

Giuseppe Pulina

Dieci brevi lezioni di zootecnica

FrancoAngeli



Giuseppe Pulina

Dieci brevi lezioni di zootecnica

FrancoAngeli

Le figure originali del volume sono state ideate dall'autore e sviluppate mediante un processo iterativo con ChatGPT (OpenAI), basato sul modello GPT-5.5. La selezione e la validazione finale delle immagini sono state effettuate dall'autore.

In copertina: elaborazione grafica dell'autore.

Isbn e-book: 9788835198093

Copyright © 2026 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. Sono riservati i diritti per Text and Data Mining (TDM), AI training e tutte le tecnologie simili. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it

Eventuali link attivi presenti nel volume sono forniti dall'autore. L'editore non si assume alcuna responsabilità sui link ivi contenuti che rimandano a siti non appartenenti a FrancoAngeli.

Indice

Premessa	pag.	11
Lezione 1. La zootecnica come scienza quantitativa: misurare per conoscere	»	17
1.1. Il mondo scritto in lingua matematica	»	17
1.2. Caso e necessità	»	19
1.3. Misurare non è osservare	»	21
1.4. La zootecnica nell'era dei dati	»	23
1.5. Ingestione, produzione, efficienza	»	24
1.6. Gli "errori" dei modelli	»	26
1.7. I dati come base della conoscenza zootecnica	»	27
1.8. Modelli e realtà	»	30
1.9. Prevedere e decidere	»	32
1.10. La zootecnica come scienza delle misure e dei modelli	»	34
Lezione 2. La zootecnica come scienza della responsabilità	»	37
2.1. Perché la zootecnica deve occuparsi di etica	»	37
2.2. I nostri doveri verso gli animali	»	39
2.3. Gli animali sono esseri senzienti?	»	41
2.4. Le facoltà cognitive degli animali	»	42
2.5. Il benessere animale tra approccio sottrattivo e approccio positivo	»	45
2.6. La responsabilità dell'uomo verso e per gli animali	»	48
2.7. Dalla salute al benessere globale	»	51
2.8. Gli animali arredano il paesaggio	»	53
2.9. Intensificazione, estensivizzazione e rapporto tra allevamento e territorio	»	54
2.10. La zootecnica e la responsabilità di sfamare il mondo	»	56

Lezione 3. Il patto tra uomo e animali	pag.	59
3.1. Perché l'uomo ha domesticato gli animali	»	59
3.2. La domesticazione degli animali come percorso coevolutivo	»	61
3.3. Dalle popolazioni selvatiche alle razze	»	63
3.4. La zootecnica, motore della biodiversità	»	65
3.5. La genetica prima dei genetisti	»	67
3.6. Descrivere, misurare e riconoscere la bellezza degli animali	»	69
3.7. I genetisti passano all'azione: la genetica quantitativa	»	71
3.8. Il ritorno ai geni, la genomica	»	73
3.9. Il limite biologico della selezione	»	76
3.10. Perché le razze esistono negli animali e non nell'uomo	»	80
 Lezione 4. Dalla caccia alla Dieta Mediterranea	»	83
4.1. L'uomo è ciò che mangia	»	83
4.2. La prima rivoluzione alimentare, gli ominini onnivori	»	85
4.3. La seconda rivoluzione, la caccia, il fuoco e l'uomo supercarnivoro	»	87
4.4. La terza rivoluzione, l'invenzione della coltivazione e dell'allevamento	»	89
4.5. Gli alimenti di origine animale nella nutrizione umana	»	92
4.6. Sfamare il mondo, il ruolo degli alimenti di origine animale nel ridurre le disuguaglianze nutrizionali e la povertà alimentare	»	94
4.7. Gli animali oltre il cibo, la vera infrastruttura biologica della civiltà umana	»	96
4.8. L'illusione della dieta universale	»	98
4.9. Alimenti di origine animale e salute umana	»	101
4.10. La Dieta Mediterranea: da ipotesi epidemiologica a modello alimentare globale	»	103
 Lezione 5. Dall'alchimia alla scienza dell'alimentazione degli animali	»	109
5.1. Alimentare gli animali, dalla natura alla scienza	»	109
5.2. Gli animali zootecnici e le biofunzionalità dell'alimentazione	»	111
5.3. L'erborivoria, la fibra e l'alleanza evolutiva con i microrganismi	»	113
5.4. Dalle pratiche empiriche alla scienza dell'alimentazione animale	»	116
5.5. La scienza della valutazione degli alimenti	»	117
5.6. Fabbisogni nutritivi: dalla risposta produttiva al metabolismo	»	121
5.7. La nutrizione nascosta: minerali, vitamine e micronutrienti	»	126
5.8. Ingestione alimentare: fame, sazietà e regolazione dell'assunzione di alimento	»	129
5.9. La formulazione delle razioni: dall'esperienza al computer, senza dimenticare la biologia	»	132

