

INTERVENTI DI CONTROLLO NUMERICO DELLE POPOLAZIONI RECETTIVE E DINAMICA DELLE INFEZIONI

Guberti V., Zamboni L., Corrain R.

Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica - Via Ca' Fornacetta, 9 - 40064 Ozzano E. (BO)

Riassunto - Il presente lavoro analizza le strategie e le tecniche utilizzate nella gestione sanitaria della fauna selvatica in Italia. Il depopolamento è la tecnica utilizzata più frequentemente con l'intento di ridurre sia la prevalenza sia l'incidenza delle infezioni. Tuttavia questa tecnica spesso determina risultati poco efficaci quando non del tutto contrari a quelli attesi. Viene proposta una semplice metodologia da applicarsi nel controllo o nell'eradicazione delle malattie trasmissibili nella fauna selvatica. L'intera popolazione deve essere il target dell'intervento, evitando di effettuare distinzioni, spesso irrealizzabili, tra animali infettanti, ammalati, sani o immuni. La popolazione in cui si vuole intervenire deve rappresentare il serbatoio epidemiologico dell'infezione da sottoporre a controllo (ad esempio le volpi e la rabbia). La malattia che si vuole controllare deve essere rilevante o dal punto di vista economico (Lista A dell'O.I.E.), o da quello di sanità pubblica (zoonosi) o dal punto di vista conservazionistico (rogna nel camoscio). I fattori di rischio intrinseci alla popolazioni che favoriscono la persistenza dell'agente eziologico devono essere attentamente riconosciuti (ad esempio alterazioni della naturale struttura per classi di sesso e di età, densità). L'intervento primario dovrà essere indirizzato nel rimuovere i fattori di rischio responsabili del mantenimento dell'infezione nella popolazione. Qualora non sia possibile modificare significativamente i fattori di rischio è possibile attuare un intervento di depopolamento. L'intervento di depopolamento dovrà raggiungere la densità soglia di trasmissione dell'infezione che si vuole controllare o eradicare, in caso contrario viene favorito il fenomeno dell'endemizzazione. Strategie alternative quali la vaccinazione, far nulla o modificare i sistemi di caccia o quelli di allevamento degli animali da reddito simpatrici devono essere attentamente valutati ed eventualmente applicati.

Abstract - Host depopulation and dynamic of infectious diseases in wildlife. This paper analyses strategies and techniques applied in Italy for controlling or eradicating wildlife diseases. Very often the usual intervention is represented by depopulation aimed in reducing both prevalence and incidence. However depopulation results in very poor, sometimes adverse, effects on diseases diffusion and persistence. A very simple framework is proposed for wildlife diseases control or eradication. The whole population should be the target of any interventions and thus avoiding misleading distinction between infectious, diseased, healthy and immune individuals. The wild population must be the epidemiological reservoir of the infection to be controlled (i.e. fox and rabies). The diseases has to be relevant for economical (A list O.I.E.) sanitary (zoonoses) or conservation (mange in Chamois) reasons. The population intrinsic risk factors allowing infection persistence have to be assessed (i.e. disrupted age and gender classes, density). The infection should be contrasted managing and modifying the risk factors. Whenever risk factors cannot be managed, depopulation can be performed. Depopulation must reach the host population threshold density for extinction/eradication of the infection, otherwise endemic stability will be favoured. Alternative strategies such as vaccination, sit and wait, modifying hunting or livestock management have to be accurately explored.

J. Mt. Ecol., 7 (Suppl.): 75- 84

1. Introduzione

L'attuale gestione delle infezioni negli animali selvatici trae la sua origine da due ben distinte linee di pensiero, quella veterinaria e quella venatoria e, il più delle volte, utilizza come intervento sanitario il depopolamento, ovvero il controllo numerico delle popolazioni recettive. Esistono, in realtà, altri strumenti sanitari (es. vaccinazione e terapia) applicati normalmente agli animali domestici, ma, poiché in passato si è ricorsi esclusivamente all'abbattimento degli animali ammalati nella convinzione di eliminare le infezioni (Henderson, 1982; Fernández-Morán *et al.*, 1997), è importante discutere l'efficacia di questo tipo di intervento e se veramente rappresenti l'unica possibilità di management delle infezioni diffusibili nelle

specie selvatiche. L'impostazione veterinaria estende pedissequamente agli animali selvatici tecniche e principi messi a punto nei domestici. Pur introducendo concetti quali eradicazione, controllo, sorveglianza, l'obiettivo, anche nella fauna selvatica, è rappresentato esclusivamente dalla malattia/infezione senza considerare l'ecologia del rapporto ospite/parassita né la fattibilità e la congruità degli interventi.

L'approccio venatorio, basato principalmente su osservazioni empiriche, viene attuato astraendosi da concetti quali eradicazione e controllo, trascurando eventuali ripercussioni sanitarie e conservazionistiche ed intervenendo unicamente su specie cacciabili presenti ad elevata densità.

Entrambi gli approcci, sebbene a diversi livelli, sono volti a combattere le infezioni attraverso

l'identificazione ed eliminazione dei singoli soggetti ammalati o sospetti di esserlo.

Viene quindi abbattuto il camoscio affetto da cheratocongiuntivite infettiva per impedire che possa trasmetterla ulteriormente, così come viene incenerito il cinghiale positivo per la presenza di virus pestoso.

In sostanza l'attività di controllo viene rivolta, seppur indirettamente, verso l'agente eziologico ed i singoli soggetti vengono considerati come banali contenitori.

Nelle specie domestiche la facile identificazione dei singoli individui, la possibilità di sequestrare gli allevamenti in attesa delle risposte di laboratorio, la determinazione di zone infette nelle quali limitare la movimentazione di animali e di mezzi hanno reso possibile il successo dei piani di controllo/eradicazione. Una volta estesa ai selvatici, l'impostazione verso il singolo individuo è rimasta inalterata; tuttavia nelle popolazioni a vita libera non è possibile vincolare gli animali ad un'area infetta, effettuare controlli individuali né distruggere prontamente ogni animale infetto.

Nelle popolazioni domestiche allevate in modo intensivo molte delle caratteristiche legate all'ospite possono essere di fatto trascurate perché non condizionano il successo del controllo. In termini pratici la difficoltà di controllo delle medesime infezioni all'interno di popolazioni domestiche allo stato brado o semi-brado (molto più simili per certi aspetti alle popolazioni selvatiche) dimostra l'importanza di tali caratteristiche nella dinamica dell'infezione e, di conseguenza, nella reale possibilità di controllarla.

