in lattazione, viene prodotto con un consumo inferiore di unità foragere (U.F.) ingerite; l'impronta idrica "blu"⁸¹ di aziende lattiero-casearie si riduce in concomitanza con l'intensificazione produttiva (diminuzione del numero di animali e aumento della produzione di latte per vacca), con una impronta idrica media per animale di 3,94 l di acqua blu / kg di latte prodotto⁸²;

(k) trattamento delle deiezioni [separazione solidi/liquidi, - 36% Ghg⁸³; areazione, - 33 % Ghg; digestione anaerobica, - 59% Ghg; tempi di stoccaggio + temperature ambientali (a esempio, "rimozione giornaliera + basse temperature" vs "4 mesi di stoccaggio + alte temperature" comporta

78 G. Pulina, A. H. Dias Francesconi, B. Stefanon, A. Sevi, L. Calamari, N. Lacetera, V. Dell'orto, F. Pilla, P. Ajmone Marsan, M. Mele, F. Rossi, G. Bertoni, G.M. Crovetto, B. Ronchi, *Sustainable ruminant production to help feed the Planet*, cit.

79 D.K. Lovett, L. Shalloo, P. Dillon, F.P. O'mara, *A systems approach to quantify greenhouse gas fluxes from pastoral dairy production as affected by management regime*, in *Agr Syst.*, 88, 2006, pp. 156-179; C.A. Penati, A. Tamburini, L. Bava, M. Zucali, A. Sandrucci, *Environmental impact of cow milk production in the central Italian Alps using Life Cycle Assessment*, in *Ital J Anim Sci.*, 12, 2013, pp. 584-592.

80 D. Matassino, B. Zacchi, A. Bordi, E. Cosentino, R. Rubino, *Galattopoesi ed efficienza alimentare e riproduttiva in un grande allevamento di bovini da latte*, in *Prod. Anim.*, 13 (2/4), 1974, pp. 145-174.

81 L'Impronta idrica (*Water footprint, WF*) è un indicatore particolarmente utile per la valutazione del grado di sostenibilità degli allevamenti. A seconda della fonte di acqua presa in considerazione, l'impronta idrica è classificata in: (a) *impronta idrica "blu"*, riferita al consumo di risorse idriche cosiddette "blu" (superficiali e sotterranee) lungo la filiera di un prodotto; (b) *impronta idrica "verde"*, riferita al consumo di risorse idriche cosiddette "verdi" (acqua piovana nella misura in cui essa non diventa acqua di scorrimento); (c) *impronta idrica "grigia"*, definita come volume di acqua dolce che è necessario per assimilare il carico di inquinanti sulla base degli standard normativi ambientali esistenti di qualità delle acque (http://waterfootprint.org/media/downloads/wf_english_version_final_1.pdf).

82 K. Drastig, A. Prochnow, S. Kraatz, H. Klauss, M. Plöchl, *Water footprint analysis for the assessment of milk production in Brandenburg (Germany)*, in *Adv Geosci.*, 27, 2010, pp. 65-70.

83 Ghg (*Green house gas* = gas climalteranti).

una riduzione di metano del 74%); compostaggio, – 30 % Ghg; presenza di paglia, + 21 % Ghg]⁸⁴;

(l) *adattamento* (o meglio “*capacità al costruttivismo*”)⁸⁵ ai *cambiamenti climatici*.

Per approfondimenti sulle problematiche e sulle relative soluzioni legate a uno sviluppo intensivo sostenibile di sistemi produttivi basati sui ruminanti, si rimanda a G. Pulina *et al.*⁸⁶

Il settore delle “*biotecniche innovative*” sta conseguendo traguardi inimmaginabili grazie ai vorticosi progressi della “*biologia cellulare*” e, soprattutto, della “*genetica molecolare*”; progressi che contrassegnano una nuova era, la “*New Biotechnology Era*”, equivalente a una vera e propria rivoluzione industriale (la quinta⁸⁷) caratterizzata da profonde implicazioni sociali, etiche, economiche e ambientali⁸⁸. Nell’ambito di questa quinta rivoluzione industriale, fra l’altro, tre fasi sono da segnalare: (a) *molecular biology revolution*, iniziata negli anni ’50 con la scoperta della struttura del DNA e caratterizzata dalla nascita e dallo sviluppo dell’ingegneria ge-

84 A. Nardone, N. Lacetera, G. Pirlo, M.s. Ranieri, M. Segnalini, A. Vitali, *Libro bianco “Sfide ed opportunità dello sviluppo rurale per la mitigazione e l’adattamento ai cambiamenti climatici*, Capitolo “Settore Zootecnico”, 2011.

85 *Capacità al costruttivismo*: indica che la comparsa di nuovi fenotipi, per quanto imprevedibile, non è una produzione dal nulla, ma una trasformazione di precedenti potenzialità grazie alla quale gli organismi partecipano attivamente alla costruzione del microambiente in cui vivono (D. Matassino, *Biotechne innovative delle produzioni animali*, Convegno CNR-Ente Fiera del Levante, III Sessione – AgroBiotechologie, Bari, 10 settembre 1989, Mimeografato). Ciò implica che le “*sorti evolutive delle varie specie sono indissolubilmente intrecciate tra loro in fitte trame “coevolutive”*”. Pertanto, in chiave ecologica, sarebbe preferibile passare dal concetto di “*evoluzione della specie*” a quello di “*evoluzione delle interazioni tra specie*” o, meglio, a quello di “*mosaico geografico di co-evoluzione*” [F.J. Odling-Smee, K.N. Laland, M.W. Feldman, *Niche construction: the neglected process in evolution*, Princeton University Press, Princeton 2003; F. Morganti, *Recensione del volume “Niche construction: the neglected process in evolution”*, (Odling-Smee F.J., Laland K.N., Feldman M.W. Eds), Princeton University Press, Princeton, p. 468. <http://www.syzetesis.it/Recensioni2009/nicheconstruction.htm>; T. Pievani, *Quando l’evoluzione è un mosaico*, in *Le Scienze*, agosto 2013, pp. 18-19; J.N. Thompson, *Relentless evolution*, University of Chicago Press, Chicago 2013, p. 509].