5.10. Dalla razione formulata alla razione ingerita: somministrazione, pascolamento e nutrizione di precisione	pag. 134
--	----------

Lezione 6. Dal pascolo al pastoralismo, una storia circolare	» 139
6.1. Il pascolamento come sistema complesso	» 139
6.2. Pascolo, pascolamento e pastoralismo	» 142
6.3. Le strategie alimentari degli erbivori	» 144
6.4. Quanti animali posso alimentare per unità di superficie?	» 145
6.5. Crescita dei pascoli e dinamica della biomassa foraggera	» 147
6.6. L'ingestione alimentare al pascolo	» 149
6.7. Non tutto il foraggio di un pascolo è realmente utilizzabile dagli animali	» 151
6.8. Il carico mantenibile come modello dinamico del pascolamento	» 155
6.9. Il pascolamento e la qualità dei prodotti di origine animale	» 157
6.10. Il pastoralismo: una civiltà fondata sul movimento degli animali	» 161

Lezione 7. Animali e società umane, una svolta nella storia	» 167
7.1. La zootecnica nel mondo contemporaneo	» 167
7.2. Due mondi, ovvero la zootecnica nei Paesi in via di sviluppo e nei Paesi sviluppati	» 169
7.3. Le funzioni multiple della zootecnica	» 171
7.4. Quando la salute è una sola	» 174
7.5. Verso una quarta rivoluzione della zootecnica	» 177
7.6. La frattura tra sistema reale e percezione sociale	» 179
7.7. La semplificazione utile o dannosa dei sistemi zootecnici	» 181
7.8. Disinformazione e narrazioni sulla zootecnica	» 183
7.9. Dalle filiere alle diete	» 185
7.10. La zootecnica nella riorganizzazione dei sistemi alimentari contemporanei	» 187

Lezione 8. La sostenibilità che non ti aspetti. Come la zootecnica entra davvero nel bilancio climatico	» 191
8.1. La parola più usata e meno definita	» 191
8.2. Senza misura non esiste sostenibilità	» 194
8.3. Efficienza e sostenibilità, le due facce della stessa medaglia	» 196
8.4. L'analisi della <i>Carbon Footprint</i> : ripartizione fra fonti e allocazione fra prodotti	» 199
8.5. Il metano, un effetto collaterale dell'utilizzazione della fibra nei ruminanti	» 201
8.6. Mitigare le emissioni di metano	» 203

8.7. Riconsideriamo il ruolo del metano quale gas climalterante	pag. 206
8.8. La leva mangimistica, dove si gioca parte della partita	» 208
8.9. Rimozione e sequestro del carbonio, l'impatto attraverso il bilancio	» 210
8.10. Le traiettorie della mitigazione: produrre di più ed emettere di meno	» 213

Lezione 9. Carne, latte e uova, tra natura e tecnologia	» 217
9.1. Il mito del naturale	» 218
9.2. Che cosa significa "naturale" (definizioni, filosofia e metriche)	» 219
9.3. Il problema della misura: dagli indici di naturalità alla distinzione tra tecnologie	» 220
9.4. Gli alimenti di origine animale e la percezione di naturalezza	» 222
9.5. La carne artificiale	» 223
9.6. Il problema della scala	» 224
9.7. Sicurezza alimentare e analisi del rischio	» 225
9.8. Complessità del processo produttivo	» 227
9.9. Sostenibilità ambientale e limiti delle valutazioni disponibili	» 229
9.10. Naturale, tanto naturale da risultare completamente artificiale	» 231

Lezione 10. La civiltà degli animali allevati	» 235
10.1. Dalla zootecnica classica alla zootecnica sistemica	» 235
10.2. La rivoluzione digitale nelle filiere zootecniche	» 238
10.3. Il bovino da latte, intensificazione biologica, dati e sostenibilità	» 242
10.4. Il bovino da carne, territorio, sostenibilità e transizione ecologica	» 245
10.5. Il suino, efficienza biologica, biosicurezza e zootecnica computazionale	» 249
10.6. Gli avicoli, efficienza produttiva, integrazione industriale e trasformazione etica della produzione	» 252
10.7. I piccoli ruminanti, adattabilità ecologica e identità culturale	» 255
10.8. Oltre le filiere tradizionali, nuove specie e nuove funzioni	» 258
10.9. Alterità animale	» 263
10.10. Manifesto per una zootecnica della contemporaneità	» 267

Appendice. Una mappa delle relazioni concettuali tra le dieci lezioni	» 271
---	-------

Postfazione.

