UNIVERSITÀ DELLA VALLE D'AOSTA

UNIVERSITÉ DE LA VALLÉE D'AOSTE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE UMANE

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE DELLA FORMAZIONE PRIMARIA

ANNO ACCADEMICO 2023/2024

TESI DI LAUREA

Ecologia di popolazioni e demografia umana nella scuola primaria

DOCENTE RELATORE: Prof. Martin Dodman

STUDENTE: Laurent Martinet 19 A05 188

INDICE

INTRODUZIONE…….…p. 5

CAPITOLO 1: L'ECOLOGIA DELLE POPOLAZIONI: STRUTTURA, CRESCITA, INTERAZIONI BIOLOGICHE ……..……..p. 7

1.1 La struttura delle popolazioni…….p. 8

1.1.1 Abbondanza……p. 8

1.1.2 Densità……p. 9

1.1.3 Distribuzione……..p.11

1.1.4 Dispersione…….p.14

1.2 La crescita delle popolazioni...……..p.16

1.2.1 Modelli di crescita….……..p.17

1.2.2 Crescita esponenziale..……p.19

1.2.3 Crescita logistica…….p.22

1.3 Le interazioni biologiche……p.27

1.3.1 Competizione……...p.29

1.3.2 Amensalismo……...p.34

1.3.3 Predazione……...p.35

1.3.4 Simbiosi…….……..p.40

1.3.5 Parassitismo…….p.41

1.3.6 Mutualismo……..p.47

1.3.7 Commensalismo……..p.50

CAPITOLO 2: LA DEMOGRAFIA DELLE POPOLAZIONI UMANE…….p.52

2.1 Lo studio della demografia……,p.53

2.2 Crescita e povertà……...p.54

2.2.1 Mortalità……..p.58

2.2.2 Fecondità……p.60

2.3 Relazione aumento demografico e attività umana...p.61

2.3.1 Spazio……..p.64

2.3.2 Clima……...p.67

2.3.3 Cibo…….p.69

2.3.4 Malattie……p.71

2.3.5 Migrazioni……...p.73

2.3.6 Acqua……...p.74

2.3.7 Miniere……p.77

2.4 Sfruttamento come forma di parassitismo……p.78

2.5 L'attuale dinamica della demografia umana…….p.83

2.5.1 Declino della fecondità……..p.83

2.5.2 La popolazione umana sta invecchiando?.....p.87

2.5.3 I numeri del futuro…….p.89

CAPITOLO 3: POPOLAZIONI E DEMOGRAFIA UMANA NELLA SCUOLA PRIMARIA
……..…..p.93

3.1 Attività 1 Proteggere le foreste…….p.95

3.2 Attività 2 Competizione e predazione ……....p.99

3.3 Attività 3 Le trasformazioni demografiche……...p.102

3.4 Attività 4 Le forme moderne di schiavitù……..p.105

3.45 Attività 5 Le migrazioni……p.110

BIBLIOGRAFIA……p.114

INTRODUZIONE

Durante il mio percorso universitario ho avuto l'opportunità di seguire diversi corsi stimolanti, che mi hanno permesso di approfondire tematiche di grande interesse e di acquisire competenze fondamentali per la mia crescita professionale. In particolare, ho apprezzato il corso di Ecologia che mi ha fornito una panoramica generale sulla scienza dell'ecologia, la scienza che studia le interazioni e le relazioni tra gli organismi viventi e il loro ambiente fisico. Il termine ecologia deriva dalle parole greche οἶκος, oikos, e λόγος, logos. Oikos, esprime significati differenti come "casa", "ambiente" e "luogo in cui vivere". Il termine logos, invece, originariamente significava "parola", da cui deriva "discorso" e, per estensione, "studio" e anche "scienza". È quindi la scienza che studia le condizioni di esistenza degli esseri viventi e le interazioni di ogni tipo tra questi e l'ambiente in cui vivono.