86 G. Pulina, A. H. Dias Francesconi, B. Stefanon, A. Sevi, L. Calamari, N. Lacetera, V. Dell’orto, F. Pilla, P. Ajmone Marsan, M. Mele, F. Rossi, G. Bertoni, G.M. Crovetto, B. Ronchi, *Sustainable ruminant production to help feed the Planet*, cit.

87 Vedere nota 15.

88 D. Matassino, *Il futuro delle biotecnologie nelle produzioni animali: alcuni aspetti scientifici e tecnici*, cit.

netica; (b) *genomic revolution* (fine anni '80 – prima decade anno 2000), contraddistinta da un'intensa attività di sequenziamento del genoma di vari organismi; (c) *convergence revolution* (inizi 2000 – data odierna), basata su una integrazione tra varie discipline, tra cui: biologia cellulare; biologia molecolare e quantistica; genomica; ingegneria; scienze fisiche e loro articolazioni, ecc.⁸⁹ (Figura IV).

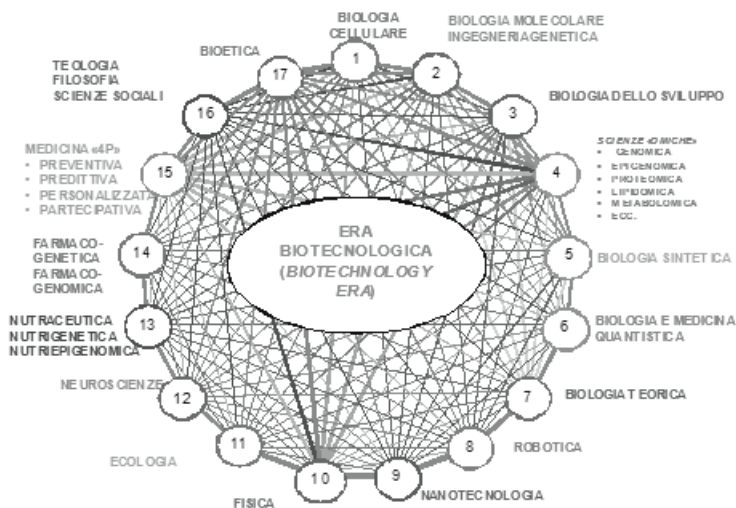


Figura IV – Esempificazione di un “mandala” rappresentativo della multidisciplinarietà dell’attuale era biotecnologica.

89 Massachusetts Institute of Technology, *The Third Revolution: The Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences, and Engineering*, 2011; M. Monti, C.A. Redi, *Il futuro prossimo della vita sintetica*, in *Le Scienze*, 537, 2013, pp. 50-57.

Fra le tante scoperte si ricordano: *cis-genesi*⁹⁰ e il *genome editing (GE)* (“*riscrittura*”⁹¹ di segmenti di sequenza di DNA) (cosiddette modificazioni genetiche di “*seconda generazione*”)⁹², da considerare un mezzo ancora più efficiente per ottenere rapidamente caratteri desiderati. Gli *organismi ottenuti non sono necessariamente transgenici*, ossia portatori di segmenti di DNA estranei alla specie ma *sono portatori di modificazioni limitate e specifiche del loro genoma*. Il GE può essere un approccio molto promettente, fra l’altro, per una ottimizzazione della “*terapia genica*”⁹³; esso si basa sull’utilizzo di *nucleasi ingegnerizzate*, secondo, a oggi, 4 differenti strategie:

- (a) *meganucleasi (meganucleases, MNs)*;
- (b) *nucleasi a dita di zinco (zincfinger nucleases, ZFNs)*;
- (c) *attivatori della nucleasi dell’effettore della trascrizione (transcription activator like effector nucleases, TALEN)*;
- (d) *sistema “CRISPR/Cas9”*,⁹⁴ da considerare una vera e propria “*foto segnaletica genetica*” che un batterio utilizza per ricordarsi dei virus che lo hanno attaccato in precedenza in modo da disattivarli in caso di nuova infezione; questo meccanismo funziona grazie a una “*guida a RNA*” che direziona l’attività di taglio del DNA virale da parte di un enzima (il *Cas9*); il binomio “*CRISPR/Cas9*” si comporta come un vero strumento di ingegneria genetica per la realizzazione in modo versatile e accessibile del

90 La sequenza di DNA introdotta proviene dalla stessa specie che viene modificata o da specie sessualmente compatibili con essa; inoltre, la sequenza non viene modificata e conserva la porzione regolatrice originaria; il prodotto risultante è equivalente a quello che si potrebbe ottenere per introgressione tramite reincrocio.

91 Il *genome editing* consente di modificare una specifica sequenza di DNA senza spostarla dalla sua posizione naturale nel genoma.

92 Le modificazioni genetiche cosiddette di “*prima generazione*” sono identificabili con la tecnica del DNA ricombinante.

93 B. Wienert, A. P. W. Funnell, L. J. Norton, R. C. M. Pearson, L. E. Wilkinson-White, K. Lester, J. Vadolas, M. H. Porteus, J. M. Matthews, K. G. R. Quinlan, M. Crossley, *Editing the genome to introduce a beneficial naturally occurring mutation associated with increased fetal globin*, in *Nature Communications*, 6, 7085, 2015.

94 “*CRISPR/Cas9*”: *clustered regularly interspaced short palindromic repeats* (brevi ripetizioni palindrome raggruppate e separate a intervalli regolari) / *CRISPR associated* (proteina associata alle sequenze *CRISPR*); tale sistema viene scoperto nel 1987 (Y. Ishino, H. Shinagawa, K. Makino, M. Amemura, A. Nakata, *Nucleotide sequence of the iap gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in Escherichia coli, and identification of the gene Product*, in *J. Bacteriol.*, 169 [1987] 5429-5433); tuttavia, il suo potenziale applicativo viene realizzato solo nel 2012-2013.

genome editing; l'applicazione di questa scoperta sta permettendo, a oggi, fra l'altro, la correzione di “*segmenti di DNA codificanti polipeptide/i*” (“*geni*”) difettosi e la messa a punto di farmaci peculiari per la cura di una serie di malattie⁹⁵; in particolare, tale biotecnica sta trovando applicazione nei seguenti settori:

(i) *agricoltura* (ottenimento di piante resistenti a malattie e a erbicidi, inserimento in una specie domestica di “*geni*” vantaggiosi presenti nella relativa specie selvatica oppure, viceversa, da quella domestica a quella selvatica; quest'ultimo processo si concretizza in una vera e propria “*domesticazione molecolare*” delle specie selvatiche);

(ii) *ricerca di base* [realizzazione di modelli animali per lo studio di malattie e di meccanismi fisiologici fondamentali, comprensione del ruolo di uno o più “*geni*” attraverso l'induzione di mutazioni dello stesso (*genetica inversa*), ecc.];

(iii) *terapia genica* (a esempio, nel *topo*: riduzione del tasso di colesterolo e cura della tirosinemia; nell'*uomo*: cura della beta-talassemia, ecc.);

(iv) *sintesi di biocarburanti e farmaci*

(v) *ambiente*.

