

ALESSANDRO NARDONE

CAMBIAMENTI CLIMATICI: QUALI EFFETTI SU PRODUZIONE E CONSUMO DI PROTEINE ANIMALI?

1. Introduzione

La disponibilità di «alimenti» è una necessità dalla quale non può prescindere nessun vivente, quale che sia il regno di appartenenza.

Alla moltitudine dei diversi organismi viventi corrisponde una grande variabilità di alimenti utilizzati. Anche i componenti, che formano uno stesso alimento, possono variare in funzione della zona e del periodo di produzione. La elevata capacità dei viventi di trarre sostentamento da un gran numero di sostanze alimentari è alla base della grande diffusione di forme viventi sul nostro pianeta e della elevata biodiversità. Nel regno animale, all'aumento della complessità dell'organismo generalmente corrisponde una crescente complessità degli alimenti necessari a soddisfare i bisogni determinati dalle funzioni fisiologiche dell'individuo.

In cima alla scala dei viventi si auto-colloca l'uomo in virtù delle sue capacità di discernimento e determinazione di fronte a situazioni complesse. Queste attitudini l'uomo le ha esercitate anche nella alimentazione e così nel corso della sua evoluzione ha adottato diete alimentari varie che gli hanno consentito di diffondersi in numerosi areali «ambientalmente» molto diversi. Si può ritenere che già in fasi remote della evoluzione siano iniziate scelte alimentari non soltanto per soddisfare i bisogni imposti dalle necessità fisiologiche, ma anche per appagare (quando e per quanto possibile) preferenze mosse dal piacere. Poi in epoche meno lontane alcune popolazioni o gruppi di individui hanno escluso l'uso di taluni alimenti nel rispetto di riti, religioni o per superstizioni, fino a seguire, ultimamente, scelte ispirate da valutazioni salutistiche o da principi etici. Anche questi ultimi hanno implicazioni complesse. Nell'etica sono racchiusi sentimenti e/o attenzioni dell'uomo verso gli altri viventi, in primis quelli appartenenti alla propria specie poi verso quelli di altre specie animali, ma anche nei riguardi dei vegetali. Da diversi anni l'attenzione è rivolta verso tutti gli elementi che compongono l'ambiente, comprendendo tutto quanto è presente nella biosfera.

I due aspetti dell'etica che più direttamente coinvolgono le produzioni alimentari zootecniche possono essere riassunti i) nel sentimento protettivo verso le generazioni umane future e ii) nel rifiuto del consumo di proteine animali che comportano il sacrificio (e per alcuni anche il semplice «sfruttamento») degli animali, siano questi allevati o anche selvatici.

Il primo aspetto ha trovato una sintetica quanto efficace esplicitazione nella espressione «Humanity has the ability to make development sustainable – to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their needs» formulata dalla Sig.ra Brundtland, più volte primo ministro della Norvegia, nel Rapporto della World Commission on Environment and Development dell'ONU (1987) da lei presieduta.

L'espressione teoricamente contiene il rischio che ogni generazione, per tutelare le necessità di quelle future, si privi di risorse che in futuro potranno essere superflue o addirittura dannose e distrugga altre che invece potrebbero essere poi utili o addirittura necessarie. Tuttavia, il fine ultimo del concetto, giustamente, è universalmente condiviso e preso a riferimento per sottolineare la esigenza di preservare le risorse naturali e tutelare l'«Ambiente» contro i rischi di inquinamento del suolo, delle acque, dell'aria nonché della flora, della fauna, e quindi degli alimenti e della salute umana.

Tutto questo chiama in causa direttamente e/o indirettamente l'allevamento degli animali in quanto, sia pure per una quota limitata rispetto agli altri settori delle attività umane quali industria, trasporti, servizi ecc., può concorrere alle emissioni svantaggiose di residui organici e minerali nel suolo e contribuisce alle emissioni in atmosfera di metano, protossido di azoto e anidride carbonica. Nel merito alcuni aspetti fondamentali devono essere precisati: i) questi tre gas sono tra i meno climalteranti e il totale delle emissioni dell'allevamento, espresso in unità di CO₂ equivalente, in diversi paesi, Italia compresa, rappresenta poco più di un trentesimo delle emissioni nazionali. Secondo recenti dati FAO, questo rapporto a livello mondiale è 4 volte più elevato, ma ciò dipende soprattutto dal fatto che in ampie aree del mondo industria e servizi sono poco o nulla sviluppati e l'allevamento tradizionale produce molte più emissioni per unità di prodotto. Ciò malgrado, in molte di queste aree l'allevamento trasforma risorse vegetali, inutilizzabili direttamente dall'uomo, in prodotti zootecnici indispensabili per l'alimentazione delle popolazioni umane di zone particolarmente svantaggiate da condizioni pedologiche e climatiche, ove la produzione di vegetali di diretto utilizzo umano è estremamente limitato o impossibile. ii) Anche la produzione di vegetali non è esente né dall'in-

quinamento del suolo, delle acque di falda e di quelle dei corsi, dei bacini e dei mari, né dalle emissioni in atmosfera. Difatti in molti paesi, tra i quali l'Italia, le emissioni per le attività agronomiche equiparano all'incirca quelle dell'allevamento. Però le emissioni dell'allevamento, attraverso una adatta gestione dei reflui, possono essere ridotte e i reflui stessi possono fornire energia «pulita» e concimi naturali in sostituzione di quelli di produzione industriale.

Circa il rifiuto del consumo di proteine animali per motivi etici, generalmente si tratta di un «nobile» atteggiamento verso creature dalle quali l'evoluzione ha differenziato l'*Homo sapiens* nel corso di alcuni milioni di anni. È un sentimento che va rispettato.

Un commento, sia pure breve, merita l'opzione alimentare che adotta diete prive di proteine animali per ragioni salutistiche. Anche questa scelta non può che essere rispettata, però derivando dal convincimento di trarre beneficio per la salute, è fondamentale avere una corretta conoscenza dei reali bisogni nutritivi dell'organismo umano (in particolare di quello del singolo individuo interessato) e degli alimenti che ne assicurano il soddisfacimento, così come di avere consapevolezza di quelli che possono essere i danni all'organismo causati dalla privazione di taluni principi nutritivi contenuti negli alimenti di origine animale. In definitiva è basilare che la scelta parta da una corretta conoscenza del bilancio dei pro e dei contro (esclusi quelli dovuti ad abusi alimentari o comportamenti consapevolmente o inconsapevolmente erronei) ai fini della salute, in quanto molte valutazioni che imputano agli alimenti di origine animale effetti dannosi alla salute umana sono controverse, perché mancano di evidenze provate scientificamente. È interessante anche considerare che vi sono non pochi dubbi che l'uomo, nel corso della sua evoluzione, sia mai stato esclusivamente «vegetariano», mentre esistono numerosi reperti che testimoniano inequivocabilmente il consumo di carni già da parte del nostro progenitore *Australopithecus garhi*, oltre due milioni di anni addietro. Più «recentemente» lesioni su reperti ossei, risalenti a non meno di 90 mila anni fa, dimostrano in maniera inconfutabile che l'uomo in quel periodo già cacciava animali di grossa taglia mediante l'uso di lance (per restare a distanza di sicurezza). Quindi è da decine di migliaia di generazioni che l'uomo segue una dieta che sicuramente comprende le carni. Questo comportamento, al di là di ogni altra evidenza fisiologica, è testimonianza di naturale «esigenza/adattamento» al consumo di proteine animali.