Durante questo corso ho potuto quindi affrontare argomenti differenti, come le caratteristiche, relazioni e trasformazioni di organismi, popolazioni, comunità ed ecosistemi, dei cicli biogeochimici e della biodiversità. Oltretutto ho potuto riflettere su fenomeni quali il cambiamento climatico, la perdita della biodiversità e il concetto di sostenibilità. Tra questi temi ho apprezzato particolarmente il concetto di popolazione in ecologia, ragione per cui ho deciso di focalizzare la mia tesi proprio su questo argomento. Mi ha colpito particolarmente il fatto che, spesso, quando si sente parlare di popolazione, è comune focalizzare subito l'attenzione sulla popolazione umana.

Tuttavia, tale concetto si può estendere ad ogni organismo vivente poiché come verrà approfondito nel corso dei capitoli, una popolazione è definita come un gruppo di individui della stessa specie che occupa una data area in un dato intervallo di tempo. Inoltre, ho trovato interessante il concetto di interazione biologica che permette di comprendere come le specie non si possono considerare come isolate, ma interagiscono in vari modi con l'obiettivo di procurarsi le risorse elementari indispensabili per la crescita e la riproduzione. Infine, ho deciso di approfondire la popolazione umana evidenziando le connessioni tra due discipline, l'ecologia e la demografia, che, sebbene appartenenti ad ambiti differenti, si intrecciano profondamente.

La tesi si articola in tre capitoli principali. Il primo capitolo dal titolo "L'ecologia delle popolazioni: struttura, crescita, interazioni biologiche", si

apre con un'introduzione generale sul concetto di popolazione in ecologia, partendo dalla sua definizione e analizzando le principali caratteristiche che la contraddistinguono quali l'abbondanza, la densità, la distribuzione, e la dispersione.

Successivamente, viene analizzato il concetto di crescita di una popolazione, approfondendo due modelli di crescita in particolare: crescita esponenziale e crescita logistica. Descrivendo il modello di crescita logistica viene anche introdotta la definizione di capacità portante, evidenziando come la crescita di una popolazione possa essere limitata dalla disponibilità di risorse. Infine, un altro aspetto fondamentale trattato in questo capitolo riguarda le interazioni biologiche che si instaurano tra gli organismi. In particolare, viene condotta un'analisi dettagliata su interazioni differenti: la competizione, l'amensalismo, la predazione, la simbiosi, il parassitismo, il mutualismo e il commensalismo, sottolineando come ogni interazione biologica produce un effetto sulle specie che vi partecipano.

Il secondo capitolo, invece, dal titolo "La demografia delle popolazioni umane" comincia con un'introduzione sul concetto di demografia e di come il suo oggetto di studio si sia modificato nel corso della storia. In seguito, viene descritto il rapporto presente tra crescita demografica e povertà focalizzando l'attenzione sui livelli di mortalità e di fecondità presenti all'interno dei paesi più poveri.

In aggiunta, un ulteriore approfondimento è stato dedicato alla relazione tra l'incremento demografico e le attività umane, analizzando gli effetti negativi del sovrappopolamento ed evidenziando come l'essere umano, per la sua natura arrogante, tenda a superare ogni limite imposto dalla natura, saccheggiando le risorse abiotiche e sfruttando le risorse biotiche, con conseguenze spesso irreversibili per l'ecosistema. In particolare, sono stati affrontati temi come la deforestazione, la perdita della biodiversità, i cambiamenti climatici, lo sviluppo delle malattie, le migrazioni e lo stress idrico. Infine, nella parte finale del capitolo vengono descritti temi quali il declino della fecondità e l'invecchiamento della popolazione, analizzando le possibili cause e soluzioni. Questa parte finale del capitolo si conclude con l'analisi delle ipotesi riguardanti l'andamento futuro del numero di individui della popolazione umana.

Infine, il terzo capitolo chiude questo lavoro di tesi con la descrizione di alcune proposte didattiche per la scuola primaria sui temi affrontati nel corso di questo elaborato. In particolare, le attività affrontano temi come la deforestazione, la predazione e la competizione, le trasformazioni demografiche, le forme moderne di schiavitù e le migrazioni.

CAPITOLO 1

L'ECOLOGIA DELLE POPOLAZIONI: STRUTTURA, CRESCITA, INTERAZIONI BIOLOGICHE

Il concetto di popolazione rappresenta un elemento cardine dell'ecologia. Esso fornisce le basi per comprendere le dinamiche degli organismi viventi in relazione all'ambiente e alle interazioni tra gli individui di una stessa specie.