Due sguardi diversi sulla complessità del vivente

Dialogo tra Andrea Rosati e Pietro Paganini

Intervista di <i>Andrea Bertaglio</i>	» 277
---------------------------------------	-------

A mio nipote Giuliano, il mio futuro.



Premessa

Nel corso della mia vita accademica, come la maggior parte dei colleghi, ho letto e studiato molta più scienza di quella che formalmente rientra nella mia disciplina. Accanto ai lavori pubblicati nel campo della zootecnica, ho frequentato per anni la letteratura scientifica e divulgativa di altre aree del sapere mentre non ho trascurato la letteratura umanistica e, in particolare, la filosofia, che mi ha consentito nel tempo di affrontare i temi legati all'etica dell'allevamento animale, e di pubblicare contributi specifici su riviste indicizzate e in forma di capitoli di libri, e di sviluppare una parte significativa della mia attività didattica in questa direzione. Per diversi anni ho infatti tenuto insegnamenti su questi temi nell'ambito del corso di Scienze Zootecniche dell'Università di Sassari e, per oltre un quindicennio, ho svolto attività di docenza sull'etica della ricerca rivolta ai dottorandi dello stesso ateneo.

Questa duplice frequentazione, scientifica e umanistica, ha contribuito a formare il mio modo di guardare alla zootecnica non soltanto come a un insieme di tecniche o di conoscenze specialistiche, ma come a una disciplina che si colloca all'incrocio tra biologia, matematica, economia ed etica, e che proprio per questo richiede strumenti diversi per essere compresa e, soprattutto, per essere spiegata. In fondo, una parte delle difficoltà che ancora oggi accompagnano la comunicazione pubblica delle scienze applicate deriva anche dalla persistente separazione tra cultura scientifica e cultura umanistica descritta da Charles Percy Snow nel celebre saggio sulle "due culture", una frattura che in Italia ha assunto nel tempo caratteristiche particolarmente profonde.

Mentre il patrimonio di titoli e l'arco delle materie esplorate continuava ad aumentare nel tempo (tanto che la saggistica occupa oggi una parte fisica rilevante degli scaffali della mia biblioteca personale e una sezione non trascurabile dell'hard disk del mio computer), mi sono posto la domanda: perché una disciplina come la zootecnica, che appartiene a pieno titolo al sistema delle scienze sperimentali ed è riconosciuta a livello internazionale nei settori dell'agricoltura e della veterinaria, non dispone di una tradizione divulgativa altrettanto sviluppata, anche in relazione ad ambiti di studio decisamente più difficili (astrofisica e scienze

cognitive, per fare un esempio) o più distanti dagli interessi dei cittadini (fisica quantistica o teorie della complessità, per farne degli altri)? La domanda è tanto più rilevante se si considera la dimensione reale della mia area scientifica e, soprattutto, l'ampiezza dei temi che essa comprende.

Vediamo prima di tutto di cosa ci occupiamo noi zootecnici. Con il termine “zootecnica”, o più propriamente “scienze animali” (*Animal Science* è la denominazione internazionale della disciplina), si indica un insieme articolato di ambiti di ricerca e di applicazione che riguardano lo studio degli animali allevati e dei sistemi nei quali essi sono inseriti. In questo contesto, le scienze zootecniche si occupano di nutrizione e alimentazione animale, di genetica e miglioramento delle popolazioni, di fisiologia e riproduzione, di comportamento e benessere animale, di tecniche di allevamento e gestione dei sistemi produttivi, ma anche delle relazioni tra questi sistemi e l'ambiente, delle loro implicazioni economiche e del loro impatto sulla società. Non si tratta quindi di un ambito ristretto o specialistico, ma di una disciplina che integra conoscenze biologiche, tecniche e socioeconomiche al fine di comprendere e gestire sistemi complessi quali sono le filiere della produzione di alimenti e di altri beni e servizi ottenibile dagli animali da allevamento.