Infine deve essere tenuto nella giusta considerazione che, a livello mondiale (ma anche nella maggior parte dei paesi), la grande maggioranza (oltre il 90 per cento) della popolazione consuma in misura crescente carni e

più in generale proteine di origine animale. Poiché la popolazione umana mondiale è in aumento, vi sarà il rischio elevato che la richiesta di alimenti di origine animale nei prossimi decenni possa superare le capacità produttive dei sistemi zootecnici. Pertanto una analisi dei possibili effetti dei cambiamenti climatici (CC) sulle produzioni quanti-qualitative dell'allevamento e sui consumi umani è di primario interesse a fronte della tutela della sicurezza alimentare.

2. Cambiamenti Climatici

I cambiamenti climatici, dopo anni di dispute scientifiche, circa la veridicità o meno del loro verificarsi, non sono più in discussione. Ciò che ancora divide le opinioni degli studiosi sono le cause che li stanno determinando, o più esattamente quanta è la parte imputabile all'azione antropica. L'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ha formulato diversi scenari per i prossimi decenni, che prevedono per la fine del secolo aumenti medi della temperatura mondiale variabili tra un minimo di 1,1 e un massimo 6,4 gradi Celsius¹ (Fig. 1). Valutazioni dell'IPCC in corso nell'anno 2013 confermerebbero gli scenari descritti nel rapporto del 2007. Le conseguenze sulle produzioni animali non deriveranno solo dall'aumento delle temperature ma saranno causate anche dall'intensificazione di manifestazioni meteorologiche estreme quali uragani e conseguenti alluvioni, siccità, desertificazione ecc. Non tutte le aree del pianeta saranno interessate in pari misura, né gli effetti negativi saranno generalizzati. Ma tutte le simulazioni portano ad un prevalere significativo delle aree con situazioni peggiorative.

3. Relazioni clima-animali

Gli animali di tutti i sistemi zootecnici risentono direttamente o indirettamente dell'effetto del clima (Fig. 2). Gli effetti diretti maggiormente incidenti riguardano i processi di termoregolazione e il comportamento dell'animale. Quelli indiretti si riferiscono alle conseguenze delle condizioni climatiche sul suolo, sulle piante, sulla disponibilità di acqua, sulla diffusione di agenti patogeni.

1 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: AR4), *The Intergovernmental Panel on Climate Change 4th Assessment Report*, www.ipcc.ch/ Jackson Institute, University College, London 2007.

Ogni animale ha una zona di comfort termico, all'interno della quale la spesa energetica per la termoregolazione è minima². Al di fuori di questa zona l'organismo per mantenere la omeotermia va incontro a condizioni di stress. L'animale tende a modificare il proprio comportamento, in particolare quello alimentare, riducendo l'assunzione di cibo e incrementando l'ingestione di acqua; la frequenza respiratoria e la sudorazione aumentano. Oltre il limite di termoregolazione, aumenta inevitabilmente la temperatura corporea. Come risposta a tali variazioni, le funzioni fisiologiche e metaboliche e le capacità produttive (quantitative) e riproduttive vengono alterate.

L'animale che supera la soglia massima della omeotermia va incontro alla ipertermia e oltre un dato limite, variabile a seconda della specie, categoria età e stato fisiologico, muore.

Ogni categoria animale ha una zona termica ottimale di produzione (Fig. 3).

Per una rapida valutazione dell'effetto causato dagli scambi di calore tra ambiente termico e organismo animale la ricerca ha messo a punto diversi indici³ più o meno complessi e di differente precisione. L'indice più diffusamente ritenuto una combinazione ottimale tra semplicità nella raccolta dei dati di base e modalità di calcolo è il Temperature-Humidity Index (THI), che esprime l'effetto combinato di temperatura e umidità secondo la relazione:

$$\text{THI} = T_{\text{db}}^4 + 0,36T_{\text{dp}}^5 + 41,2^\circ\text{C}^6$$

Particolarmente dannose per gli animali sono le ondate di calore (periodo di almeno tre giorni consecutivi durante i quali il THI rimane in ciascuno dei tre giorni al di sopra di 72 per un numero di ore superiore a 14)⁷. Quando le ondate si verificano in periodi di siccità, alla povertà di pascoli e di foraggi spesso si combina la diffusione di patologie che causano la morte di intere popolazioni animali. Queste situazioni sono più frequenti nei paesi tropicali e subtropicali, ma a seguito del global warming potranno

-
- 2 W. Bianca, *The significance of meteorology in Animal Production*, Int. J. Biometeorol, 20(2), pp. 139-156, 1976.
 - 3 G.L. Hahn, T.L. Mader, R.A. Eigenberg, *Perspective on development of thermal indices for animal studies and management*, EAAP Technic Series, 7, pp. 31-44, 2003.
 - 4 Temperatura del bulbo asciutto.
 - 5 Temperatura del bulbo umido.
 - 6 H.D. Johnson, *Depressed chemical thermogenesis and hormonal function in heat*, 3-9, in M.K. Yousef (Ed.) *Environmental physiology: ageing, heat and altitude*, Elsevier North Holland, Inc., New York, USA 1980.
 - 7 S.E. Valtorta, *Animal Production in a changing climate impacts and mitigation*, Proceedings 15th Conference on Biometeorology and Aerobiology, pp. 40-44, 2002.

essere coinvolte anche zone delle aree oggi temperate. Nei paesi delle aree temperate da decenni le principali razze delle specie di interesse zootecnico sono selezionate per ottenere genotipi i cui fenotipi risultino altamente produttivi, ma generalmente i caratteri che esaltano le capacità produttive hanno una correlazione genetica negativa con quelli della «robustness» per cui questi soggetti mal sopportano gli stress.

La risposta adattativa al caldo. La risposta adattativa degli animali alle condizioni di stress da caldo può determinare la alterazione di importanti funzioni fisiologiche. Ad esempio nelle vacche da latte e negli ovini sono state riscontrate variazioni significative del metabolismo energetico, lipidico, proteico, della funzionalità epatica⁸ e dello stato ossidativo⁹, che possono portare alla comparsa o all'aumento della incidenza di malattie metaboliche, quali chetosi, ipoglicemia, iperchetonemia e aumento di lipomobilizzazione.

L'esposizione di vacche da latte allo stress da caldo è responsabile anche della riduzione della capacità metabolico-sintetica del fegato, come testimoniato dalla riduzione delle albumine, del colesterolo e degli enzimi, e da un certo grado di disordini epatobiliari¹⁰.

Risposta immunitaria. Studi epidemiologici hanno accertato una mortalità più elevata nei vitelli durante la stagione calda in aree geografiche caratterizzate da inverni con clima mite¹¹. Studi successivi hanno testimoniato una riduzione del valore protettivo del colostro bovino: Nardone *et*

8 B. Ronchi, U. Bernabucci, N. Lacetera, A. Nardone, *Milk fatty acid composition in cows exposed to hot environment*, In: Proc. XI° Congress Associazione Scientifica Produzione Animale, pp. 353-354, 1995.