Una popolazione selvatica è infatti caratterizzata da (Begon *et al.*, 1989):

- ampi areali di distribuzione;
- densità difficilmente note;
- notevole sensibilità nei confronti dei fattori abiotici e biotici (clima, disponibilità trofiche, fenomeni di competizione e predazione, ecc) in grado di modificarne la consistenza (direttamente o indirettamente in funzione di fattori densità-dipendenti) ed il comportamento (modificazione dell'home range e dell'areale di distribuzione);
- rapporti intra ed interspecifici con altre popolazioni selvatiche o con popolazioni domestiche allo stato brado.

Tali fattori, in un contesto di infezione/controllo, concorrono a complicare la dinamica dell'infezione in sé e, di conseguenza, anche le attività di monitoraggio e management.

Il parziale vuoto legislativo che regola gli interventi di tipo sanitario nelle popolazioni a vita

libera dipende probabilmente dalla negazione delle specifiche peculiarità che caratterizzano il rapporto ospite-parassita da un lato e, dall'altro, dalla scarsa rilevanza che alcune infezioni assumono dal punto di vista della Sanità Pubblica.

Il ricorso al depopolamento in caso di infezione nelle popolazioni selvatiche è possibile, ma è prima necessario analizzare attentamente i fattori che consentono la persistenza di una infezione, acquisire conoscenze specifiche sulle caratteristiche intrinseche dell'agente eziologico (Beaglehole *et al.*, 1994), sulla popolazione ospite e sulle tecniche da adottare, stabilire a priori l'obiettivo da perseguire previa un'analisi critica del rapporto "costi-benefici". Il presente lavoro vuole quindi essere una disamina dei possibili effetti della riduzione numerica della popolazione ospite nel caso in cui non siano considerati importanti aspetti teorici, sanitari e conservazionistici.

2. Condizioni di persistenza o estinzione di infezioni sostenute da microparassiti

La riduzione della densità della popolazione ospite (depopolamento) si fonda sul principio che, aumentando il tempo di contatto tra animale infetto e recettivo, sia possibile modificare il rapporto tra numero di infetti e numero di recettivi rallentando o addirittura arrestando la trasmissione dell'infezione.

Poichè l'ingresso di un agente patogeno in una popolazione totalmente recettiva determina un progressivo aumento del numero di infetti e una contemporanea riduzione del numero di recettivi fino al momento in cui non esiste più un numero di recettivi sufficiente a garantire l'ulteriore trasmissione dell'infezione (Anderson & May, 1991), è evidente che il mantenimento della stessa dipende dal numero di individui recettivi. L'evoluzione di qualsiasi infezione in termini di persistenza o estinzione dipende, in particolare, dalla dimensione iniziale della popolazione recettiva e dal reclutamento di nuovi individui recettivi nel corso dell'epidemia.

Tuttavia, in tale contesto, qualsiasi evento di tipo numerico (numero di infetti, recettivi, immuni) dovrebbe essere messo in relazione con il fattore tempo, inteso come principale elemento dinamico dell'evoluzione delle infezioni. Quest'ultimo va specialmente riferito a:

1) *Velocità di reclutamento di nuovi recettivi*

Intesa come velocità di comparsa di individui recettivi per nascita, perdita dell'immunità e immigrazione, è funzione, per quanto riguarda in particolare i nuovi nati, del tasso di fertilità della specie ospite, della durata della stagione

riproduttiva e del turn over, naturale o artificiale, cui la popolazione è sottoposta. Emblematico è il caso del cinghiale nel quale l'elevata fertilità, la lunga stagione riproduttiva (circa 8 mesi), il turn over indotto dalla pressione venatoria e di controllo, fanno sì che il pool dei recettivi venga continuamente rinnovato consentendo così la persistenza delle infezioni.

2) *Durata dell'immunità*

Premesso che nelle infezioni sostenute da microparassiti la principale difesa dell'organismo ospite è rappresentata dall'immunità umorale (Nokes, 1992), il fatto che questa possa proteggere l'animale per tutta la vita o solo per un periodo di tempo limitato condiziona il mantenimento dell'infezione appena insorta e la dinamica di successive infezioni.

Un'immunità di breve durata, quale l'immunità materna o vaccinale, ad esempio, contribuisce largamente ad incrementare il pool dei recettivi facilitando la persistenza dell'infezione. Al contrario, una protezione che dura tutta la vita del soggetto guarito condurrà ad una progressiva diminuzione del numero di recettivi.

3) *Periodo in cui insorgono i primi casi d'infezione rispetto al calendario biologico della specie ospite*

Indipendentemente dalla durata della stagione riproduttiva un'infezione avrà maggiori o minori probabilità di diffondersi e mantenersi all'interno della popolazione a seconda che insorga, rispettivamente, prima o dopo la stagione riproduttiva.

Se, ad esempio, un'infezione è caratterizzata da un'iniziale fase epidemica della durata di circa 6 mesi ed insorge in una popolazione di capriolo durante l'estate (ovvero dopo la stagione riproduttiva) si diffonderà in una popolazione di dimensioni costanti e potrà facilmente estinguersi prima della comparsa dei nuovi nati dell'anno successivo. Al contrario, se la stessa infezione insorge alla fine dell'inverno, avrà maggiori probabilità di mantenersi grazie ai nuovi nati di maggio-giugno.

4) *Durata del periodo infettante*

Un individuo infetto viene considerato infettante per tutto l'arco di tempo in cui elimina l'agente eziologico garantendone la trasmissione (Anderson & May, 1991). Se, ad esempio, la durata del periodo infettante è molto breve (poche ore), i contatti con gli individui recettivi saranno possibili solo a densità elevate. Al contrario, se la capacità infettante si protrae per settimane o mesi le probabilità di trasmettere l'infezione saranno elevatissime anche in popolazioni molto disperse sul territorio.

5) *Velocità di trasmissione dell'infezione all'inter-*

no della popolazione ospite

È intesa come velocità alla quale si formano nuovi individui infetti ed è funzione della capacità dell'agente eziologico di diffondersi più o meno rapidamente da ospite a ospite. Infezioni altamente diffusibili e contagiose (es. Peste suina classica, Afta epizootica) (Blood et al., 1983) colpiscono in breve tempo tutta la popolazione e la loro possibilità di persistere dipende dalla densità della popolazione recettiva.