L'ampiezza dell'ambito di studio giustifica la dimensione pubblicistica di questa area scientifica. Secondo i dati più recenti indicizzati nel database Scopus®, aggiornati al periodo 2024-2026, la sola categoria “*Animal Science and Zoology*” annovera oltre 500 riviste scientifiche, numeri che crescono di diverse centinaia se si includono le aree affini. Una tale varietà di *journal* ospita ovviamente una produzione scientifica imponente se teniamo conto che ogni anno sono pubblicati tra i 50.000 e i 60.000 articoli, per un totale cumulato che supera ampiamente il milione e mezzo di lavori indicizzati. Si tratta di una massa di conoscenze rilevante nel panorama della ricerca globale, prodotta da una comunità che coinvolge centinaia di migliaia di studiosi, impegnati a livelli diversi, dalla ricerca di base fino all'assistenza tecnica nelle aziende.

Eppure, a fronte di questa produzione, la zootecnica resta in larga misura una scienza poco raccontata al di fuori dei suoi confini disciplinari. Esistono manuali, trattati, articoli scientifici di revisione critica (le cosiddette *review*), le metanalisi (analisi statistiche che combinano quantitativamente i risultati di più studi indipendenti sullo stesso argomento), ma mancano opere capaci di restituire a un pubblico più ampio il senso complessivo di questa disciplina rendendo espliciti i suoi strumenti concettuali e il suo ruolo nella società contemporanea.

L'idea del libro nasce precisamente da questa constatazione e, in parte, anche dall'esperienza dell'insegnamento. Chi ha frequentato un corso universitario sa che esiste sempre una parte della lezione che sfugge, non perché sia difficile, ma perché arriva in un momento in cui l'attenzione cala oppure perché il docente la considera implicitamente acquisita. Eppure sono spesso proprio questi passaggi, apparentemente secondari, a contenere il filo logico che collega tra loro i diversi argomenti. Questo libro prova a raccogliere proprio quel filo, offrendo

agli studenti delle discipline zootecniche, dai corsi di laurea fino ai master e al dottorato, una chiave interpretativa più ampia dell'itinerario tecnico che stanno costruendo e, allo stesso tempo, fornendo ai professionisti uno strumento per orientarsi anche in ambiti delle scienze animali più distanti dai loro specifici interessi operativi.

In primo luogo devo chiarire che il libro che avete in mano non è un manuale, né un trattato sistematico, ma un itinerario intellettuale che introduce il lettore ai concetti fondamentali della zootecnica attraverso la forma collaudata delle lezioni, riprendendo, in forma libera, l'idea di trasformare lezioni universitarie in un percorso divulgativo, resa celebre da Richard Feynman¹.

Il libro è organizzato in dieci lezioni, ciascuna articolata in dieci argomenti, secondo una struttura volutamente regolare che richiama, almeno idealmente, la scansione dei corsi universitari tradizionali. Ho scelto di rinunciare completamente a tabelle, figure esplicative e apparati grafici, affidando la costruzione del discorso principalmente alla narrazione testuale. Questa scelta non nasce da una sottovalutazione dell'importanza delle immagini o dei dati sintetici, ma dal tentativo di invitare il lettore a seguire il ragionamento nel suo sviluppo logico, così come avviene normalmente durante una lezione.

Per la stessa ragione non sono stati inseriti, salvo poche eccezioni, apparati bibliografici tradizionali del tipo "letture consigliate" o "testi di approfondimento", che il lettore non specialista tende spesso a ignorare. Gli indizi bibliografici disseminati nel testo, insieme ai riferimenti ad autori, concetti, teorie e riviste scientifiche, sono tuttavia più che sufficienti per consentire a chi lo desidera di ricostruire, anche attraverso un normale motore di ricerca, la rete delle fonti scientifiche e culturali che sostiene le diverse lezioni.

Nel testo utilizzerò prevalentemente il termine "zootecnica", che appartiene alla tradizione accademica italiana e compare anche nel titolo del volume. Sono tuttavia consapevole che, sul piano terminologico, esso viene talvolta distinto da "zootecnica". Il primo richiama più direttamente l'insieme delle tecniche e delle conoscenze applicate all'allevamento animale, mentre il secondo può essere interpretato in senso più ampio, comprendendo gli animali allevati, le filiere produttive e le relazioni economiche, ambientali e sociali che da essi derivano. Nel corso del volume il lettore troverà quindi il termine "zootecnica" impiegato in un'accezione estesa, sostanzialmente coincidente con quella delle moderne scienze animali, e potrà attribuirgli di volta in volta la sfumatura di significato suggerita dal contesto.