9 R.J. Harmon, M. Lu, D.S. Trammel, B.A. Smith, *Influence of heat stress and calving on antioxidant activity in bovine blood*, J. Dairy Sci., 80 (Suppl. 1), 264, 1997; U. Bernabucci, B. Ronchi, N. Lacetera, A. Nardone, *Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season*, J. Dairy Sci. 85, pp. 2173-2179, 2002; U. Bernabucci, N. Lacetera, A. Nardone, B. Ronchi, *Oxidative status in transition dairy cows under heat stress conditions*, EAAP Technical Series, No. 7, 92. Atti del Simposio *Interaction between Climate and Animal Production*, N. Lacetera, U. Bernabucci, H.H. Khalifa, B. Ronchi e A. Nardone (Ed.) Viterbo, 4 Settembre, 2003.

10 B. Ronchi, U. Bernabucci, N. Lacetera, A. Verini Supplizi, A. Nardone, *Distinct and common effects of heat stress and restricted feeding on metabolic status in Holstein heifers*, Zoot. Nutriz. Anim. 25, pp. 71-80, 1999.

11 S. W. Martin, C. W. Schwabe, C.E. Frant, *Dairy calf mortality rate: characteristics of calf mortality rates in Tulare County, California*, Am. J. Vet. Res. 36, pp. 1099-1104, 1975.

*al.*¹² hanno trovato un più basso valore energetico e un minor contenuto di IgG e IgA nel colostro di primipare esposte al caldo rispetto a soggetti in termoneutralità. È stata anche accertata un'alterazione del processo di immunizzazione passiva dei vitelli¹³ in condizioni di ambiente caldo che contribuisce ad elevare la mortalità.

Nelle bovine da latte si verifica un incremento dell'incidenza delle mastiti durante l'estate¹⁴. È possibile che il caldo faciliti la sopravvivenza e la moltiplicazione di microrganismi patogeni e/o causi una minore efficienza dei meccanismi difensivi dell'animale. Una nostra indagine condotta su dati raccolti nell'estate del 2003, la più calda in Italia negli ultimi decenni, ha rilevato nella vacca da latte una profonda alterazione della risposta immunitaria cellulo-mediata che, oltre a determinare una maggiore vulnerabilità degli animali nei confronti di alcuni patogeni, può associarsi a ridotta efficacia degli interventi vaccinali nonché a diminuzione dell'attendibilità di test diagnostici largamente in uso¹⁵.

Riproduzione. La riproduzione regolare è alla base della efficienza produttiva dell'allevamento, specialmente nelle specie monovulatrici con lungo periodo di gestazione. Condizioni di caldo elevato compromettono le prestazioni riproduttive sia nei maschi che nelle femmine. Mathevon *et al.*¹⁶ hanno riscontrato una minore concentrazione di spermatozoi e una ridotta motilità nel seme di toro prodotto in estate rispetto alle altre stagioni. Tra i fattori climatici favorevoli alla produzione di spermatozoi è

-
- 12 A. Nardone, N. Lacetera, U. Bernabucci, B. Ronchi, *Composition of colostrum from dairy heifers exposed to high air temperatures during late pregnancy and the early postpartum period*, J. Dairy Sci. 80, pp. 838-844, 1997.
 - 13 G.A. Donovan, L. Badinga, R.J. Collier, C.J. Wilcox, R.K. Braun, *Factors influencing passive transfer in dairy calves*, J. Dairy Sci. 69, 754-759, 1986; N. Lacetera, *Influence of high air temperatures on colostrum composition of dairy cows and passive immunization of calves*, Zootec. Nutr. Anim. 6, pp. 239-246, 1998.
 - 14 N.B. Cook, T.B. Bennet, K.M. Emery, K.V. Nordlund, *Monitoring nonlactating cow intramammary infection dynamics using DHI somatic cell count data*, J. Dairy Sci. 85(5), 1119-26, 2002; I. Yeruham, D. Elad, S. Friedman, S. Perl, *Corynebacterium pseudotuberculosis infection in Israeli dairy cattle*, Epidemiol Infect 131(2), 947-55, 2003.
 - 15 N. Lacetera, U. Bernabucci, D. Scalia, B. Ronchi, G. Kuzminsky, A. Nardone, *Lymphocyte functions in dairy cows in hot environment*, Int. J. Biometeorol. 50, pp. 105-110, 2005.
 - 16 M. Mathevon, M.M. Buhr, J.C.M. Dekkers, *Environmental, Management, and Genetic Factors Affecting Semen Production in Holstein Bulls*, J. Dairy Sci. 81, pp. 3321-3330, 1998.

da annoverare la ridotta umidità (inferiore al 50%)¹⁷. Invece nei maschi caprini Karagiannidis *et al.*¹⁸ hanno riscontrato caratteristiche migliori nel seme prodotto in estate e autunno rispetto alle altre stagioni. Nella specie suina i riproduttori risentono negativamente delle temperature calde. Ricerche condotte da Kunavongkrita *et al.*¹⁹ su verri a latitudini con fotoperiodo pressoché costante durante la stagione estiva, con temperature di circa 30°C, hanno accertato una riduzione del volume di eiaculato rispetto alla stagione invernale (128 ml vs 145 ml) e una minore concentrazione di spermatozoi (174×10^6 vs 210×10^6).

Nei polli il caldo deprime le capacità riproduttive dei maschi, particolarmente nei soggetti con i più alti indici di fertilità²⁰. Secondo McDaniel *et al.*²¹ il maschio sarebbe responsabile più che le femmine della infertilità che si riscontra nell'allevamento dei polli in condizioni di stress da caldo.

Nelle galline lo stress dovuto alle alte temperature compromette tutte le fasi del complesso processo riproduttivo, principalmente a causa delle alterazioni a carico del sistema ormonale.

Rilevamenti in condizioni di campo su un grande numero di vacche da latte allevate nel Sud-Est degli USA, hanno messo in evidenza una diminuzione nei mesi caldi del tasso di concepimento di circa il 20%²² e un aumento dei ritorni a 90 giorni²³ e della lunghezza del periodo parto-concepimento²⁴.

-
- 17 R.W. Everett, B. Bean, *Environmental influences on semen output*, J. Dairy Sci. 65, pp. 1303-1310, 1982.
 - 18 A. Karagiannidis, S. Varsakeli, G. Karatzas, *Characteristics and seasonal variations in the semen of Alpine, Saanen and Damascus goat bucks born and raised in Greece*, Theriogenology, 53, pp. 1285-1293, 2000.
 - 19 A. Kunavongkrita, A. Suriyasomboonb, N. Lundeheimc, T.W. Learda, S. Einarsson, *Management and sperm production of boars under differing environmental conditions*, Theriogenology, 63, pp. 657-667, 2005.
 - 20 A.G. Karaca, H.M. Parker, J.B. Yeatman, C.D. McDaniel, *Role of seminal plasma in heat stress infertility of broiler breeder males*, Poul. Sci. 81, pp. 1904-1909, 2002.
 - 21 C.D. McDaniel, R.K. Bramwell, J.L. Wilson, B.Jr. Howarth, *Fertility of male and female broiler breeders following exposure to elevated ambient temperatures*, Poul. Sci. 74(6), pp. 1029-1038, 1995.
 - 22 M.C. Lucy, *Reproductive loss in farm animals during heat stress*, Proceedings 15th Conference on Biometeorology and Aerobiology, pp. 50-53, 2002.
 - 23 Y.M. Al-Katanani, D.W. Webb, P.J. Hansen, *Factors affecting seasonal variation in 90-day nonreturn rate to first service in lactating Holstein cows in a hot climate*, J. Dairy Sci. 82, pp. 2611-2616, 1999.
 - 24 P. VanRaden, 2005, *Selection for Fertility in Dairy Cattle*, Proceeding «Fertilità e redditività dell'allevamento aspetti sanitari, gestionali e genetici» Cremona, 28

Danni notevoli possono essere causati dalle alte temperature alla riproduzione delle scrofe a causa della limitata capacità di termoregolazione che caratterizza i soggetti della specie. Scrofe esposte a 33°C hanno manifestato ritardi dell'estro, riduzione delle gravidanze e elevata mortalità (5-6 volte più che in termoneutralità)²⁵.