Le suddette nuove strategie, sebbene siano altamente specifiche, possono causare modificazioni genetiche non desiderate responsabili di una *variabilità genotipica e fenotipica tuttora non controllabile*. Le “*nucleasi ingegnerizzate*” possono tagliare siti addizionali simili a quelli “*bersaglio*” determinando “*mutazioni non volute*”, le quali si concretizzano nel cosiddetto effetto “*off target*” (“*fuori bersaglio*”). A esempio, da uno studio⁹⁶ condotto confrontando due topi sottoposti a *GE* per la riparazione di un gene difettoso comportante cecità con un topo “controllo” (sano) emerge una presenza (“*fuori bersaglio*”) di oltre 1.500 variazioni del singolo nucleotide (SNV) e di oltre 100 inserzioni e delezioni; questo rilevamento scaturisce dal sequenziamento dell'intero genoma (*whole genome sequencing*, WGS) effettuato sia sui due topi “*editati*” che sul topo “controllo”. L'uso del *GE* deve comportare, necessariamente, notevoli e approfondite ricerche affinché si possa raggiungere un traguardo di rischio (mutazioni “*fuori bersaglio*”) accettabile specialmente nell'ambito della utilizzazione di questa tecnica di biologia molecolare nell'uomo. Alla luce di quanto detto, *l'appropriato uso di questa metodica dipenderà da un'attenta rego-*

95 R. Barrangou, *Cas9 targeting and the CRISPR Revolution*, in *Science*, 344, 2014, pp. 707-708.

96 K.A. Schaefer, W. Wen-Hsuan, D.F. Colgan, S.H. Tsang, A.G. Bassuk, V.B. Mahajan, *Unexpected mutations after CRISPR-CAS9 editing in vivo*, in *Nature Methods*, 14, 6, 2017, pp. 547-548.

*lamentazione a livello internazionale e dalla risoluzione di alcune problematiche insite nella metodica stessa*⁹⁷.

Non è da escludere che il GE possa attivare elementi genetici mobili del DNA (“*trasposoni*”)⁹⁸, i quali possono essere causa di incremento di variabilità genetica attraverso riarrangiamenti del genoma.

97 A esempio, al fine di ridurre il rischio di errore di inserimento della modifica desiderata, si utilizza una strategia, denominata “*CRISPR doppia nickasi*”, basata sull'utilizzo della variante *Cas9 nickasi* (*Cas9n*) dell'enzima Cas9, modificata in modo che essa sia in grado di praticare solo rotture su un singolo filamento di DNA; pertanto, per ottenere una rottura sulla doppia elica del sito bersaglio, sono necessari due enzimi *Cas9 nickasi* in associazione con due molecole di *RNA guida* (*sgRNA*), ciascuna complementare e in grado di riconoscere e di appaiarsi alla sequenza localizzata sulle eliche opposte del DNA bersaglio; in questo modo, la presenza di 2 *sgRNA* assicura rotture “*mirate*” sul doppio filamento; contemporaneamente, i tagli aspecifici operati da una sola *nickasi* su singolo filamento vengono prevalentemente riparati tramite il percorso di escissione di base ad alta fedeltà (BER); percorso che evita la mutagenesi indesiderata “*fuori bersaglio*” (F.A. Ran et al., *Double nicking by RNA-guided CRISPR Cas9 for enhanced genome editing specificity*, in *Cell*, 154, 2013, pp. 1380-1389). Inoltre, sono in via di sviluppo strumenti informatici per incrementare la specificità di rottura della sequenza bersaglio.

98 I “*trasposoni*” o “*segmenti di DNA saltatori*” o “*ballerini*” (*jumping gene*) sono segmenti di DNA appartenenti alla frazione di DNA ripetitivo in grado di spostarsi da un sito a un altro del genoma, scoperti nel 1940 dal Nobel B. McClintock nello studio della variabilità del colore delle cariossidi di mais entro la spiga. A oggi, sono note 2 categorie di “*trasposoni*”: (a) “*DNA trasposoni*” in grado di trasportare senza “*intermedi di RNA*”; (b) “*retrotrasposoni*” in grado di spostarsi da un sito a un altro del genoma mediante un “*intermedio di RNA*”, il quale viene retrotrascritto in cDNA (DNA complementare); quest'ultimo, copia del segmento originario, si integra in un nuovo sito genomico; il suo effetto sistemico può essere *semantico* (positivo o negativo) o, viceversa, *insignificante*, a seconda che il sito di inserzione della nuova copia del “*retrotrasposone*” ricada in una regione del genoma “*funzionalmente attiva*” o “*silente*”. I “*retrotrasposoni*” includono 3 categorie: (i) LINE (*Long Interspersed Nuclear Element* = sequenza lunga nucleare interspersa); (ii) SINE (*Short Interspersed Nuclear Element* = sequenza breve nucleare interspersa); (iii) LTR (*Long Terminal Repeat* = sequenza lunga terminale ripetuta). Per approfondimenti sul ruolo che un “*trasposone*” può svolgere nell'evoluzione e sul contributo che i “*retrotrasposoni*” (in particolare quelli della famiglia L1) possono dare all’“*unicità encefalica*” nel senso che per effetto dell'attività di “*retrotrasposizione*” si instaurerebbe un “*mosaicismo somatico (fenotipico) neurale*”, per cui i neuroni differirebbero tra loro per il sito di inserzione e per il numero di “*retrotrasposoni*” entro il proprio singolo genoma, si rimanda a D. Matassino (*Laicità della scienza, in Teologia e Modernità – Percorsi tra ragione e fede*, a cura di G. Di Palma, P. Giustiniani, Pontificia Facoltà Teologica dell'Italia Meridionale, 2010, pp. 127-234).