1. Mi sono ispirato, in forma libera, all'esperienza didattica e divulgativa di Richard Feynman, in particolare alle opere *Six Easy Pieces* e *Six Not-So-Easy Pieces*, che raccolgono una selezione di lezioni tratte dal celebre corso di Fisica tenuto al California Institute of Technology nei primi anni Sessanta del secolo scorso. In questi volumi, Feynman mostra come sia possibile rendere accessibili concetti scientifici complessi mantenendo rigore teorico e chiarezza espositiva. La scelta di organizzare questo testo in forma di lezioni risponde alla logica analoga di offrire un percorso progressivo che consenta di introdurre temi complessi senza ricorrere alla struttura tradizionale del manuale.

I temi che ho scelto per queste lezioni non sono indipendenti tra loro, come dimostrato nell'Appendice, ma compongono un itinerario che conduce progressivamente dal metodo alla società. Partiremo dalla misura, dai dati e dai modelli, cioè dagli strumenti attraverso i quali le scienze sperimentali trasformano l'osservazione della realtà in conoscenza. Affronteremo poi la variabilità biologica, l'incertezza e il ragionamento probabilistico, per passare alle questioni della responsabilità, dell'etica e del rapporto tra uomo e animali. Esploreremo quindi le connessioni tra biologia, economia e ambiente, insieme ai grandi ambiti applicativi della zootecnica, dall'alimentazione alla genetica fino alle tecniche di allevamento. Il percorso si concluderà con una riflessione sul ruolo che gli animali occupano nelle società contemporanee e sulle sfide ambientali, culturali ed etiche che accompagneranno il futuro della produzione animale.

In questo senso, la zootecnica non si iscrive nei limiti di una disciplina tecnica, ma di una scienza che impiega strumenti quantitativi per comprendere la biologia e, al tempo stesso, utilizza la biologia per dare significato ai numeri. I numeri, infatti, non sono mai neutrali perché descrivono fenomeni viventi e acquistano senso solo se sono interpretati alla luce dei meccanismi biologici che li generano. Allo stesso modo, la biologia, per essere compresa e confrontata, deve essere tradotta in grandezze misurabili e in relazioni quantitative ed è in questo scambio continuo tra misura e significato, tra modello e realtà, che si costruisce la conoscenza nell'ambito delle scienze animali.

Parimenti, poiché i sistemi di allevamento sono inseriti in contesti ambientali e sociali che ne condizionano il funzionamento e ne determinano il significato, le relazioni che la zootecnica studia non si limitano ad essere di natura biologica o economica, ma si estendono anche alle dimensioni ecologiche, culturali ed etiche dell'allevamento animale, fino a includere il modo in cui esso contribuisce a modellare il paesaggio e a definire il rapporto tra uomo e animali nella società contemporanea. Anche questi aspetti, pur meno facilmente riducibili a misura, fanno parte a pieno titolo della disciplina e ne completano il quadro interpretativo.