Produzione del latte. Le fattrici delle varie specie/razze selezionate per le elevate produzioni necessitano di ingenti quantitativi di nutrienti e di energia. In condizioni di caldo ambientale questa esigenza contrasta con quella di dover dissipare grandi quantità di calore che, nel caso di una vacca molto produttiva al picco della lattazione, possono superare le 45 mila kcal/d²⁶.

Nella vacca da latte la condizione di stress si manifesta già a 72 THI. Questo valore corrisponde a diverse combinazioni di valori di temperatura e umidità (Fig. 4). Oltre i 72 THI la vacca mangia meno, riduce la produzione di latte e il contenuto percentuale di proteine e di grasso. Secondo West²⁷ la contrazione alimentare causa una riduzione della produzione giornaliera di latte rispettivamente di 0,88 kg per ogni aumento di unità di THI verificatosi nei due giorni precedenti. Invece nostre recenti ricerche²⁸ hanno messo in evidenza che un THI elevato ha un effetto depressivo sulla produzione di latte negli 8 giorni successivi, e il picco dell'effetto si verifica al terzo-quarto giorno precedente l'ultimo giorno dell'effetto. Valori di temperatura e umidità che danno un THI superiore a 75 determinano un calo produttivo nella vacca di circa 1,2 kg/die di latte. Nelle proteine si ha una minore presenza di α s-caseina e β -caseina e un più basso numero caseinico²⁹, che verosimilmente sono alla base della minor resa in formaggio del latte prodotto in condizioni di caldo ambientale.

ottobre, 2005.

- 25 S. D'Allaire, R. Drolet, D. Brodeur, *Sow mortality associated with high ambient temperatures*, Can. Vet. J. 37, pp. 237-239, 1996.
- 26 A. Nardone, B. Ronchi, N. Lacetera, U. Bernabucci, *Climatic effects on productive traits in livestock*, Vet Res Commun, 30(Suppl. 1), pp. 75-81, 2006.
- 27 J.W. West, *Effects of heat stress on production in dairy cattle*, J. Dairy Sci., 86, pp. 2131-2144, 2003.
- 28 U. Bernabucci, S. Biffani, L. Buggiotti, A. Vitali, N. Lacetera, A. Nardone, *The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle*, J. Dairy Sci, 97, pp. 471-489, 2014.
- 29 U. Bernabucci, N. Lacetera, B. Ronchi, A. Nardone, *Effects of the hot season on milk protein fractions in Holstein cows*, Anim. Res. 51(1), pp. 25-33, 2002.

Nella pecora l'irraggiamento solare avrebbe un effetto depressivo più marcato su contenuto di caseine e grasso e sulla consistenza del coagulo che non sulla quantità di latte prodotto³⁰.

Produzione della carne. Condizioni di caldo ambientale sono sfavorevoli anche alla produzione di carne, in tutte le specie allevate. Temperature elevate, entro limiti definiti, sono favorevoli solo nei primi giorni di vita per particolari categorie (32-35°C per i pulcini e 27-30°C per i suinetti).

Alle elevate temperature ambientali la quantità complessiva di carne prodotta da una stessa unità produttiva di allevamento diminuisce, in via indiretta a causa di: i) ridotta natalità, ii) aumento di mortalità neonatale, iii) scarsa e/o irregolare disponibilità quanti-qualitativa di alimenti e acqua; in via diretta per la ridotta assunzione individuale di sostanza secca e per l'aumento del dispendio energetico per termoregolare. In conseguenza l'animale allevato in condizioni di caldo ambientale cresce meno nell'unità di tempo, raggiunge il peso di macellazione a una maggiore età e subisce importanti modificazioni della conformazione corporea che si riflettono negativamente sulle caratteristiche della carcassa. Questo adattamento somatico trova riscontro nelle caratteristiche morfologiche delle razze bovine allevate nell'area mediterranea, le quali presentano una taglia (altezza al garrese e peso vivo) progressivamente minore (Fig. 5) in relazione alle condizioni climatiche più estreme corrispondenti a latitudine e longitudine dell'areale di allevamento in senso Nord-Sud e Ovest-Est³¹. Entro specie questa è una risposta adattativa al caldo: minore è la taglia dell'animale, migliore è il rapporto superficie/massa corporea ai fini della termoregolazione.

Le condizioni climatiche avverse che saranno causate dai CC, quali caldo e siccità, non influiranno negativamente solo sugli animali più produttivi ma procureranno danni sensibili anche a quelli particolarmente adattati ad ambienti estremi. Questa previsione è confortata da ricerche di Mousa *et* Elkalifa³² i quali riscontrarono una riduzione del 20-30% nell'assunzione di alimenti

30 A. Sevi, G. Annicchiarico, M. Albenzio, L. Taibi, A. Muscio, S. Dell'Aquila, *Effects of Solar Radiation and Feeding Time on Behavior, Immune Response and Production of Lactating Ewes Under High Ambient Temperature*, J. Dairy Sci. 84, pp. 629-640, 2001.

31 A. Nardone, *Weather conditions and genetics of breeding systems in the Mediterranean area*, Proc. of the XXXV International Symposium of Società Italiana per il Progresso della Zootecnia, pp. 67-92, G. Enne, G.F. Greppi, G. Licita, (eds), Ragusa, Italy, 25th May, 2000.

32 H.M. Mousa, M.Y. Elkalifa, *Effects of water deprivation on dry matter intake, dry matter digestibility and nitrogen retention in Sudan desert lambs and kids*, Small Rumin. Res. 6, pp. 311-316, 1992.

in ovini e caprini, appartenenti a popolazioni autoctone delle zone desertiche del Sudan, che avevano una ridotta disponibilità di acqua di bevanda.

Nella produzione di carne suina gli effetti negativi delle elevate temperature si manifestano subito in fase di allattamento quando la madre è esposta a una temperatura superiore ai 25°C. In queste condizioni la scrofa riduce sensibilmente l'assunzione di cibo per cui le riserve corporee divengono insufficienti a controbilanciare la minore alimentazione, ne consegue una diminuita produzione quanti-qualitativa di latte per cui i suinetti crescono meno, riducono le difese immunitarie e aumenta la mortalità³³.

Anche la produzione di carne di pollo risente notevolmente delle elevate temperature. Condizioni superiori ai 30°C nei locali di allevamento causano riduzione all'assunzione alimentare, dell'accrescimento, del valore calorico dei muscoli e del peso delle carcasse³⁴ e aumento della mortalità³⁵.

Il caldo e l'umidità possono anche causare, nei tacchini e nei polli, la produzione di carni PSE (pallide, soffici ed essudative), a causa di una degenerazione *post mortem* dei muscoli, dovuta ad aumento del metabolismo, accelerazione della glicolisi e prematuro inizio del *rigor mortis*³⁶.