Viceversa infezioni che necessitano di tempi di esposizione molto prolungati per potersi trasmettere (es. rogna del camoscio) riescono a permanere a lungo anche a densità molto basse. Tali concetti vengono generalmente espressi in termini maggiormente analitici utilizzando il concetto di numero riproduttivo di base (R_0) (Anderson & May, 1991) e di densità soglia (Kermack & McKendrick, 1927; Anderson, 1991).

Il management delle infezioni diffusibili negli animali selvatici è infatti complicato dalla replicazione dell'agente eziologico all'interno dell'organismo ospite e dalla sua conseguente trasmissione ad altri individui recettivi in funzione delle diverse modalità di eliminazione (Wobeser, 1994).

La "riproduzione" o "successo di trasmissione" dell'agente eziologico è noto in epidemiologia come R_0 e rappresenta il numero medio di infezioni secondarie conseguenti all'introduzione di un individuo infetto in una popolazione totalmente recettiva (Anderson & May, 1991). Quando l'introduzione di un individuo infetto genera in media 1 caso secondario ($R_0=1$) l'infezione viene considerata endemica. Valori di R_0 superiori o inferiori garantiscono, rispettivamente, il mantenimento o l'estinzione della stessa.

Poiché, in generale, R_0 è direttamente proporzionale al numero di ospiti recettivi ($R_0=N/N_T$; N rappresenta il totale della popolazione ospite ed N_T la densità soglia), la condizione di estinzione di un'infezione ($R_0<1$) si verifica solo quando la densità della popolazione ospite scende al di sotto di un valore limite di individui ($N<N_T$) tale per cui la distanza tra infetto e recettivo impedisce un'ulteriore trasmissione dell'infezione (concetto di densità soglia di estinzione dell'infezione). Se, ad esempio, un animale è infettante per 3 giorni, la densità soglia è quella densità di recettivi tale per cui l'infettante non incontra un recettivo prima di 3 giorni.

Il mancato raggiungimento della densità soglia esiterà semplicemente in un rallentamento della trasmissione dell'infezione (con diminu-

zione della prevalenza e dell'incidenza) senza mai condurre alla sua estinzione.

3. Il depopolamento come strumento sanitario dell'eradicazione e/o del controllo

In termini di management è possibile scegliere di eliminare completamente un'infezione dalla popolazione ospite e dall'ambiente (eradicazione) o ammettere la persistenza della stessa a livelli accettabili (controllo) (Ademollo e Boldrini, 1975; Webber, 1996). Il controllo numerico della popolazione ospite (depopolamento) rappresenta uno dei possibili strumenti sanitari utilizzabili per raggiungere questi due obiettivi.

In particolare viene definita eradicazione l'eliminazione totale di una infezione dagli ospiti e dall'ambiente, in tempi brevi, ovunque questa sia presente attuando un processo del tipo tutto o niente (Schnurrenberger *et al.*, 1987; Wobeser, 1994; Webber, 1996). Poichè ogni infezione ha propri e caratteristici tempi di eliminazione (la tubercolosi bovina richiede tempi più lunghi rispetto all'afte epizootica), è necessario valutare a priori la convenienza e la realizzabilità di un processo di eradicazione che necessariamente dovrà protrarsi a lungo nel tempo.

Nel caso in cui non sia necessaria la totale eliminazione dell'agente eziologico è possibile tentare di attenuare semplicemente gli effetti dell'infezione sulla dinamica della popolazione ospite. Il controllo consiste nella riduzione dell'incidenza e della prevalenza di una specifica infezione allo scopo di limitarne l'impatto a carico della popolazione colpita o nell'ambito dei focolai (Wobeser, 1994).

E' necessario sottolineare, tuttavia, che controllo ed eradicazione non sono espressione di un diverso grado di depopolamento (l'eradicazione non è il risultato di un controllo particolarmente intenso, né il controllo deriva dal fallimento dell'eradicazione), bensì rappresentano due tipi di management ben distinti nei concetti, negli scopi e nelle tecniche (Webber, 1996; Schnurrenberger *et al.*, 1987).

L'eradicazione deve avvenire in tempi brevi; la sorveglianza, ovvero la ricerca attiva dell'agente eziologico anche ottenuta l'eradicazione, deve essere accurata, intensa e protrarsi a lungo dopo l'ultimo caso d'infezione; i sistemi adottati prevedono verifiche a priori e a posteriori.

Il controllo, al contrario, può essere protratto a lungo, non prevede attività di prevenzione e sorveglianza nè una stringente valutazione dei risultati raggiunti.

Approssimandosi al livello di prevalenza prefis-

sato, le misure di controllo possono allentarsi; nell'ambito di un progetto di eradicazione, al contrario, quando i casi d'infezione diminuiscono o scendono al di sotto della soglia di rilevazione è necessario un investimento superiore per individuare l'infezione residua (Webber, 1996). L'esperienza dimostra che i primi dieci casi sono sempre più facilmente eliminabili degli ultimi dieci (Schnurrenberger *et al.*, 1987).

4. Quali infezioni eradicare e quali controllare nelle popolazioni selvatiche?

La normativa che regola gli aspetti zoonosanitari ed i metodi di profilassi delle malattie animali, nell'indicare quali debbano essere le infezioni da eradicare, fa soprattutto riferimento alla Lista A dell'O.I.E.

Sono comprese in questa lista le malattie trasmissibili che hanno la possibilità di diffondersi in modo grave indipendentemente dai confini nazionali, che determinano gravi conseguenze socio-economiche o sulla salute pubblica e che rivestono notevole importanza per il commercio internazionale di animali e loro prodotti (Office International des Epizooties, 1993). In caso di focolai sono previsti provvedimenti d'urgenza volti all'estinzione delle infezioni nel più breve tempo possibile, pena l'interdizione degli scambi commerciali con gli altri Stati membri dell'Unione Europea e non.