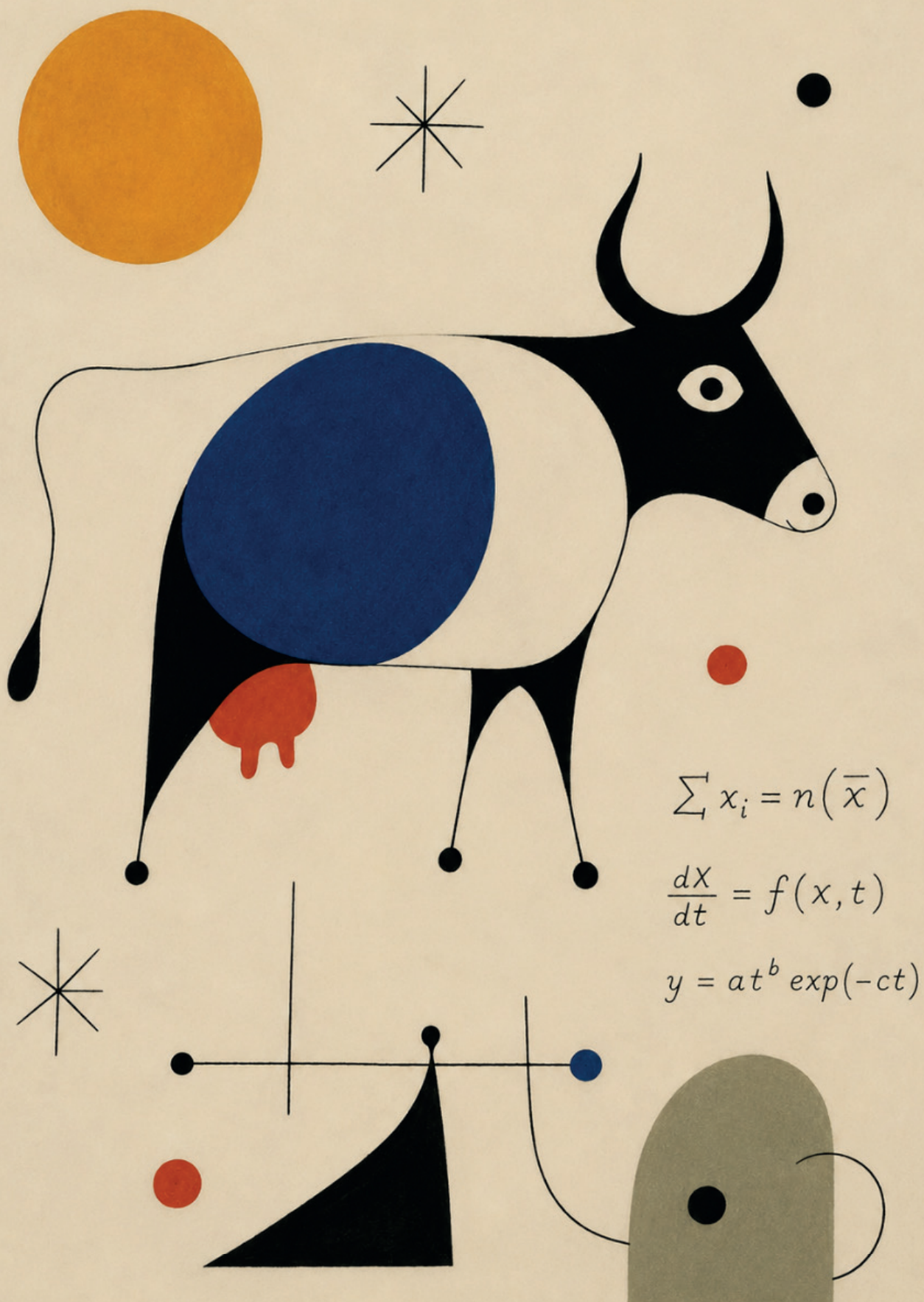
Come ogni corso che si rispetti, anche questo include nei titoli di testa i ringraziamenti che sono diretti primariamente alla dott.ssa Claudia Cremonini e a tutto lo staff di Carni Sostenibili per il sostegno ricevuto durante la stesura e la revisione editoriale di questo lavoro.

Ringrazio inoltre i colleghi Antonello Cannas, Alberto Cesarani, Fabio Correddu, Corrado Dimauro, Mondina Lunesu, Anna Nudda, Pietro Onida e Piergiacomino Rasso per aver letto e commentato le diverse lezioni, contribuendo a migliorarne la chiarezza e la coerenza.

Molto di ciò che troverete in queste pagine è il frutto del materiale elaborato in anni di attività di ricerca con il mio maestro Paolo Brandano, un grande zootecnico, purtroppo scomparso, e il collega Aldo Cappio Borlino, fisico teorico convertito alla genetica animale, anche lui scomparso. Un grazie di cuore va anche a Giancarlo Rossi che mi ha insegnato la zootecnica contemporanea e ospitato da

giovane ricercatore nella sua azienda di bovine da latte per condurre alcuni dei miei primi esperimenti di campo.

Un ringraziamento speciale va a mia moglie Marina, che mi ha accompagnato con pazienza e attenzione lungo tutto il percorso di scrittura, supportandomi anche nei momenti più complessi e rileggendo con me le diverse versioni del manoscritto.



$$\sum x_i = n(\bar{x})$$

$$\frac{dX}{dt} = f(x, t)$$

$$y = at^b \exp(-ct)$$

Lezione 1.