Produzione di uova. La gallina ovaiole alle temperature elevate innalza rapidamente la temperatura corporea. A 41°C secondo De Basilio *et* Picard³⁷ impiega circa 30 minuti a dissipare il calore corporeo mediante iperventilazione. Come conseguenza della riduzione di assunzione di cibo, la gallina perde peso corporeo, riduce il numero delle uova deposte e queste

-
- 33 D. Renaudeau, N. Mandonnet, M. Tixier-Boichard, J. Noblet, J.-P. Bidanel, *Atténuer les effets de la chaleur sur les performances des porcs: la voie génétique*, INRA Product. Anim. 17, pp. 93-108, 2004.
- 34 J.D. Tankson, Y. Vizquier-Thaxton, J.P. Thaxton, J.D. May, J.A. Cameron, *Stress and nutritional quality of broilers*, Poultry. Sci., 80, pp. 1384-1389, 2001.
- 35 V. De Basilio, M. Picard, *La capacité de survie des poulets à un coup de chaleur est augmentée par une exposition précoce à une température élevée*, INRA Prod. Anim. 15, pp. 235-245, 2002.
- 36 L.L. Borchert, *Poultry meat quality: Its impact on processed meat products*, Proceedings from the Forty-Seventh Annual National Breeders Roundtable, St. Louis, Missouri, pp. 89-91, 1998; S. Barbut, *Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat*, Can. J. Anim. Sci. 76 pp. 455-457, 1996; S. Barbut, *Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens*, Br. Poultry Sci. 38, pp. 355-358, 1997.
- 37 V. De Basilio, M. Picard, *La capacité de survie des poulets à un coup de chaleur est augmentée par une exposition précoce à une température élevée*, INRA Prod. Anim. 15, pp. 235-245, 2002.

hanno minor peso, guscio più sottile e meno resistente³⁸ per cui aumenta l'incidenza delle rotture³⁹.

4. Cambiamenti climatici e sistemi zootecnici

I cambiamenti climatici sono previsti spazialmente molto variabili, alcuni modelli prevedono che le precipitazioni aumenteranno alle alte latitudini e diminuiranno ai tropici e subtropici⁴⁰. Come conseguenza in queste ultime aree le proiezioni al 2050 danno una contrazione dei raccolti del 10-20 per cento a causa dell'aumento della temperatura e della siccità e in talune zone la perdita di vegetali potrà essere molto più severa, determinando condizioni estremamente critiche per l'allevamento. Alla variabilità zonale dei CC si aggiunge la diversità degli effetti dei cambiamenti a seconda della tipologia dei sistemi produttivi.

I sistemi di allevamento sono molto diversificati in relazione alla specie/razza allevata, all'indirizzo produttivo, alla zona di produzione, alle tecniche impiegate, al management. Negli ultimi decenni molti autori hanno suggerito diverse classificazioni dei sistemi zootecnici. Uno studio FAO del 2006⁴¹ ha proposto 11 sistemi a livello mondiale. Per ragioni di sintesi, a seguito di revisione dei principi seguiti nello studio FAO, i sistemi di allevamento a livello mondiale sono di seguito schematizzati in *tre categorie principali*⁴².

La *prima categoria* comprende i sistemi pastorali. Questi sono più diffusamente presenti in Africa, Asia, Australia e in alcune zone delle Americhe

-
- 38 M.M. Mashaly, G.L. 3rd Hendricks, M.A. Kalama, A.E. Gehad, A.O. Abbas, P.H. Patterson, *Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens*, Poultry Sci. 83(6), pp. 889-894, 2004.
- 39 H. Lin, K. Mertens K, B. Kemps, T. Govaerts, B. De Ketelaere, J. De Baerdemaeker, E. Decuypere, J. Buyse, *New approach of testing the effect of heat stress on eggshell quality: mechanical and material properties of eggshell and membrane*, Br. Poultry Sci. 45(4), pp. 476-82, 2004.
- 40 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: AR4), The Intergovernmental Panel on Climate Change 4th Assessment Report, www.ipcc.ch/ Jackson Institute, University College, London, 2007.
- 41 H. Steinfeld, T. Wassenaar, S. Jutzi, *Livestock production systems in developing countries: status, drivers, trends*, Rev. sci. tech. Off. int. Epiz. 25 (2), pp. 505-516, 2006.
- 42 A. Nardone, B. Ronchi, N. Lacetera, M.S. Ranieri, U. Bernabucci, *Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems*, Livest Sci 130(1-3) pp. 57-69 DOI: 10.1016/j.livsci.2010.02.11, 2010.

e dell'Europa e complessivamente utilizzano una superficie di circa 3 milioni di ettari, sui quali non sono possibili, o sono quasi impossibili, altre attività agricole. Questi sistemi allevano essenzialmente ruminanti per la produzione di carne e forniscono circa un quinto e un terzo di tutta la carne prodotta nel mondo, rispettivamente di bovini e di ovicapri.

La *seconda categoria* comprende tutti i sistemi misti agro-zootecnici nei quali sono svolte attività agronomiche e di allevamento. Questi sistemi vengono suddivisi in due sottogruppi: rain-fed mixed systems e irrigated mixed systems, a seconda se la produzione vegetale dipenda esclusivamente dalle piogge o dall'irrigazione. I primi sono presenti in zone dell'Europa centrale e dell'Est, dell'India, delle Americhe e dell'Africa centrale. I sistemi irrigui sono più diffusi in centro Europa, nell'Asia dell'Est, Stati Uniti e Centro America. Complessivamente tutti i sistemi misti coltivano circa 2,5 milioni di ettari, e allevano tutte le principali specie animali. Nell'insieme forniscono circa il 90% di tutto il latte prodotto nel mondo, il 70% della carne di ruminanti, un quarto della carne mondiale di monogastrici e il 40% di uova.

Nella *terza categoria* sono compresi i sistemi zootecnici così detti industrializzati o quelli senza terra. Questi sistemi allevano principalmente polli e suini e in minor misura vacche da latte e vitelloni da carne.

5. Previsioni

Una previsione credibile sul futuro delle produzioni animali, e quindi sulla disponibilità di carni, latte, uova e loro derivati per consumo umano, a fronte dei CC, deve tener conto degli effetti sugli animali allevati (già trattati) nonché degli effetti sui sistemi di produzione⁴³.

Rispetto a quest'ultimo aspetto i punti principali da considerare sono: i) quanto ciascuna delle tre categorie di sistemi anzidette è dipendente dagli effetti del clima, ii) su quale componente del sistema il clima influisce maggiormente, iii) quali azioni possono essere promosse per contrastare gli effetti negativi del clima.