La lista comprende per la maggior parte malattie considerate esotiche per l'Italia, fatta eccezione per la PSC, la PSA e l'Afte epizootica. Quest'ultime sono le uniche infezioni soggette a piani di eradicazione (in Italia) anche nelle specie selvatiche (Afte epizootica - "animali delle specie sensibili: ogni ruminante o suino, domestico o selvatico, che si trovi in un'azienda"; biungulati selvatici (D.P.R. 1° marzo 1992, n.229 art.1);

Pesti suine - "suino selvatico: qualsiasi animale della famiglia dei suidi che non è allevato o tenuto in azienda" (D.P.R. 17 maggio 1996, n.363 art.1).

Il vuoto legislativo tuttavia sussiste, in quanto non vengono date indicazioni precise riguardo gli animali a vita libera, lasciando quindi supporre che a questi si debbano estendere i provvedimenti previsti per le specie domestiche (Afte epizootica) oppure, nel migliore dei casi (Peste suina classica), viene suggerita una generica "riduzione della popolazione dei suini selvatici a mezzo dell'attività venatoria" (D.P.R. 17 maggio 1996, n. 363 art. 10 comma 5 lettera e) o, nel caso della PSA, "il diradamento dei suini selvatici" (O.M. 6 febbraio 1997 art1 comma 4).

La normativa mette in particolare evidenza le restrizioni da applicarsi al commercio di animali e/o prodotti potenzialmente responsabili di diffondere le malattie in questione; non sembra considerare, tuttavia, il ruolo epidemiologico delle specie selvatiche, trascurando la possibilità che queste possano anche non mantenere le infezioni, ma solo segnalare la presenza sul territorio (es. afta nel capriolo).

I tentativi di eradicazione, ad esempio, dell'Afta epizootica e della brucellosi nel bovino tramite il depopolamento della popolazione di cervo (Wobeser, 1994; Moore & Schnurrenberger, 1981) sono risultati fallimentari perchè il cervo non è serbatoio bensì solo un epifenomeno.

Per quanto riguarda le malattie non contemplate dalla Lista A, ma ugualmente sottoposte a piani di eradicazione in Italia, la normativa si rivela essere estremamente vaga e, pur essendoci i riferimenti alle specie oggetto dei provvedimenti sanitari, mancano poi i testi legislativi che la legge stessa invita a seguire.

Casi esemplificativi sono rappresentati dalla tubercolosi e dalla brucellosi.

Tubercolosi bovina e bufalina - D.M.15 dicembre 1995, n. 592 art.16 comma 1 "nei casi in cui l'unità sanitaria competente per territorio ritiene che l'eventuale presenza di individui infetti di *altre specie* può compromettere l'esito dei programmi di eradicazione della tubercolosi, deve adottare nei confronti di ciascuna specie le misure previste dalle specifiche norme vigenti".

Brucellosi bovina - D.M.27 agosto 1994, n. 651 art. 20 comma 1 "[...] l'unità sanitaria competente per territorio dovrà adottare nei confronti di ciascuna specie le misure previste dalle specifiche norme vigenti, integrate, se necessario, dalle misure previste dal presente regolamento". Premesso questo, è possibile affermare che, indipendentemente dalla tecnica utilizzata, siano da eradicare le zoonosi e le infezioni comuni agli animali domestici soggette a denuncia obbligatoria e a specifici piani di eradicazione e che riconoscono i selvatici come possibile serbatoio epidemiologico.

Questo non significa che tutte le infezioni che rispondono a questi requisiti debbano essere obbligatoriamente eradicare (nulla è obbligatorio finché non sancito da una legge), ma che, nel momento in cui si opta per l'eradicazione, tali requisiti devono rappresentare una *conditio sine qua non*. In particolare è fondamentale per il successo dell'eradicazione che la specie selvatica rappresenti il principale serbatoio epidemiologico.

Per quanto riguarda invece l'attenuazione dell'impatto dell'infezione sulla popolazione ospite, dovrebbero essere sottoposte a controllo esclusivamente le infezioni non soggette a piani ufficiali di eradicazione, che riconoscono i selvatici come principale serbatoio e che colpiscono unicamente specie oggetto di attività venatoria.

5. Tecniche utilizzate nel depopolamento delle specie selvatiche a scopo sanitario

Qualora lo scopo del depopolamento sia l'eradicazione di una specifica infezione vengono abbattuti tutti gli animali (indipendentemente dal fatto che siano infetti o meno) fino al raggiungimento della densità soglia di estinzione (il numero di animali da abbattere deve essere pari a N_T+1).

Il controllo delle infezioni viene effettuato tramite una riduzione della densità degli ospiti di tipo selettivo o di tipo globale (Wobeser, 1994).

La riduzione selettiva della densità dovrebbe consistere nell'abbattimento dei soli soggetti infettanti, ossia eliminatori dell'agente eziologico. La riduzione globale della densità dovrebbe invece essere attuata abbattendo indiscriminatamente gli animali sani, infetti e sospetti infetti.

In realtà quello che viene fatto, da un punto di vista pratico, non è né un controllo selettivo propriamente detto né un controllo globale. Si abbattano gli animali ritenuti infetti e quelli sospettati di esserlo (perchè spazialmente vicini agli infetti), senza tuttavia colpire gli animali sani ad eccezione di quelli abbattuti durante la normale attività venatoria. In altre parole la consueta attività venatoria rimane separata dall'attività sanitaria, integrando semplicemente il piano di abbattimento con i cosiddetti "tiri sanitari" o addirittura abbattendo gli animali infetti al di fuori del piano di abbattimento.

La condizione di infetto non viene giudicata utilizzando test diagnostici, bensì sulla base di sintomi clinici evidenti a distanza o di particolari comportamenti dell'animale che fanno sospettare una patologia. Si tratta quindi di una valutazione puramente visiva la cui accuratezza è compromessa dalla distanza alla quale viene effettuata, dalla preparazione culturale di chi la esegue e dalla soggettività intrinseca che la caratterizza. Una valutazione di questo tipo, inoltre, non consente di discriminare gli animali realmente infettanti da quelli che, pur presentando sintomi clinicamente evidenti, non sono più eliminatori dell'agente patogeno.

6. Quali conoscenze sono necessarie per programmare piani di eradicazione e di controllo?

Nella maggior parte dei casi il controllo numerico della popolazione ospite è stato fatto su base empirica, senza conoscere la densità della popolazione stessa o il grado di riduzione necessario per raggiungere l'effetto desiderato (Wobeser, 1994). Poichè tale atteggiamento ha spesso condotto all'insuccesso dell'attività di management, è necessario che ogni piano di eradicazione o controllo presupponga l'acquisizione a priori di specifiche conoscenze relative all'agente eziologico e alla specie ospite.