La zootecnica come scienza quantitativa: misurare per conoscere

Certo, strappare un'erbaccia qua e là non risolve nulla. Bisognerebbe procedere così, – egli pensa – prendere un quadrato di prato, un metro per un metro, e ripulirlo fin della più minuta presenza che non sia trifoglio, loglietto o dicondra. Poi passare a un altro quadrato. Oppure, no, fermarsi su un quadrato campione. Contare quanti fili d'erba ci sono, di quali specie, quanto fitti e come distribuiti. In base a questo calcolo si arriverà a una conoscenza statistica del prato, stabilita la quale... Ma contare i fili d'erba è inutile, non s'arriverà mai a saperne il numero. Un prato non ha confini netti, c'è un orlo dove l'erba cessa di crescere ma ancora qualche filo sparso ne spunta più in là, poi una zolla verde fitta, poi una striscia più rada: fanno ancora parte del prato o no? Altrove il sottobosco entra nel prato: non si può dire cos'è prato e cos'è cespuglio. Ma pure là dove non c'è che erba, non si sa mai a che punto si può smettere di contare: tra pianticella e pianticella c'è sempre un germoglio di fogliolina che affiora appena dalla terra e ha per radice un pelo bianco che quasi non si vede; un minuto fa si poteva trascurarla ma tra poco dovremo contare anche lei.

(Italo Calvino, *Il Prato infinito*, in *Palomar*, 1983)

1.1. Il mondo scritto in lingua matematica

Quando Galileo Galilei scrisse che il libro della natura è scritto in lingua matematica, probabilmente pensava al moto dei pianeti, alla caduta dei gravi, alle traiettorie dei proiettili, cioè a quei fenomeni che potevano essere descritti con numeri, proporzioni, geometrie e leggi semplici. Galileo osservava il cielo, noi osserviamo la terra, lui studiava le stelle, noi studiamo gli animali domestici, ma in realtà il passo dalle stelle di Galileo alle stalle (in questo caso una banalità del genere è giustificata) degli zootecnici è molto più breve di quanto possa sembrare. In entrambi i casi, infatti, ciò che cerchiamo di capire non sono gli oggetti in sé, ma le relazioni che legano le grandezze che li descrivono.

La scienza nasce esattamente in questo punto, quando smettiamo di limitarci a guardare il mondo e iniziamo a misurarlo. Osservare un animale significa vederlo, descriverlo, giudicarlo, ma misurarlo vuol dire invece pesarlo, registrare quan-

to mangia, quanto produce, quanto cresce, quanti figli genera, quanto costa mantenerlo e quanto reddito produce. In altre parole, significa trasformare un oggetto biologico complesso in un insieme di numeri (variabili in termini matematici) che lo descrivono. Questa trasformazione non è una banalizzazione della realtà, ma al contrario il tentativo di comprenderla.

La realtà naturale, e quella biologica in particolare, è estremamente complessa. Ogni fenomeno che osserviamo è il risultato dell'interazione di un gran numero di fattori (genetici, ambientali, alimentari, sanitari, gestionali, economici), e quando osserviamo un animale che produce più latte di un altro, non sappiamo immediatamente quale sia la causa di questa differenza, ma sappiamo soltanto che esiste. La misura serve esattamente a questo, a separare, per quanto possibile, le cause dagli effetti, il segnale dal rumore, ciò che è sistematico da ciò che è casuale.

Misurare significa, in fondo, fare un atto di riduzione della complessità. Significa decidere che alcune caratteristiche della realtà sono rilevanti e altre meno, che alcune variabili meritano di essere registrate e altre possono essere trascurate, che alcuni fenomeni devono essere contati, pesati, stimati. In questo senso, la misura è il primo passo verso la costruzione di un modello, cioè verso una rappresentazione semplificata della realtà che ci consenta di interpretarla e gestirla, ma soprattutto, di prevederla.

Se osserviamo la storia delle scienze, ci accorgiamo che esse progrediscono sempre nello stesso modo: prima si osserva un fenomeno, poi lo si misura, poi si costruiscono relazioni tra le grandezze misurate, infine si creano modelli capaci di descrivere e prevedere la porzione di realtà di cui ci si occupa. Questo percorso, iniziato con la fisica e con l'astronomia, si è esteso progressivamente a tutte le scienze naturali e, più tardi, anche alle scienze biologiche e agrarie. Oggi anche discipline apparentemente lontane dalla matematica, quali la zootecnica, si fondano in larga misura su misure, dati e modelli.

In questo senso si può dire che la zootecnica moderna è una scienza quantitativa perché essa si occupa di vero di animali, ma li studia soprattutto attraverso i numeri che misurano le grandezze di interesse per la disciplina (fra cui produzione, ingestione, efficienza alimentare, fertilità, crescita, longevità, costi, ricavi, margini economici). L'animale resta al centro del nostro interesse di zootecnici, ma ciò che ci permette di comprenderne il funzionamento e di prendere decisioni razionali è la misura delle sue prestazioni e dell'ambiente in cui vive.