Sistemi pastorali. Nei sistemi estensivi gli effetti dei CC sono aggravati dalla limitata disponibilità di tecnologie e di investimenti. Gli animali sono esposti a condizioni di stress per lunghi periodi dell'anno e benché siano adattati alle condizioni ambientali estreme del proprio habitat, incontreranno grandi difficoltà a sopportare un peggioramento delle condizioni

43 *Ibidem.*

ambientali perché possono essere superati i limiti della ipertermia. I sistemi pastorali incontreranno maggiori difficoltà in Africa, Australia e America centrale, dove sono previste perdite di biomassa fino al 50% rispetto alle attuali produzioni. In queste aree l'aumento delle temperature e la elevata variabilità delle condizioni climatiche, oltre a limitare le disponibilità dei pascoli, esporranno gli animali a maggiori rischi di salute a causa dello sviluppo di parassiti esterni e vettori infettivi⁴⁴. Nella zone aride e semiaride gli animali dei sistemi pastorali dovranno fronteggiare un altro grande problema causato dalla riduzione di acqua di abbeverata e dallo scadimento della sua qualità dovuto all'aumento della concentrazione dei solidi disciolti. L'insieme dei fattori limitanti potrà compromettere in queste aree la sopravvivenza di parte delle razze locali adattate nel tempo all'ambiente, con danno rilevante per la biodiversità e gli insediamenti umani. Limitate sono le possibilità di contrastare gli effetti negativi dei CC sui sistemi pascolivi di queste aree. Il ricorso all'incrocio per sfruttare la eterosi può aumentare il rischio di perdita di razze per la difficoltà a gestire i tassi annui di rinnovamento rispettivamente della razza pura e della popolazione incrociata⁴⁵. Invece l'aumento delle temperature e delle piogge renderanno più produttivi i pascoli del Nord America, Nord Europa e Nord-Est Asia.

Sistemi misti agro-zootecnici. In questi sistemi gli effetti negativi dei CC incideranno di più negli allevamenti nei quali le produzioni vegetali dipendono dall'andamento pluviometrico (rain-fed systems). I sistemi che impiegano l'irrigazione (irrigated systems) saranno meno vulnerabili rispetto alle condizioni climatiche nella misura nella quale sarà possibile gestire quantità e qualità delle risorse idriche. Grande variabilità si determinerà tra le varie zone a livello mondiale. Questa variabilità zonale sarà determinata oltre che dall'andamento dei fattori climatici, anche dalla differente capacità (e possibilità) di fare ricorso ad appropriate tecnologie da parte delle aziende, alla diffusione e qualificazione dei servizi di estention, dalle razze allevate, ecc. Le specie di ruminanti saranno le più penalizzate dagli effetti indiretti sulle risorse alimentari. Le popolazioni di animali

44 J.A. Patz, T.K. Graczyk, N. Geller, A.Y. Vittor, *Effects of environmental change on emerging parasitic diseases*, Int. J. Parasitol. 30, pp. 1395-1405, 2000; E.J. Wittmann, P.S. Mellor, M. Baylis, *Using climate data to map the potential distribution of *Culicoides imicola* (Diptera: Ceratopogonidae)*, Europe. Rev. Sci. Tech. 20, pp. 731-40, 2001.

45 A. Nardone, E. Villa, *Characterization, utilization and conservation of cattle germoplasm in the Mediterranean Area*, EAAP Publication No. 85, pp. 109-122, 1997.

lattiferi oltre ai danni indiretti risentiranno particolarmente di quelli diretti causati dallo heat stress. I danni saranno maggiori per le vacche con elevate capacità produttive, particolarmente quando si verificano le «ondate di calore». In queste circostanze, a causa della elevata attività metabolica delle vacche selezionate per alte capacità produttive, gli effetti sono sensibili anche se gli animali sono tenuti in ambienti dotati di apparecchiature per il controllo del microclima. L'heat stress potrà causare rischi significativi anche alle principali specie monogastriche (suini e polli) a causa delle loro ridotte capacità di termoregolazione alle elevate temperature. I danni più rilevanti sugli animali si avranno quando le temperature elevate si verificheranno repentinamente, condizione che è prevedibile venga determinata dai CC, all'inizio della stagione calda quando gli animali non si sono ancora «acclimatati»⁴⁶. Quindi considerato il contributo rilevante degli allevamenti misti alla produzione di latte, i CC determineranno sicuri rischi di contrazione della disponibilità globale di questo prodotto e dei suoi derivati. In merito il Canadian Climate Centre agli inizi del 2000 aveva previsto per l'anno 2090 una contrazione tra il 5,1 e 6,8 per cento negli allevamenti bovini da latte. In realtà sono previsioni da prendere con molta riserva in quanto è difficile fare stime produttive, riferite a date così lontane, per sistemi molto complessi quali quelli zootecnici, composti da innumerevoli variabili, a fronte dell'ampiezza degli scenari climatici descritti dal rapporto IPCC. A prescindere dalla rispondenza che le previsioni sui CC dell'IPCC avranno nei fatti, ciò che lascia dubbiosi è la ridotta variabilità dei valori stimati dal Canadian Climate Centre, in quanto è davvero difficile poter immaginare, un secolo circa in anticipo, le innovazioni possibili sia in campo genetico (si pensi ai progressi nei 100 anni trascorsi dalla (ri) scoperta delle leggi di Mendel) per la selezione degli animali, sia nella tecnologia fine per il controllo del microambiente, sia nella alimentazione animale, così come in altre componenti dell'allevamento. Ciò che oggi di certo si prospetta più difficile per questi sistemi è come superare in futuro le limitazioni nella produzione foraggera (e più in generale nella produzione di alimenti per gli animali) a causa delle mutazioni dei regimi pluviometrici e della disponibilità di acqua per irrigazione, anche se la selezione di piante a basso consumo idrico potrà concorrere a limitare le difficoltà.

Sistemi industriali o senza terra. L'impatto dei CC sui così detti sistemi industrializzati è prevedibile sarà meno severo rispetto a quello delle

46 J.A. Nienaber, G.L. Hahn, *Livestock production system management responses to thermal challenges*, Int. J. Biometeorol. 52, pp. 149-157, 2007.

altre due tipologie. Questo perché i sistemi industrializzati sono strutturati in modo da poter far ricorso, più che gli altri sistemi, a cure sanitarie sistematiche agli animali, di adeguare la razione alimentare e, soprattutto, di impiegare tecnologie per il controllo del microclima: condizionamento degli ambienti, docce, nebulizzatori, ventilatori, ombreggiamento. Questi interventi consentono comunque un recupero solo parziale e quelli sul microclima comportano un dispendio energetico che, a meno di innovazioni future, ha effetti negativi nei riguardi dell'ambiente. Il fattore di maggior rischio per gli allevamenti senza terra sarà la dipendenza totale o quasi dal mercato per l'approvvigionamento degli alimenti per animali. La aleatorietà delle produzioni, e quindi del mercato, dei cereali causata dalle variabili condizioni climatiche potrà incidere negativamente sulla sostenibilità economica di questi sistemi zootecnici. È comunque prevedibile che i sistemi produttivi di questo tipo, malgrado tutte le «manifestazioni» sociali di avversione, avranno una ulteriore sollecitazione allo sviluppo, non solo perché meno vulnerabili alle nuove condizioni climatiche quanto per la sollecitazione del mercato a produrre di più, a seguito delle possibili contrazioni produttive degli altri sistemi. Ciò comporterà un contributo crescente al consumo di carni di suino e pollo. È prevedibile che anche la produzione di latte, specialmente bovino, avrà una sollecitazione espansiva in questi allevamenti, ma difficilmente l'incremento assumerà le proporzioni delle carni di monogastrici. Sotto il profilo ambientale, contrariamente alla opinione diffusa, un effetto positivo indiretto dovuto allo sviluppo di questi sistemi sarà la riduzione di emissioni di gas climalteranti per unità di prodotto e più ancora per kg di proteine animali prodotte. Anche la concentrazione di reflui causata da questi sistemi, che fino ad anni recenti era considerato un aspetto solo negativo per gli effetti avversi sull'ambiente circostante la zona di insediamento, avrà (già si sta verificando) soluzioni ambientalmente favorevoli mediante forme sempre più vantaggiose di produzione di energia alternativa e concimi naturali. Fondamentale sarà comunque osservare sempre una distanza di rispetto tra allevamenti e insediamenti urbani.