La dinamica dei *trasposoni*, determinando un incremento della variabilità genetica intrapopolazione, è particolarmente intensa nelle piccole popolazioni e può favorire un aumento della “*capacità al costruttivismo*” di tipi genetici autoctoni⁹⁹.

A oggi, l'applicazione del sistema CRISPR-CAS9 sta producendo un vero e proprio “*tzunami*”, caratterizzato da: controversie brevettuali, un acceso dibattito etico e normativo, la richiesta di una moratoria internazionale sull'uso della tecnica su embrioni umani, il coinvolgimento delle industrie sementiere.

Il Comitato Nazionale per la Bioetica¹⁰⁰, così si esprime in merito al GE e all'applicazione del sistema CRISPR-CAS9: “*si dichiara favorevole alla sperimentazione in vitro e animale in accordo con i regolamenti internazionali; ritiene eticamente auspicabile un incremento della ricerca sulle cellule somatiche; ritiene non ammissibile la sperimentazione su gameti destinati al concepimento e su embrioni umani destinati all'impianto auspicando l'opportunità della moratoria sulla ricerca clinica o in vitro finché la ricerca non provi l'efficacia e la sicurezza della tecnica; esprime visioni non concordi sulla sperimentazione su gameti non destinati alla riproduzione su embrioni non destinati all'impianto*”.

Nell'ambito delle *BI sostenibili* merita un cenno particolare l'*analisi del DNA ambientale (environmental DNA)* rilasciato dagli organismi nel suolo, nell'acqua e nell'aria al fine di identificare geneticamente l'insieme delle specie che popolano un determinato *habitat*. Questo DNA permetterebbe di *monitorare anche il profilo della biodiversità*, quindi di seguire la sua dinamica variazione; il dinamico cambiamento, nel tempo e nello spazio, può consentire di individuare modelli ottimali di gestione della informazione genetica allo scopo di mettere a punto strumenti interventistici in grado di aumentare le informazioni utili a migliorare la “*salute*” del “*bioterritorio*” interessato. Così operando è possibile seguire un approccio dinamico allo studio degli ecosistemi interessati in linea con una visione di *ecologia “integrale”*; *l'utilità operativa della conoscenza dinamica, temporalmente e spazialmente, del DNA ambientale* costituisce uno strumento insostituibile per rica-

99 D. Matassino, *Biotechniche innovative delle produzioni animali*, Convegno CNR-Ente Fiera del Levante, III Sessione – AgroBiotechnologie, Bari, 10 settembre 1989, Mimeografato.

100 Comitato Nazionale per la Bioetica del Consiglio Nazionale dei Ministri, *L'editing genomico e la tecnica CRISP-CAS9: considerazioni etiche*, Roma, 23 febbraio 2017.

vare informazioni integrative e nuove rispetto a quelle ottenibili direttamente dai soli esseri viventi quali componenti di un “*bioterritorio*” (*ecosistema*). La conoscenza del *DNA ambientale* potrebbe contribuire notevolmente a individuare percorsi operativi utili per:

(a) *monitorare* i flussi stagionali dei pesci, con particolare riferimento ai sistemi fluviali e lacustri per una razionalizzazione della loro pesca;

(b) *incrementare* la conoscenza genetica (ed epigenetica?) dei microorganismi¹⁰¹ che vivono nel suolo (*metagenoma*) all’interfaccia tra le radici e il suolo (rizosfera); tale conoscenza favorirebbe la programmazione e l’intervento di un’“*agricoltura personalizzata*” per migliorare, a esempio, la simbiosi tra ceppi batterici e apparato radicale in funzione del tipo di suolo al fine di sopperire a carenze di quest’ultimo senza l’impiego di prodotti fitosanitari di sintesi¹⁰².

Altresì importante è il contributo dell’*innovazione*, con particolare riferimento alle “*BI agricole*”, al fine di garantire un equo accesso fisico ed economico della popolazione umana a un’alimentazione sana e adeguata¹⁰³ dal punto di vista *nutrizionale* (secondo punto dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile dell’ONU, figura III). Tale obiettivo va perseguito tenendo conto delle seguenti priorità: (a) incremento della

101 Si stimano ~ 10¹² (1.000 miliardi) di paia di basi di genoma batterico per grammo di suolo (T.M. Vogel *et al.*, 2009, *TerraGenome: a Consortium for the sequencing of a soil metagenome*, Nature, 252). Il *metagenoma*: (a) contribuisce alla genesi e alla strutturazione del suolo; (b) influenza la produttività e la salute delle piante coltivate; (c) costituisce fonte di farmaci; a esempio, dal batterio *Streptomyces hygroscopicus*, presente nel suolo dell’isola di Pasqua, si estrae la rapamicina (da *rapa nui* = nome indigeno dell’isola di Pasqua), farmaco in uso come immunosoppressore e molto promettente per le sue proprietà antisenescenti.

102 K. Schlaeppi, D. Bulgarelli, *The Plant Microbiome at Work*, in *MPMI*, 28, 3, 2015, pp. 212-217; P.E. Busby, C. Soman, M.R. Wagner, M.L. Friesen, J. Kremer, A. Bennett, M. Morsy, J.A. Eisen, J.E. Leach, J.L. Dangel, *Research priorities for harnessing plant microbiomes in sustainable agriculture* in *PLOS Biology*, <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2001793>, March 28, 2017.