In particolare è importante avere precise nozioni riguardo a:

A) Ruolo epidemiologico della specie selvatica. Se la specie selvatica non rappresenta il serbatoio dell'infezione, bensì un epifenomeno (es. capriolo per brucellosi bovina) o un amplificatore (es. cinghiale per afta epizootica) (Hone & Pech, 1990) qualsiasi tentativo di eradicazione/controllo risulterà inefficace perchè non indirizzato verso la specie in grado di mantenere l'infezione.

Il problema riveste particolare importanza nel caso in cui il serbatoio sia rappresentato da una o più specie domestiche (o solo da queste) oppure da una specie selvatica non oggetto di attività venatoria (es. tasso per tubercolosi bovina) (White & Harris, 1995).

B) Prevalenza e incidenza dell'infezione.

La conoscenza di questi semplici parametri epidemiologici consente di sapere in quale fase si trova l'infezione, di ipotizzarne la possibile evoluzione, di calcolare la densità soglia, l'entità del controllo e, soprattutto, di valutare l'opportunità o meno dello stesso (quanto senso ha, ad esempio, controllare un'infezione con prevalenza pari al 5-10%?).

C) Caratteristiche intrinseche dell'agente eziologico (modalità e velocità di trasmissione, vie di eliminazione, durata ed entità dell'eliminazione, sopravvivenza in ambiente esterno, in ospiti intermedi o vettori).

La riduzione della densità della popolazione ospite risulta essere più efficace nei confronti delle infezioni che si trasmettono per contatto diretto piuttosto che verso quelle trasmesse, ad esempio, per via sessuale, attraverso vettori o l'ambiente (malattie telluriche) (Webber, 1996). Per lo stesso motivo la resistenza dell'agente patogeno all'esterno dell'ospite (ospiti intermedi, vettori, ambiente) può rappresentare un serio ostacolo al processo di eradicazione/controllo.

Infezioni caratterizzate da un lungo periodo

infettante e ridotta velocità di trasmissione persistono più facilmente all'interno della popolazione e, come tali, sono più difficilmente controllabili.

La rogna sarcopatica del camoscio, ad esempio, conduce a morte l'ospite dopo 2-3 mesi dall'avvenuto contatto con individui infetti, la durata dell'epidemia è di circa 3-4.5 anni con un fronte di avanzamento di 3-5 Km/anno (Rossi *et al.*, 1995). L'acaro responsabile di questa parassitosi non resiste in ambiente esterno più di 24-48 h (Burgess, 1994), ciononostante la lunga durata del periodo infettante consente all'infezione di persistere anche riducendo enormemente la densità degli ospiti.

D) Biologia dell'ospite (home-range, fenomeni di immigrazione-emigrazione, tasso intrinseco d'accrescimento, tasso di fertilità, tipo di riproduzione e durata della stagione riproduttiva, turn over).

Tutti gli elementi connessi con la biologia dell'ospite sono fondamentali per poter comprendere la dinamica dell'infezione, le possibilità di persistenza e la sua eventuale diffusione a zone limitrofe.

E) Dimensione e distribuzione dell'intera popolazione a rischio d'infezione

Conoscere dimensione e densità della popolazione ospite consente di calcolare correttamente la quota di animali da abbattere (Anderson *et al.*, 1981); nel caso particolare dell'eradicazione è necessario comprendere nel programma l'intera popolazione a rischio, superando i confini politici e tenendo conto piuttosto delle barriere naturali o artificiali.

F) Impatto dell'infezione sulla popolazione ospite (tipo di impatto, entità)

Si intende per impatto qualsiasi ripercussione che la presenza dell'infezione determina a livello di popolazione ospite. Un'infezione può ripercuotersi negativamente sulla dinamica di popolazione compromettendo semplicemente le condizioni di salute dell'ospite (macroparassiti, fasi iniziali di infezioni croniche da microparassiti, esempio paratubercolosi), riducendone le capacità riproduttive (malattie croniche da microparassiti, tricomonomiosi nella lepre) o provocandone la morte.

L'esigenza di un controllo viene normalmente avvertita in quest'ultimo caso, ovvero quando gli animali morti per malattia assumono proporzioni tali da allarmare non solo gli operatori del settore, ma anche l'opinione pubblica.

L'epidemia di rogna sarcopatica verificatasi in Spagna (Sierra di Cazorla) nel 1995 ha sterminato nell'arco di 3 anni la popolazione residente

di stambecco spagnolo (*Capra pyrenaica*) riducendola a 250 capi rispetto ad una popolazione originaria di 10.000 capi (León-Vizcaíno, 1990). Conoscere l'esatta entità dell'impatto impedisce di incorrere in errori di sovrastima quando si tenta di valutare l'impatto a priori sulla base degli animali ritenuti infetti. Non è sempre vero, infatti, che tutti gli animali infetti moriranno, quindi, non considerando la quota di animali che possono guarire, si rischia di programmare uno sforzo di controllo eccessivo rispetto al reale impatto. In questo caso la mortalità da controllo non è più sostitutiva, bensì aggiuntiva rispetto alla letalità (mortalità negli infetti) e si hanno più morti di quelli che ne avrebbe causato la malattia.

In caso di epidemia da cheratocongiuntivite nel camoscio la percentuale di animali infetti (prevalenza) è pari circa all'80-100%, di questi il 70% sviluppa un'immunità che, oltre a proteggerli dall'infezione in atto, li preserva da possibili reinfezioni. Un controllo calcolato esclusivamente sulla prevalenza fa sì che i camosci morti per cheratocongiuntivite non siano solo un 30% bensì il 50-70%.

G) Percentuale di individui recettivi, immuni e infetti.

L'evoluzione di una infezione sostenuta da microparassiti dipende strettamente dal rapporto che si instaura tra la percentuale di individui recettivi, infetti ed immuni; è quindi inevitabile che una riduzione della densità, globale o selettiva, conduca ad una modificazione di tali rapporti e a conseguenze spesso imprevedibili.

Gli individui recettivi rappresentano, come detto sopra, l'elemento indispensabile per il mantenimento di una infezione. Il loro numero dipende dal tasso di fertilità dell'ospite, dal turn over causato dalla pressione venatoria, da fenomeni di immigrazione spontanea o indotta dalla presenza di aree sottopopolate, dal tempo di scomparsa degli anticorpi protettivi.