6. Quali conclusioni sui consumi di prodotti zootecnici nell'era dei cambiamenti climatici?

Disporre di quantità di proteine animali sufficienti a soddisfare le esigenze alimentari umane si prospetta problematico in futuro. Infatti alle difficoltà che i CC causeranno alle produzioni animali si aggiungono i trend in aumento sia della popolazione umana mondiale (Fig. 6), sia dell'incidenza

della popolazione urbana (Fig. 7) [che nell'anno 2010 ha già superato percentualmente quella rurale]⁴⁷ e sia dei consumi mondiali di latte e carne (Tab. I).

La richiesta di alimenti in genere e di prodotti di origine animale in particolare, aumenterà specialmente nelle aree del pianeta che ancora oggi hanno consumi medi unitari nettamente al di sotto dei fabbisogni energetici e proteici. Nelle aree più povere del pianeta l'adattamento della consistenza della popolazione umana alle disponibilità alimentari tragicamente avviene, spesso ancora oggi, repentinamente secondo gli andamenti e le modalità determinati nel passato dalle carestie anche nei paesi europei. In alcune popolazioni dell'Africa proprio la decimazione delle mandrie a seguito di eventi climatici estremi diviene la causa principale di numerose morti umane per malnutrizione. Fortunatamente queste situazioni sono contrastate (almeno in parte) da interventi di solidarietà internazionale. Ma queste forme di solidarietà persisteranno se la contrazione produttiva a causa dei CC coinvolgerà anche le aree «ricche»? In termini più espliciti, al verificarsi dei rischi previsti per i sistemi produttivi a seguito dei CC, la solidarietà alimentare continuerà se dovesse richiedere alla popolazione delle società agiate di rinunciare a una parte, ancorché limitata, dell'alimentazione superflua alla quale è oggi abituata?

In definitiva, poiché la lunghezza dell'intervallo di generazione nella specie umana ha una durata che non consente aggiustamenti «naturali» in tempi brevi tra disponibilità alimentari e popolazione da «sfamare», tutto porta a prevedere una situazione complessa a livello mondiale per far fronte ai bisogni umani di proteine animali (e non solo). Né è prevedibile che il vegetarianismo possa avere nei prossimi decenni una diffusione tale da ridurre consistentemente la richiesta di prodotti zootecnici a livello mondiale. Ovviamente le situazioni saranno molto diversificate tra le varie aree in funzione del livello di sviluppo tecnico-scientifico, delle disponibilità economiche e delle abitudini alimentari dei diversi paesi. Certamente sono indispensabili una attenzione responsabile e un impegno continuo da parte di tutti gli stakeholders che hanno responsabilità e competenze per poter promuovere azioni finalizzate a contrastare, per quanto possibile, gli effetti dei CC sui sistemi produttivi agro-zootecnici

47 United Nations, Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. 2012. World Urbanization Prospects, the 2011 Revision. Final Report with Annex Tables. New York <http://esa.un.org/unup/Documentation/final-report.htm> [accesso del 18.11.2013]

e mitigare le conseguenze dei fattori antropici che contribuiscono ai cambiamenti stessi.

Determinante potrà essere il contributo della ricerca nel settore agronomico, nel settore ingegneristico, in campo biologico, chimico e ovviamente in primis in quello delle varie discipline delle scienze animali, per ottimizzare la gestione dell'allevamento, l'adattamento dei microambienti e degli alimenti alle esigenze degli animali nei sistemi produttivi nei quali questi interventi sono possibili, ponendo particolare cura all'adattamento degli animali alle mutate condizioni mediante la selezione di soggetti meglio termo tolleranti e ricercando tecnologie avanzate di conservazione e utilizzo dell'acqua.

Lo sviluppo di nuove acquisizioni dovrà anche avere la «umiltà» di porre un minimo di attenzione alla «riscoperta» dei principi alla base di talune pratiche sapientemente messe in atto nei millenni da alcune popolazioni delle aree calde del pianeta.

Fondamentale sarà anche la collaborazione con la medicina umana in modo che le produzioni zootecniche siano rispondenti appieno alle esigenze di una corretta dieta per le differenti categorie di consumatori e questi possano fare le proprie scelte dietetiche sulla base di una corretta informazione.

Infine, le giuste preoccupazioni che derivano dai possibili rischi futuri per le produzioni alimentari, siano esse di natura zootecnica o vegetale, siano occasione di un forte richiamo, per le società agiate, al principio del consumo del necessario e al risparmio del superfluo, in modo da essere pronti, ove necessario, alla solidarietà verso quanti dovessero essere più colpiti dai cambiamenti climatici.

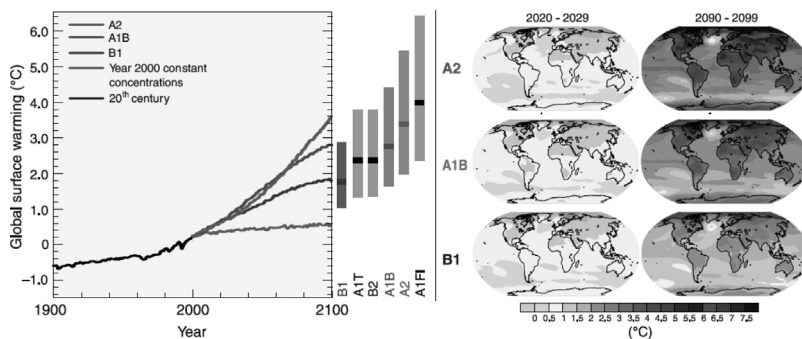


Figura 1. Atmosphere-Ocean General Circulation Model projections of surface warming (IPCC, 2007)

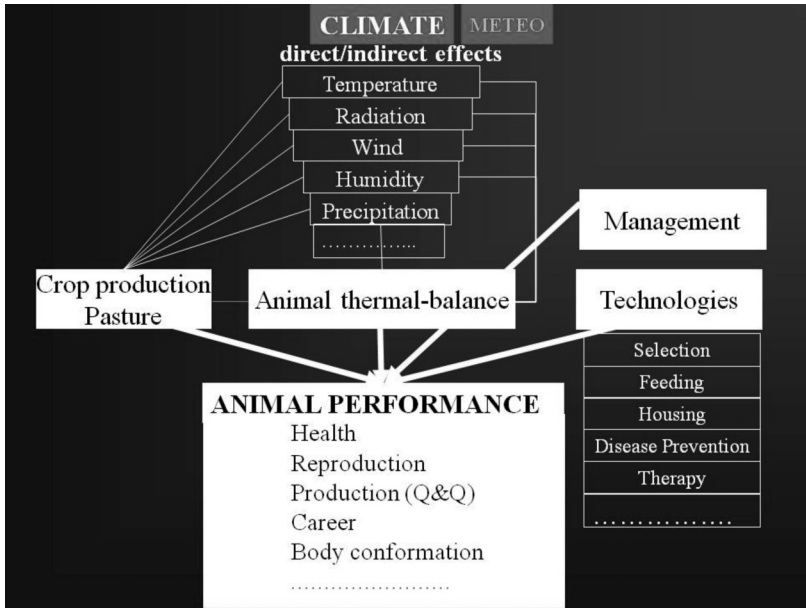


Figura 2. Direct and indirect climate effects on animal performance

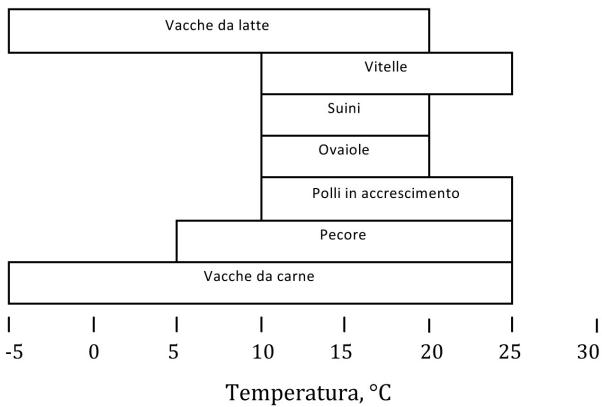


Figura 3. Limiti di temperatura ottimali per la produzione per categorie animali diverse (Hahn, 1976)