103 Il problema della “*malnutrizione*” (includente sia una ipo che, paradossalmente, una ipernutrizione) a livello di pianeta Terra è ancora oggi particolarmente grave; si stima (Dati FAO 2016, <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/>) che: (a) circa 155 milioni di bambini al di sotto dei 5 anni di età, a seguito di malnutrizione, sono affetti da disturbi della crescita, da aumentata suscettibilità a malattia e da disturbi dell’apprendimento; tale carenza mostra segni di rapida regressione in Asia, America Latina e Caraibi, mentre tende a una risoluzione lenta in Africa; (b) circa 40 milioni di bambini al di sotto dei 5 anni di età soffre di sovrappeso; (c) circa 641 milioni di adulti soffrono di obesità; (d) circa 613 milioni di donne in età riproduttiva presentano problemi di anemia.

presenza dell'anziano¹⁰⁴ comportante la necessità di considerare fondamentale l'alimentazione di questa categoria; (b) potenziamento della ricerca nel settore del rapporto “*nutrizione – salute*” (“*nutraceutica*”¹⁰⁵, *nutrigenetica*, *nutriepigenomica*, ecc.) al fine di soddisfare la richiesta di alimenti in grado di svolgere anche un'attività preventiva nei confronti delle cosiddette malattie “*non trasmissibili*” (NCD, *non communicable disease*) (malattie cardiovascolari, diabete, obesità, ecc.) e di assicurare una migliore qualità e una maggiore durata della vita; il tutto in linea con le concezioni della geografia della salute¹⁰⁶, della cosiddetta medicina “4P”¹⁰⁷ [“*Preventiva*”, “*Personalizzata*” (o “*di Precisione*” o “*Individuale*”), “*Partecipativa*”, “*Predittiva*”] e della “*medicina quantistica*”¹⁰⁸. Alcuni dei requisiti di qualità di un alimento possono essere schematizzati come in figura V.

104 Secondo stime (D. Matassino, G. Zucchi, D. Di Berardino, *Management of consumption, demand, supply and exchanges*, EAAP n. 48, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 105-124, 1991), nel 2050, la categoria demografica degli ultrasessantenni, a livello di Pianeta Terra, arriverà a circa 2.562.000.000 (circa il 26 % della popolazione totale prevista pari a circa 9,8 miliardi); attuali stime OMS, prevedono, sempre per il 2050 circa 2 miliardi di ultrasessantenni (circa il 20% della popolazione totale prevista).

105 Il neologismo “*nutraceutica*” è un termine sincretico derivato da “*nutrizione*” e “*farmaceutica*”, coniato nel 1989 da S. De Felice, in riferimento allo studio di “*alimenti con funzione benefica sulla salute umana*”.

106 La geografia della salute viene definita da H. Picheral nel 1993 come “*lo studio spaziale della qualità della salute nelle sue relazioni con l'ambiente fisico, biologico, socio-economico, comportamentale e culturale*”.

107 Coniata da L. Hood e H. Flores nel 2012.

108 Nella “*medicina quantistica*” un ruolo importante è svolto dal *flusso di biofotoni*. Il termine *biofotone* viene coniato da F.A. Popp nel 1981, anche se i primi studi vengono effettuati da U. Facchini e coll. nel 1954-55 (Università di Milano) su semi di cereali e di leguminose; il *flusso di biofotoni* consiste in *energia “strutturata come coerente”* emessa da parte del DNA [nucleare, mitocondriale e plastidico (cloroplasto)] delle cellule; ogni cellula dell'organismo, tramite il suo DNA che funziona come un “*trasmettitore-ricevitore*” (“*antenna*”), emette e può ricevere segnali frequenziali per i quali tutte le cellule dell'organismo sono in continua e istantanea comunicazione fra di loro, scambiando messaggi elettromagnetici con effetti biologici” [D. Matassino, M. Occidente, M. Serluca, G. Varricchio, *Alcune riflessioni sulle strategie biologiche dell'acqua quale potenziale “chiave di lettura della vita”?*, Atti 3° Meeting Internazionale di Bioetica della Biosfera “H2O-acqua e acque profili sociali, economici ed etici di un bene ambientale”, Isernia, 21 giugno 2014, in: “*Biosfera, Acqua, Bellezza. Questioni di bioetica ambientale*” (F. Del Pizzo e P. Giustiniani eds.), Mimesis/Quaderni di Bioetica, Centro Interuniversitario di Bioetica Campana, 2016, pp. 107-161].



Figura V – Alcuni requisiti della qualità di un alimento¹⁰⁹.

A oggi, le “*BI agricole*” includono una vasta gamma di biotecniche finalizzate, a esempio: (a) al miglioramento della produttività e dell’efficienza delle varietà coltivate e delle popolazioni animali; (b) alla diagnosi di malattie sia animali che vegetali; (c) alla produzione di vaccini per uso veterinario; (d) all’aumento della fertilità del suolo e dell’efficienza d’uso di acqua; (e) al miglioramento dei processi fermentativi impiegati nella preparazioni alimentari; (f) alla conservazione e alla caratterizzazione delle risorse genetiche animali, fungine, microbiche e vegetali. Inoltre, la *sostenibilità nella produzione di alimenti* può essere migliorata attraverso: (a) riduzione dello spreco dovuto, a esempio, alla perdita di prodotti agricoli dopo la raccolta¹¹⁰; (b) messa a punto di mete nutrizionali in relazione al sesso e, entro questo, a: (i) categoria demografica (neonato/a, bambino/a, adolescente, adulto/a, ultrasessantenne, ultraottantenne, ultracentenario/a); (ii) *status* fisiologico

109 Modificato da C. Peri, *Qualità e certificazione dei prodotti agro-alimentari in vista del mercato unico europeo*, in Atti Soc. agr. di Lombardia, III serie, 128 (3), 1990, p. 27.

110 Si stima che, soprattutto nei PVS, il 30% dei cereali, il 40-50% delle radici e dei tuberi, il 20% degli oli vegetali e il 30% del pescato vadano sprecati o comunque perduti durante le fasi di distribuzione e di consumo; nei PS lo spreco si evidenzia particolarmente nella fase di consumo [FAO, *Global food losses and food waste, extent, causes and prevention*, by Gustafsson J., C. Cederberg, U. Sonneson (Swedish Institute for Food and Biotechnology) and R. van Ottendick and A. Meybeck (FAO), 2011].