Gli individui infetti sono l'elemento scatenante per il verificarsi di una epidemia, ma contemporaneamente rappresentano l'ostacolo ad una sua ulteriore diffusione nella percentuale in cui diventano immuni o muoiono.

Per questi motivi è importante conoscere:

- tipo di immunità indotta dall'agente eziologico;
- durata dell'immunità;
- percentuale di animali che riesce ad immunizzarsi;
- fase dell'infezione (epidemia in popolazione precedentemente indenne, epidemia in popolazione già venuta a contatto con l'agente eziologico, endemia);

- stato della popolazione precedente la fase epidemica che si vuole controllare.

7. Effetti di un programma finalizzato al controllo

In generale le conseguenze dell'abbattimento degli animali immuni o degli infetti che guariranno sono:

- riduzione della quota di immuni già esistente;
- riduzione del numero di nuovi immuni (come conseguenza dell'eliminazione degli infetti);
- aumento della quota di recettivi in seguito al turn over.

Tutto ciò si traduce a breve termine in una facilitazione alla permanenza e diffusione dell'infezione anziché in un suo rallentamento e, nel lungo periodo, nell'instaurarsi di una situazione favorevole all'insorgenza di nuove epidemie (popolazione quasi totalmente recettiva). Più in particolare gli effetti del controllo saranno diversi in relazione alla fase dell'infezione.

Caso 1

Controllo di una epidemia insorta in una popolazione totalmente recettiva.

Se si interviene all'inizio dell'epidemia o in coincidenza del picco le categorie più rappresentate sono quelle dei recettivi e degli infetti; un controllo globale consente, in questo caso, di rallentare effettivamente la diffusione dell'infezione.

Al contrario, l'intervento effettuato dopo il picco epidemico troverà una popolazione costituita prevalentemente da infetti, immuni e pochi recettivi, ovvero una situazione avviata già di per sé alla risoluzione. Un controllo globale tenderà a rallentare l'estinzione dell'infezione (endemizzazione) e ad accelerarne la diffusione.

Caso 2

Controllo di una epidemia insorta in una popolazione venuta precedentemente in contatto con l'agente eziologico.

La popolazione è costituita fin dall'inizio non solo da recettivi ed infetti, ma anche da individui immuni. L'effetto di un controllo globale è simile a quello che si ottiene intervenendo in una popolazione indenne dopo il picco epidemico, con la differenza che, abbattendo gli animali infetti, si riducono le possibilità che questi possano esercitare un effetto booster sugli immuni e aumentare così le loro difese.

Caso 3

Controllo di una infezione in fase endemica.

La condizione di endemia, di per sé, presuppone l'esistenza di pochi casi di malattia prevedibili nel tempo. Un intervento di controllo del-

l'infezione in questa fase difficilmente modifica la situazione esistente in termini di prevalenza, conducendo piuttosto ad un aumento della diffusione spaziale dell'infezione.

Anche se, apparentemente, il controllo più efficace è quello effettuato in una popolazione precedentemente indenne all'inizio della fase epidemica, raramente si è intervenuti così tempestivamente. Questo è dovuto principalmente all'impossibilità di individuare in tempo reale la presenza dell'infezione. Nel caso, ad esempio, della rabbia silvestre, la difficoltà nel reperimento di volpi rabide comporta un ritardo di 3-4 mesi nell'individuazione dell'epidemia; nel frattempo si saranno già infettate circa 45 volpi e l'epidemia sarà avanzata di 9-32 Km (Bacon, 1981). Allo stesso modo il rilevamento del primo suino morto per Peste suina classica (in allevamento) non avviene prima di 30 giorni; se si considera che prima dell'allestimento del sequestro e delle varie misure di protezione e sorveglianza un certo numero di animali infetti sarà uscito dall'allevamento, emerge chiaramente l'impossibilità di limitare l'infezione all'allevamento di prima insorgenza.

In ogni caso, ammesso che si riesca ad intervenire al momento giusto, la mortalità viene ripartita tra abbattimenti e letalità; si evidenzia una diminuzione, nel tempo, degli animali morti a causa dell'infezione cui corrisponde un incremento degli animali morti in seguito al controllo. Il risultato è un controllo dell'infezione, non della mortalità in senso lato.

Inoltre, poichè il rallentamento della trasmissione dell'infezione, obiettivo principale del controllo, viene contrastato da una forza uguale e contraria rappresentata dall'incremento dei recettivi (aumentato turn over) e dall'eliminazione degli immuni, la velocità con cui l'infezione continua a diffondersi rimane pressochè inalterata con la differenza che la popolazione è complessivamente più piccola. In una popolazione, ad esempio, costituita da 1000 individui, un'infezione con letalità pari al 20% ne conduce a morte 200, se la popolazione viene ridotta a 500 individui gli animali morti a causa dell'infezione sono solo 100 e quindi la percezione della mortalità risulta minore.

Un'ulteriore complicazione dell'attività di controllo consiste nella creazione di aree a diversa densità.

Nella zona in cui viene effettuato il controllo la densità risulta essere bassa e la popolazione viene a trovarsi molto al di sotto della capacità portante dell'habitat. Al contrario, le zone limitrofe sono caratterizzate da densità relativa-

mente più elevate. In assenza di barriere è estremamente probabile che si creino dei flussi di animali nelle due direzioni. Vi sarà in particolare un flusso di animali sani e infetti verso le zone indenni come conseguenza del disturbo causato dall'attività di controllo ed un flusso contrario di animali sani diretti verso la zona a minor densità. La creazione di aree sottopopolate con abbondanti disponibilità trofiche si traduce, in termini ecologici, in fenomeni di immigrazione "eterospecifici" e, in termini epidemiologici, in una accelerazione della diffusione dell'infezione (nella zona oggetto di controllo) per aumento del pool dei recettivi. Parallelamente la diffusione spaziale dell'infezione comporta l'insorgenza di nuovi focolai in fase epidemica nelle zone confinanti.