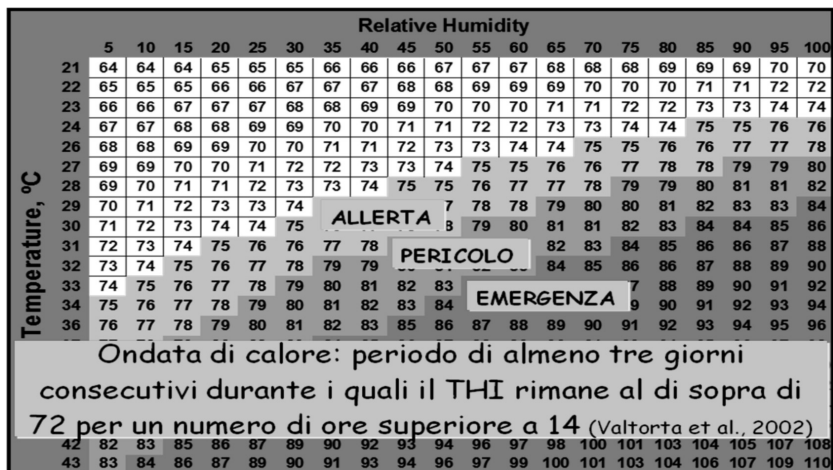


Figura 4. Weather safety index (THI)

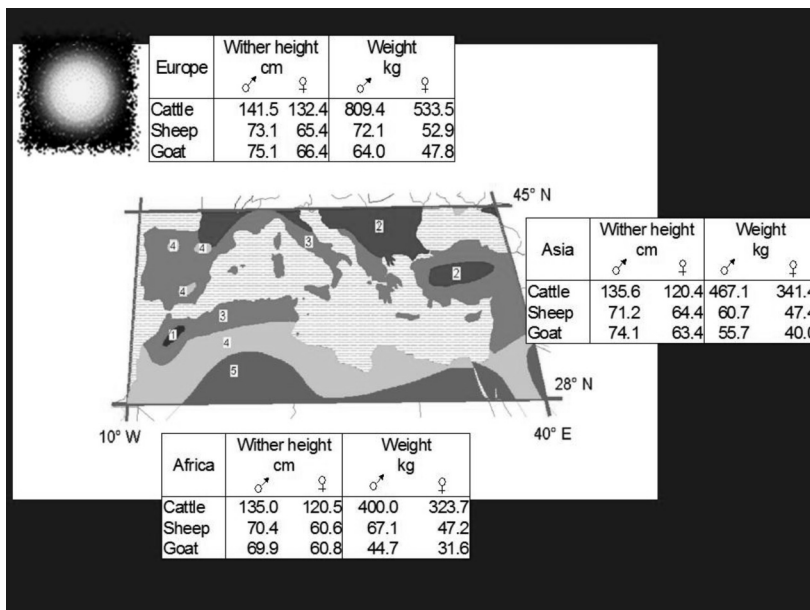


Figura 5. Wither height and weight of cattle, sheep and goat breeds in three Mediterranean zones (Nardone, 2000)

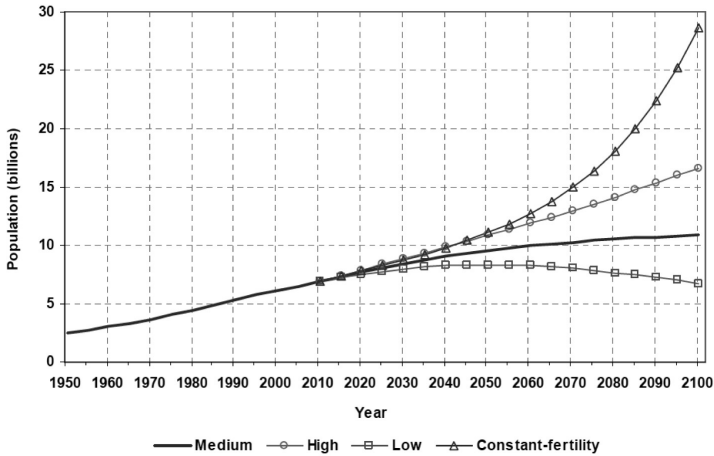


Figura 6. Population of the world, 1950-2100, according to different projections and variants

Fonte: United Nations Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. 2013. *World Population Prospects: The 2012 Revision*. New York <http://esa.un.org/unpd/wpp/Documentation/publications.htm> [accesso del 18.11.2013]

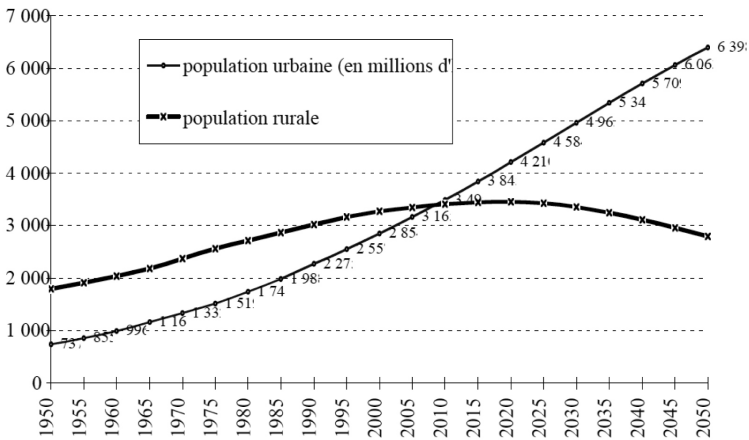


Figura 7. Popolazione urbana e rurale nel Mondo

Fonte: G-F. Dumont, <http://www.bcge.ch/pdf/essentiel-finance-2011-dumont-demographie.pdf> [accesso del 18.11.2013]

Tabella 1. Produzioni e consumi totali di carne e latte nel mondo (milioni di t)

	2005/2007		2010	2050
	Produzioni (a)	Consumi (a)	Consumi (b)	Consumi (b)
Tutte le carni	258		269	464
Carne bovina	64	62	67	106
Carne ovina	13	13	13	24
Carne suina	100	100	102	141
Carne avicola	82	82	86	193
Latte	664		657	1038

(a) Fonte: Alexandratos N., Bruinsma J. 2012. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. ESA Working paper No. 12-03. Rome, FAO

(b) Fonte: FAO. 2011. *World Livestock 2011 – Livestock in food security*. Rome, FAO