(donna in gravidanza o in allattamento, persona che pratici attività sportive, ecc.)¹¹¹; (c) incremento, previe apposite ricerche, sia in campo animale che in quello vegetale, delle specie commestibili destinate alla *nutrizione umana*, con aumento, soprattutto nei PVS, di alimenti “*ad elevato valore biologico*”; (d) riduzione della discrepanza tra disponibilità di proteina totale [di origine animale (POA) e di origine vegetale (POV)] e fabbisogno proteico della popolazione umana; stime su dati FAO (www.faostat.org) dal 1985 all’anno 2050¹¹², a livello di pianeta Terra, evidenziano, già nell’anno 1985, l’esistenza di un *surplus* di POV (circa 27 milioni di t) e un *deficit* di POA (pari a circa 9,8 milioni di t); nell’anno 2013, il *surplus* interessa sia la POV che la POA, per un totale di circa 57 milioni di t, ovvero una quantità in grado di soddisfare il fabbisogno proteico di altri circa 2,6 miliardi di persone in aggiunta agli attuali 7,3 miliardi; pertanto, già considerando la produzione di proteina del 2013, vi sarebbe la possibilità di soddisfare l’esigenza proteica dei 9,8 miliardi di persone previste per il 2050¹¹³. Da questi dati si evince la necessità, limitatamente al bilancio proteico, non tanto di produrre di più quanto di gestire in modo ottimale ciò che già si produce, apportando azioni correttive e integrative. Inoltre, un’altra fonte, specialmente di proteine commestibili, è rappresentata dagli insetti

5. Qualche ulteriore riflessione

La “*problematica ambientale*” richiede un’azione umana collettiva tesa alla *conservazione dell’ecosistema*. Tale azione può essere favorita da un *approccio multidisciplinare* nel quale anche la *psicologia* gioca un ruolo fondamentale nel contribuire alla comprensione dei *driver* interni ed ester-

111 D. Matassino, G. Zucchi, D. Di Berardino, *Management of consumption, demand, supply and exchanges*, cit.; D. Matassino, *Il miglioramento genetico nei bovini per la produzione di latti finalizzati all’uomo* in Atti Conv. “Il ruolo del latte nell’alimentazione dell’uomo”, Paestum, 24/26 ottobre 1991, Quaderni Frisona, maggio 1992.

112 D. Matassino, G. Zucchi, D. Di Berardino, *Management of consumption, demand, supply and exchanges*, cit.; D. Matassino, *Introduction, Proc. of 6th International Livestock Farming System Symposium*, Benevento, 26/29 agosto 2003, in: R. Rubino, L. Sepe, A. Dimitriadou E. A. Gibon (Eds.), “Livestock farming systems – Product Quality based on local resources leading to improved sustainability”, EAAP publications, 118, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 3, 2006.

113 United Nation Department of Economic and Social Affairs, *World Population Prospects 2017*.

ni che conducono a comportamenti “non sostenibili” e alla modifica di tali comportamenti. A differenza degli insetti *sociali* (*formiche, api*, ecc.), gli esseri umani non sono “ben disposti” per coordinare il comportamento finalizzato a un “bene comune”. Tuttavia, gli individui, animati da autoconsapevolezza *psichica*, grazie a un’azione *collettiva e organizzativa*, possono promuovere cambiamenti su larga scala volti a una *riconnessione con la natura* quale fondamento della *sostenibilità*¹¹⁴.

L’urbanizzazione, l’industrializzazione e l’innovazione tecnica e biotecnica hanno trasformato le fondamenta dell’esistenza umana, generando un paesaggio e uno stile di vita notevolmente diversi da quelli in cui la specie umana si è evoluta. La vita urbanizzata compromette il senso di parentela di un individuo con la natura favorendo comportamenti distruttivi dell’ambiente¹¹⁵. In altre parole, gli esseri umani non proteggono ciò che non conoscono. Infatti, si evidenzia una correlazione positiva significativa sia tra sentimento legato alla natura e comportamento ecologicamente responsabile¹¹⁶ e sia tra importanti esperienze di vita (specialmente in ambienti naturali durante l’infanzia) e comportamento tendente alla tutela ambientale¹¹⁷.

Pianificatori urbani e architetti stanno sempre più sia incorporando funzionalità verdi (giardini, sentieri per passeggiate, ecc.) sia integrando disegni “biofili” che riproducono forme e modelli animali e vegetali in ambienti antropizzati¹¹⁸. L’accesso ampliato allo spazio verde urbano non solo migliora la comprensione umana dei sistemi naturali, ma fornisce un contatto critico con ambienti in cui la persona può meglio prosperare sia fisicamente che psichicamente.

Infatti, la ricerca evidenzia che il “paesaggio” svolge un ruolo insostituibile nel favorire il benessere fisico, psichico e sociale dell’uomo grazie al suo effetto ristorativo sulla psiche. Secondo A. Gherzi¹¹⁹, il “benessere psichico” scaturiente dal paesaggio sarebbe il frutto di un equi-

114 E. Amel, C. Manning, B. Scott, S. Koger, *Beyond the roots of human inaction: Fostering collective effort toward ecosystem conservation*, in *Science*, 356, 2017, pp. 275-279.

115 P.H. Kahn Jr., P.H. Hasbach (Eds.), *Ecopsychology: Science, Totems, and the Technological Species*, MIT Press, 2012; P.H. Kahn Jr., P.H. Hasbach (Eds.), *The Rediscovery of the Wild*, MIT Press, 2013.

116 R. Gifford, A. Nilsson, *Personal and social factors that influence pro-environmental concern and behaviour: A review*, in *Int. J. Psychol.*, 49, 2014, pp. 141-157.

117 L. Chawla, V. Derr, in *The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology*, S. D. Clayton, Ed., Oxford, Univ. Press, 2012, pp. 527-555.

118 S.R. Kellert, J. Heerwagen, M. Mador, *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*, Wiley, 2011.

119 A. Gherzi, *Paesaggi terapeutici (Therapeutic landscapes)*, Alinea, Firenze, 2007.

librio dinamico che l'individuo consegue attraverso le seguenti tre azioni: *abitare, esplorare, contemplare*¹²⁰. Inoltre, il contatto con la *natura* promuove lo sviluppo sano del bambino¹²¹. Per alcuni approfondimenti sulla funzione del paesaggio in relazione al *benessere fisico psichico sociale* dell'uomo, si rimanda a D. Matassino¹²².