Indipendentemente dal fatto che la popolazione sia indenne o abbia memoria di precedenti contatti con l'agente eziologico, un controllo di tipo globale è comunque preferibile a quello selettivo. Quest'ultimo infatti, non prevedendo l'abbattimento degli animali sani (recettivi ed immuni), non rispetta il principio dell'allungamento del tempo di contatto, almeno non in tempi ragionevolmente brevi, ma soprattutto non incide sulla categoria di animali maggiormente responsabili del mantenimento dell'infezione (recettivi). Inoltre, se non si hanno conoscenze precise sul momento in cui avviene l'eliminazione dell'agente eziologico (incubazione, malattia, guarigione) si corre il rischio di abbattere animali non più eliminatori e che quindi non rappresentano più un pericolo da un punto di vista epidemiologico (esempio) o di lasciare sul territorio animali fortemente infettanti (paratubercolosi e adulti portatori subclinici).

8. Effetti di un programma finalizzato all'eradicazione

Se l'obiettivo del programma di depopolamento viene raggiunto (eliminazione dell'agente eziologico dagli ospiti e dall'ambiente per raggiungimento della densità soglia), si ottiene indubbiamente l'eradicazione. Tale evenienza, tuttavia, non si è verificata quando si è tentato di eradicare un'infezione da una popolazione selvatica utilizzando il depopolamento come strumento sanitario. Paradigmatico è il fallimento dell'eradicazione della rabbia silvestre in Europa attraverso il sistematico abbattimento delle volpi presenti sul territorio (Aubert, 1992) o della tubercolosi bovina nel tasso e nell'opossum rispettivamente in Gran Bretagna (White & Harris, 1995; Henderson, 1982; Swin-

ton *et al.*, 1997) e Nuova Zelanda (Roberts, 1996). I motivi di tale insuccesso vanno ricercati in:

- difficoltà di abbattimento di un numero di animali sufficiente a raggiungere la densità soglia;
- caratteristiche biologiche, sociali e comportamentali della specie ospite (Wachendörfer & Frost, 1992);
- fenomeni di emigrazione ed immigrazione;
- difficoltà nel coordinamento spazio-temporale degli abbattimenti.

Il mancato raggiungimento in tempi brevi della densità soglia ha condotto alla diffusione spaziale dell'infezione come effetto, da una parte, del disturbo e, dall'altra, della creazione di zone biologicamente vuote. Il diffondersi dell'infezione ha determinato la comparsa di nuovi focolai in zone non prevedibili, impegnando lo sforzo di eradicazione contemporaneamente su più fronti.

La fallita eradicazione si è tradotta, in breve, in un controllo, o meglio nella trasformazione dell'epidemia in endemia limitatamente alle zone dove era stata intrapresa l'eradicazione e nella contemporanea creazione di focolai in fase epidemica nelle zone, originariamente indenni, nelle quali l'infezione si era diffusa successivamente.

L'impossibilità, storicamente dimostrata (Macdonald, 1980; Wobeser, 1994), di ottenere l'eradicazione di una infezione attraverso la riduzione numerica della popolazione ospite va anche attribuita al rapporto esistente tra trasmissione dell'infezione e intervento esterno. In particolare, per le infezioni caratterizzate da R_0 elevato, esiste un equilibrio instabile tra la velocità di diffusione dell'agente patogeno all'interno della popolazione recettiva e la velocità con cui si riescono ad effettuare gli abbattimenti; l'infezione si diffonde a zone indenni prima di essere riusciti ad eradicarla nella zona di insorgenza.

Nel caso di infezioni caratterizzate da basso R_0 non è importante la velocità di intervento quanto piuttosto il fatto che il valore soglia sia estremamente basso (e quindi difficilmente raggiungibile) (Anderson & May, 1991) e spesso coincidente con l'estinzione locale dell'ospite (es. paratuberculosis nel cervo; rogna nel camoscio).

9. Considerazioni finali

Nel momento in cui si decide di eradicare o controllare un'infezione che colpisce gli animali selvatici non è possibile trasferire pedissequamente le metodologie normalmente applicate

nei domestici. L'intervento sulla densità della popolazione ospite è valido dal punto di vista teorico, ma difficilmente può essere realizzato sul campo.

Un corretto management necessita comunque della conoscenza di dati oggettivi derivanti dallo studio approfondito di ogni specifica situazione, evitando generalizzazioni poco realistiche e spesso controproducenti.

Da un punto di vista gestionale l'unico vantaggio oggettivamente è il mantenimento dell'attività venatoria. Tuttavia la popolazione ospite rimane molto al di sotto della capacità portante dell'habitat, fatto che si traduce, nel medio termine, in una netta riduzione della quota di animali cacciabili. Inoltre, nel caso in cui la soglia di estinzione dell'infezione sia particolarmente bassa o sia necessario un imponente sforzo d'abbattimento per rallentare la trasmissione dell'infezione, è possibile che la popolazione ospite vada incontro a fenomeni di estinzione, eventualità allarmante nel caso si tratti di specie minacciate.

E' importante sottolineare, infine, che il controllo numerico non è assolutamente identificabile con la normale attività venatoria, poiché presuppone uno sforzo notevolmente più intenso, prolungato nel tempo e mirato.

Da un punto di vista sanitario, il controllo tende all'endemizzazione dell'infezione aumentando le probabilità che questa si possa diffondere spazialmente (riproponendo il problema in altre zone) e ad altre specie simpatriche (riproponendo il problema in altre specie).

L'ingente riduzione della densità degli ospiti, conseguente agli abbattimenti, aumenterà il turn over della popolazione innalzando la quota di animali recettivi; poiché a questo si accompagna anche l'eliminazione degli individui immuni o che guariranno, è evidente che, nel tentativo di rallentare la trasmissione dell'infezione, si favorirà invece l'instaurarsi di una situazione favorevole alla trasmissione della stessa.

Nel caso di infezioni per le quali esiste una resistenza di tipo individuale (Pence *et al.*, 1983), l'abbattimento degli animali resistenti impedirà il selezionarsi di una futura popolazione resistente.

Se lo scopo del management è l'eradicazione, ovvero il raggiungimento della densità soglia di estinzione, è dimostrato che questa può essere ottenuta non solo attraverso gli abbattimenti, ma anche, e soprattutto, con l'immunità di popolazione (naturale o vaccinale).

In qualsiasi caso e a prescindere dagli scopi, un

management di questo tipo (controllo numerico) interferisce pesantemente con la naturale evoluzione del rapporto ospite-parassita, con importanti ripercussioni ecologiche se si tratta, in particolare, di aree protette.