Misurare, contare, stimare, modellizzare: queste sono le attività fondamentali dello zootecnico moderno. Non perché gli animali siano numeri, ma perché senza numeri noi non saremmo in grado di capire gli animali, né di migliorare i sistemi di allevamento, né di valutare le conseguenze tecniche, economiche e ambientali delle nostre decisioni. In definitiva, se il mondo della natura è scritto in lingua matematica, anche una parte importante del mondo dell'allevamento animale è scritta nella stessa lingua e il compito dello zootecnico è imparare a leggerla e interpretarla.

1.2. Caso e necessità

Se il mondo fosse governato soltanto da leggi perfettamente deterministiche, la scienza sarebbe molto più semplice di quanto non sia in realtà, perché basterebbe conoscere tutte le cause per prevedere con esattezza tutti gli effetti¹, ma chi lavora con i sistemi biologici sa bene che le cose non stanno così, perché nella realtà convivono sempre ordine e disordine, regolarità e variabilità, necessità e caso, e ogni fenomeno naturale è il risultato di questa convivenza, spesso difficile da interpretare e ancora più difficile da prevedere.

Quando osserviamo un gruppo di animali alimentati nello stesso modo, allevati nello stesso ambiente e gestiti dallo stesso allevatore, non otteniamo mai risultati identici; alcuni producono più latte, altri meno, alcuni crescono più velocemente, altri più lentamente, alcuni si ammalano, altri restano sani, alcuni vivono più a lungo, altri meno. Questa variabilità è una caratteristica fondamentale dei sistemi viventi perché la natura non produce copie, ma individui diversi seppure simili, e questa diversità è una delle condizioni fondamentali per l'evoluzione². Senza variabilità non esisterebbe l'evoluzione biologica, perché l'evoluzione si basa proprio sull'esistenza di differenze tra individui e sulla possibilità che alcune di queste differenze vengano trasmesse alla generazione successiva. Charles Darwin comprese questo principio osservando il lavoro degli agricoltori e degli allevatori. Non è un caso che il primo capitolo del suo libro *On the Origin of Species*, pubblicato nel 1859, sia dedicato alla variazione sotto domesticazione. Darwin era rimasto profondamente colpito dalla capacità degli allevatori di ottenere razze molto diverse tra loro partendo da un numero limitato di animali originari, semplicemente scegliendo, generazione dopo generazione, i riproduttori con le caratteristiche desi-

1. Pierre-Simon de Laplace rappresenta uno dei punti più alti della visione deterministica della natura sviluppata dalla fisica classica tra XVIII e XIX secolo. Nell'*Essai philosophique sur les probabilités* (1814) egli immaginò che un'intelligenza capace di conoscere in un dato istante tutte le forze agenti nell'universo e la posizione di tutti i corpi avrebbe potuto prevedere completamente il futuro e ricostruire integralmente il passato. Questa concezione, nota come determinismo laplaciano, esprime l'idea meccanicistica secondo cui i fenomeni naturali sarebbero interamente descrivibili attraverso leggi matematiche e condizioni iniziali. Nello stesso quadro culturale si colloca anche la celebre risposta attribuita a Laplace da Napoleone Bonaparte a proposito dell'assenza di Dio nel suo sistema cosmologico: «Sire, je n'avais pas besoin de cette hypothèse».

2. Facciamoci caso: senza variabilità non saremmo in grado di operare scelte nella vita quotidiana. Se tutte le polizze assicurative, le automobili o perfino i caffè fossero identici, non potremmo scegliere ciò che preferiamo o ciò che riteniamo più adatto alle nostre esigenze. La natura funziona in modo analogo. La variabilità biologica, che noi definiamo biodiversità quando riguarda specie, popolazioni o ecosistemi, rappresenta infatti la condizione che rende possibile la selezione naturale. In presenza di ambienti che cambiano nel tempo, una popolazione composta da individui molto diversi tra loro ha maggiori probabilità di contenere soggetti capaci di sopravvivere e riprodursi nelle nuove condizioni. Al contrario, popolazioni caratterizzate da bassa variabilità genetica e fenotipica risultano generalmente più fragili e meno adattabili, e proprio la riduzione della biodiversità è considerata uno dei fattori che hanno contribuito a molte grandi estinzioni nella storia dei sistemi viventi.