L'interesse per l'ambiente dovrebbe svolgere un vero e proprio ruolo fondamentale di "*attivismo civico*" nel senso che esso dovrebbe rappresentare un insostituibile fattore di "*protagonismo dal basso*" per galvanizzare i "*collettivi*" esistenti su un *bioterritorio* (congregazioni religiose, associazioni di vicinato, ecc.) in modo da modificare il comportamento umano verso la sostenibilità ambientale e concentrarsi su azioni tangibili a livello comunitario¹²³. Tali azioni collettive assicurerebbero una compartecipazione della *comunità locale*, specialmente *rurale*, alle attività di tutela ambientale; compartecipazione fondamentale al fine di evitare il prevalere di *astratte visioni* di "*conservazione*"¹²⁴.

Una cultura organizzativa "*verde*" efficace solleva gli individui dallo sforzo richiesto per riconoscere e rispondere in modo sostenibile. A esempio, le politiche di acquisto possono dare la priorità ai fornitori che soddisfino i criteri di sostenibilità.

120 D. Matassino, *Sostenibilità globale per un mondo di bioterritori intelligenti*. Giornata in onore del prof. Donato Matassino in occasione dei suoi primi 80 anni, Musa-Polo Museale della Tecnica del lavoro in Agricoltura, Benevento 2014, Grafica & Stama Soluzioni, Amorosi (Bn) 2016.

121 P.H. Kahn, S.R. Kellert (Eds.), *Children and Nature: Psychological, Sociocultural, and Evolutionary Investigations*, MIT Press, 2002.

122 D. Matassino, *La biodiversità base insostituibile per una produzione animale a misura d'uomo*, in Atti 3. Conv. Naz. "Biodiversità – Tecnologie – Qualità", Reggio Calabria, 16-17 giugno 1997. Ed. Laruffa, 29, 1997; D. Matassino, *Sostenibilità globale per un mondo di bioterritori intelligenti*, cit.

123 D. Matassino, *Il Bovino di razza "Marchigiana dell'alto Sannio" strumento di sviluppo eco-sostenibile di un bioterritorio "intelligente" e fonte di prodotti a elevato contenuto di biomolecole "nutraceutiche" (salutistiche)*. Convegno organizzato nell'ambito della X Mostra Bovina di razza Marchigiana dell'Alto Sannio, San Giorgio La Molara (BN), 6 settembre 2014 (Presentazione PowerPoint). Sito internet ASPA (<http://aspa.altervista.org/>; link: "pubblicazioni", "archivio Prof. Donato Matassino").

124 S. Lagomarsini, *Ciò che non si capisce del mondo rurale*, in *Avvenire*, 3, 29 novembre 2016.

6. Conclusioni

1. *Il rapporto tra uomo e natura sta cambiando*, in questi ultimi decenni, più del *rapporto interumano*. La *sensibilità ecologica* sta obbligando a un coinvolgimento della *teologia* e dell'*esegesi*¹²⁵.

2. *Non bisogna dimenticare che l'uomo non vive solo sul pianeta terra, ma con la vita e la diversità biologica che esso ospita ed entro l'ambiente che l'attività di tanti organismi costruisce*. Pertanto, è ormai innegabile l'esistenza di una relazione *co-evolutiva* "*uomo-natura*": l'uomo collabora con altre specie viventi e mette a disposizione la propria creatività e intelligenza per accrescere la vita propria e quella degli altri esseri viventi instaurando un vero e proprio "*federalismo biologico*" identificabile in ciò che oggi è anche definita "*partnership etica*"^{126, 127}.

3. Partendo dalla conoscenza dei profondi e fantastici meccanismi biologici operanti in *natura*, specialmente del *germoplasma antico e autoctono*, siamo sicuri di contribuire a fornire alle future generazioni umane *esempi indelebili di vita di relazione, di vita di solidarietà, di vita sociale, nonché a stabilire un insostituibile connubio tra il recupero, la conservazione e la valorizzazione di germoplasma antico e l'evoluzione culturale di un popolo*¹²⁸.

4. *Qualsiasi germoplasma è portatore di civiltà antiche e di vecchi equilibri biologici*, la cui funzione e il cui ruolo non è detto che siano finiti, soprattutto in considerazione del comportamento delle *singole famiglie geniche*, che si concretizza in un vero e proprio processo di *conversione genica democratica*, con funzione principe di *rete di mutazione*. Tutto ciò deve significare che è necessaria una migliore conoscenza della *flessibilità del codice genetico (DNA)*, unico e mirabile modello di organizzazione da imitare. Pertanto, il dinamismo delle tentazioni scientifiche deve condurre a individuare un percorso tale che sia incontro di analisi, di esperienze e di programmazione di una nuova cultura della politica scientifica e della gestione del *bioterritorio* considerato nella sua *globalità*¹²⁹.

125 E. Ronchi, M. Marcolini, *Custodire il creato coltivare l'umano*, in *Avvenire*, 4, 23 giugno 2017.

126 D. Matassino, *La biodiversità base insostituibile per una produzione animale a misura d'uomo*, cit.

127 D. Matassino, *Etica e Biodiversità*, in Atti VI Conv. Naz. "Biodiversità: opportunità di sviluppo sostenibile", Bari, 6-7 settembre 2001, vol. 1, pp. 27-44.

128 D. Matassino, *La biodiversità base insostituibile per una produzione animale a misura d'uomo*, cit.

129 D. Matassino, *Impariamo dalla natura*, cit.

5. La “*biodiversità*” rappresenta non solo un bene da difendere e da trasmettere alle generazioni future per il miglioramento della “*qualità della vita*” ma, anche, un bene in sé stesso che ha il diritto alla propria esistenza; il rispetto della biodiversità è orientato verso la specie nella sua “*globalità*”; da non trascurare è l’“*individuo*” o il “*singolo*” (diversità intraspecifica); la specie può essere considerata un’astrazione in quanto essa non soffre, il singolo, invece, soffre e muore, facendo morire con sé la “*specie*” e la sua “*diversità genetica*”; il “*singolo*” possiede diritti fondamentalmente “*forti*” comprendenti non solo il diritto alla vita ma anche quello alla conservazione dell’integrità genetica in quanto qualsiasi riduzione della variabilità genetica si rivela una pericolosa perdita per il “*tutto*”¹³⁰.

6. “*La biodiversità antica di un tipo genetico locale porta in sé un patrimonio assai particolare che trae la sua “giuridicità” non soltanto dalla natura privatistica del bene ma anche, e forse ancor più, dalla “natura generale dell’interesse alla utilità sociale e alla conservazione del bene stesso”*”¹³¹.