E' possibile affermare, per concludere, che in alcuni casi particolari le ripercussioni dell'infezione a livello di dinamica di popolazione possono essere limitate ricorrendo non al controllo numerico, bensì alla sospensione temporanea dell'attività venatoria.

Bibliografia

- ADEMOLLO A. & BOLDRINI G. (1975) - *Controllo delle malattie trasmissibili degli animali*. Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche, La Nuova Cartografica, Brescia.
- ANDERSON R. M., JACKSON H.C., MAY R. M. & SMITH A. M. (1981) - Population dynamics of fox rabies in Europe. *Nature*, 289: 765-770.
- ANDERSON R.M. & MAY R.M. (1991) - *Infectious diseases of humans. Dynamics and Control*. Oxford Science Publications, Oxford.
- ANDERSON R.M. (1991) - Discussion: the Kermack-McKendrick epidemic threshold theorem. *Bull. Math. Biol.*, 53: 3-32.
- AUBERT M. (1992) - Epidemiology of fox rabies. In: Bogel K., Meslin F. X. & Kaplan M.(Eds.) *Wildlife rabies control*. Wells Medical Ltd, Kent.
- BACON P.J. (1981) - The consequences of unreported fox rabies. *J. Environ. Manage.*, 13:195.
- BEAGLEHOLE R., BONITA R. & KJELLSTROM T. (1994) - *Basic epidemiology*. World Health Organization, Geneva.
- BEGON M., HARPER J.L. & TOWNSEND C.R. (1989) - *Ecologia. Individui, popolazioni, comunità*. Zanichelli, Bologna.
- BENAZZI P. (1994) - *Il regolamento di polizia veterinaria Approvato con D.P.R. 8-2-1954 N. 320. Annotato, integrato ed aggiornato al 12-1-1994*. Società editrice Esculapio, Bologna.
- BENAZZI P. (1997) - *Il regolamento di polizia veterinaria Approvato con D.P.R. 8-2-1954 N. 320. Aggiornamento al 31-7-1997*. Società editrice Esculapio, Bologna.
- BLOOD D.C., RADOSTITS O.M.. & HENDERSON J.A. (1983) - *Veterinary Medicine*. Baillière Tindall, London.
- BURGESS I. (1994) - *Sarcoptes scabiei* and Scabies. *Adv. Parasit.*, 33: 235-292.
- FERNÁNDEZ-MORÁN J., GÓMEZ S., BALLESTEROS F., QUIRÓS P., BENITO J.L., FELIU C. & NIETO J. M. (1997) - Epizootiology of sarcoptic mange in a population of cantabrian chamois (*Rupicapra pyrenaica parva*) in Northwestern Spain. *Vet. Paras.*, 73: 163-171.
- HENDERSON W. M. (1982) - The control of disease in wildlife when a threat to man and farm livestock. In: Edwards M. A. & McDonnell U. (ed.) *Animal disease in relation to animal conservation. Symp. zool. Soc. Lond.*, 50: 287-297.

- HONE J. & PECH R. (1990) - Disease surveillance in wildlife with emphasis on detecting foot and mouth disease in feral pigs. *J. Environ. Manage.*, 31: 173-183.
- KERMACK W. O. & MCKENDRICK A.G. (1927) - A contribution to the mathematical theory of epidemics. *Proc. R. Soc., A*, 115: 700-721.
- KREBS J. R., ANDERSON R. M., CLUTTON-BROCK T., DONNELLY C. A., FROST S., MORRISON W. I., WOODROFFE R. & YOUNG D. (1998) - Badgers and bovine TB: conflicts between conservation and health. *Science*, 279: 817-818.
- LEÓN-VIZCAÍNO L. (1990) - Patología de la sarna de la cabra montés en Cazorla. *Quercus*, 50:22.
- MACDONALD D.W., 1980 - *Rabies and wildlife a biologist's perspective*. Oxford University Press, Oxford.
- MOORE C.G. & SCHNURRENBERGER P.R. (1981) - A review of naturally occurring *Brucella abortus* infections in wild animals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 179: 1105-1112.
- NOKES J. D. (1992) - Microparasites: viruses and bacteria. pp: 349-374. In: Crawley M.J. (ed.) *Natural Enemies*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- OFFICE INTERNATIONALE DES ÉPIZOOTIES (1993) - *Santé animale mondiale. Rapports sur la situation zoo-sanitaire et les méthodes de prophylaxie des maladies animales et Foyers de maladies de la Liste A - Statistiques. Tome 1*. Office International des épi-zooties, Paris.
- PENCE D. B., WINDEBERG L.A, PENCE B.C. & SPROWLS P. (1983) - The epizootiology and pathology of sarcoptic mange in coyotes, *Canis latrans*, from South Texas. *J. Parasit.*, 69: 1100-1115.
- ROBERTS M. G. (1996) - The dynamics of bovine tuberculosis in possum population and its eradication or control by culling or vaccination. *J. Anim. Ecol.*, 65: 451-464.
- ROSSI L., MENEGUZ P. G., DE MARTIN P. & RODOLFI M. (1995) - The epizootiology of sarcoptic mange in chamois, *Rupicapra rupicapra*, from the Italian Eastern Alps. *Parassitologia*, 37: 233-240.
- SCHNURRENBERGER P. R., SHARMAN R. S. & WISE G. H. (1987) - *Attacking animal diseases. Concepts and strategies for control and eradication*. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- SWINTON J., TUYTTENS F., MACDONALD D., NOKES D.J., CHEESEMAN C. L. & CLIFTON-HADLEY R. (1997) - A comparison of fertility control and lethal control of bovine tuberculosis in badger: the impact of perturbation induced transmission. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 352: 619-631.
- WACHENDÖRFER G. & FROST J.W. (1992) - Epidemiology of red fox rabies: a review. In: Bogel K., Meslin F. X. & Kaplan M.(ed.) *Wildlife rabies control*. Wells Medical Ltd, Kent.
- WEBBER R. (1996) - *Communicable disease epidemiology and control*. Cambridge University Press, Cambridge.
- WHITE P.C.L. & HARRIS S. (1995) - Bovine tuberculosis in badger (*Meles meles*) populations in southwest England: an assessment of past, present and possible future control strategies using simulation modelling. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 349: 415-432.
- WOBESER G. A. (1994) - *Investigation and management of disease in wild animals*. Plenum Press, New York.