7. Qualsiasi risorsa è da considerare un vero e proprio bene “*culturale*”, cioè essa è un patrimonio connaturato e connesso all’*antropizzazione* dell’ambiente peculiare di quella determinata “*nicchia ecologica*”. Parlando di antropizzazione dell’ambiente in genere è possibile affermare che¹³², ¹³³ “*sia lo scienziato che l’imprenditore non possono più ignorare che un alimento di origine animale o vegetale è il risultato di un coacervo di fenomeni biologici, molti dei quali ancora ignoti. Ogni essere vivente destinato a fornire alimenti, servizi, attività professionali, ecc. all’uomo è sempre un passo più in là rispetto alle nostre conoscenze*”. Da ciò è facile dedurre che la impossibilità di controllare totalmente la complessità biologica di un essere vivente deve condurre a una maggiore prudenza nell’impiego di sistemi produttivi rivolti solamente all’incremento quantitativo.

8. Le produzioni animali, qualunque sia il livello *bioterritoriale* geografico considerato (azienda, vallata, comune, provincia, regione, nazione, continente, pianeta terra), sono state, sono e saranno sempre il risultato di una *visione stocastica*, nel suo significato dotto di “*congetturale*”, quindi

130 D. Matassino e A. Mazziotta, *Biodiversità in chiave etica*, in: “Scienza ed etica. Percorsi di comunicazione e formazione” (a cura di Azzaro Pulvirenti R.), Collana Prometheus, Ed. FrancoAngeli, 2009, pp. 194-234.

131 A. Mazziotta, G. Gennaro, *La Girgentana*, Edizioni Ambiente e Vita – Sicilia, XV-359, 2002.

132 D. Matassino, *L’animale autoctono quale bene culturale*, in Atti Conv. “Ruolo del germoplasma animale autoctono nella salvaguardia del territorio”, Bari, 17 settembre 1996. Terra Pugliese, 45 (11-12), 3, 1996. L’Allevatore, 53 (10), inserto, 1997.

133 D. Matassino, *Impariamo dalla natura*, cit.

di una continua riflessione sugli eventi concreti da cui elaborare *opinioni, ipotesi, percorsi dinamici e sistemici* per affrontare la vasta e incommensurabile problematica propria di questo settore produttivo¹³⁴.

9. È da ritenere inaccettabile il *trend* d'isolamento della singola persona in quanto al centro degli interessi cosmici di qualsiasi società di esseri "*pensanti*", compresa quella del pianeta terra, resta l'uomo quale "*persona*". Pertanto, tutti coloro che svolgono un certo ruolo nella società debbono assumere la responsabilità di contribuire a individuare percorsi "*meditati*" in grado di pilotare lo sviluppo futuro verso il raggiungimento di traguardi sempre più a misura dell'uomo "*persona*"¹³⁵.

10. Si rende sempre più necessario un lavoro educativo incentrato sulla dignità e sui diritti della persona umana e sul valore dell'ambiente per l'uomo. In fondo, è il modello "*personalista*" che deve guidare qualsiasi azione dell'uomo. Solo una visione "*personalista*", ben lontana da quella "*monodiana*" o da quella "*pragmatista-utilitarista*" o da quella "*socio-biologica*", sarà in grado di guidare le azioni umane in modo tale che queste abbiano sempre come fine l'uomo¹³⁶.

11. L'obiettivo della *sostenibilità globale* comporta l'attuazione di un dialogo "*inclusivo*" e integrativo delle diverse prospettive (scientifica, tecnica, economica, sociale, etica e religiosa, ecc.) affinché la tecnica, nel produrre risultati straordinari di miglioramento della vita umana, non si imponga come unico riferimento diventando quindi "*tecnocrazia*"¹³⁷.

12. L'esigenza di un approccio *multidisciplinare* e *interdisciplinare* è da ritenere in grado di svincolare l'*ecologia* da una mera sua identificazione con un "*ecosistema avulso dall'uomo*" e di integrare l'*ecologia* nelle *scienze sociali* e nell'*economia*; il tutto deve condurre a un'armonizzazione fra *natura e uomo*¹³⁸.

13. Il progresso della *scienza* e della *tecnica* dovrebbe essere realizzato in linea con i principi della condivisione dei dati, delle risorse e della comunicazione scientifica, nonché della fruizione completa dell'avanzamento di

134 D. Matassino, *Produzione animale: è una "congettura" nel sistema agro-alimentare-ambientale?* in Atti Conv. "Le Agro-biotecnologie: didattica, ricerca e applicazione", Bologna, 29 febbraio – 1 marzo. Università degli Studi di Bologna, 127, 1996.

135 D. Matassino, *La biodiversità base insostituibile per una produzione animale a misura d'uomo*, cit.

136 D. Matassino, *Relazione di salute*, VIII Congr. Naz. Associazione Scientifica di Produzione animale (ASPA), Sorrento, 23-24 maggio 1989.

137 G. Costa, *Il mondo è un ecosistema la responsabilità è globale*, in *Avvenire*, 3, 20 giugno 2015.

138 D. Matassino, *Impariamo dalla natura*, cit.

conoscenza, evitando un orientamento di tipo “*coloniale*” nei confronti dei beni naturali, dei *servizi ecosistemici* e delle conoscenze relative ai sistemi biologici. Tale orientamento, con particolare riferimento alle conoscenze relative al genoma delle piante agrarie mediterranee, rischia di trasformare le stesse in semplici “*contenitori di geni*” riproducibili ovunque, dimenticando che l'unicità di un essere vivente dipende dall'interazione del patrimonio genetico con le caratteristiche *antropo-bio-geo-pedoclimatiche* del bioterritorio di pertinenza¹³⁹.

14. L'*ecologia integrale* deve comprendere, fra l'altro, un'accettabile armonia tra *cronobiologia* (ritmi circadiani) degli esseri viventi ed *ecologia*.

15. L'affermazione di Eraclito: “*Non troverai mai la verità se non sei disposto ad accettare ciò che non ti aspetti*” è imperitura.

139 F. Pastoni, *Geni e profitto*, in *Biologi Italiani*, Editoriale, novembre 2010.