"Una popolazione è definita come un gruppo di individui della stessa specie che occupa una data area in un dato intervallo di tempo." (Smith & Smith, 2023, p. 162). I membri della popolazione devono essere quindi interfecondi e devono condividere uno stesso pool genico per garantire l'evoluzione della specie. Inoltre, una popolazione, per essere definita tale, deve avere un confine spaziale definito. Per esempio, si può parlare di popolazione di stambecchi all'interno del Parco Nazionale del Gran Paradiso in Valle d'Aosta e Piemonte o popolazione di trote nel lago di Como.

In aggiunta, è importante precisare il fatto che una popolazione è soggetta ai cambiamenti del tempo e che quindi è necessario circoscrivere una popolazione in un preciso intervallo temporale. Un ottimo esempio per comprendere questo concetto è paragonare la popolazione italiana nel dopoguerra con la popolazione italiana attuale. Questo perché ci sono fattori quali la numerosità degli individui, la distribuzione geografica e la struttura demografica che ci permettono di capire come la popolazione italiana nel dopoguerra sia molto differente da quella attuale. (Smith & Smith, 2023). È utile precisare che i membri di una popolazione interagiscono tra di loro e sono sottoposti alle medesime limitazione dell'ambiente in cui vivono. (Pusceddu et al., 2020).

Per comprendere meglio il concetto di popolazione, è importante distinguere con attenzione la sottile differenza che lo separa dal concetto di specie. Ernst Mayr, biologo e genetista tedesco, nel 1940 utilizza il termine specie per far riferimento a gruppi di individui che sono potenzialmente o effettivamente interfecondi e capaci di generare prole fertile. Una specie

include individui che, pur avendo le potenzialità di riprodursi con successo tra loro, magari nella realtà non lo potranno mai realizzare, perché separati da barriere spaziale e/o temporali (Smith & Smith, 2023, p 162). Il termine specie identifica quindi un concetto generale e astratto, mentre una popolazione rappresenta un gruppo concreto di individui, definito nello spazio e nel tempo, di cui è possibile determinare proprietà misurabili.

1.1 La struttura delle popolazioni

La struttura delle popolazioni può essere analizzata tramite lo studio di alcune variabili come l'abbondanza, la densità, la distribuzione e la dispersione. Ciascuna di queste variabili è interdipendenti con altre come l'età, il rapporto tra sessi, la fecondità, la natalità e la mortalità.

1.1.1 Abbondanza

Una delle principali proprietà misurabili fondamentali per definire la struttura di una popolazione è la sua dimensione. Essa viene definita da due elementi fondamentali: l'abbondanza totale e la densità locale degli individui. L'abbondanza definisce il numero totale di individui di una popolazione ed ha quindi un impatto sostanziale per quanto riguarda le dinamiche del gruppo. (Pusceddu et al., 2020). Per chiarire meglio questo concetto si può far riferimento ad una popolazione con un numero ridotto di individui. Essa è soggetta ad un rischio di estinzione elevato poiché essendoci pochi individui, sarà più complicato individuare un partner di qualità per il processo di riproduzione. Di conseguenza aumenterà la probabilità di "inbreeding, ovvero di incrocio fra individui strettamente imparentati o addirittura consanguinei" (Pusceddu et al., 2020, p 196).

Analizzare il fattore dell'abbondanza permette anche di comprendere come una popolazione è capace di sfruttare l'habitat in cui vive e tutte le risorse ad esso correlato. L'habitat si riferisce all'area specifica in cui vivono gli individui di una determinata popolazione, caratterizzata dall'insieme delle componenti biotiche (biologiche) e abiotiche (fisiche) che ne influenzano la sopravvivenza e la riproduzione. Il termine habitat non bisogna utilizzarlo come sinonimo di ambiente. Questo perché con ambiente si intendono "tutti i fattori biotici e abiotici che interagiscono con un determinato organismo di una determinata popolazione" (Pusceddu et al., 2020, p. 89). In questo caso vengono presi in considerazione i tratti di un organismo e tutte le strategie che utilizza per sperimentare le condizioni dell'habitat. Da queste affermazioni si può quindi dedurre che organismi di due specie differenti possono vivere nello stesso habitat sperimentando due ambienti differenti.

(Pusceddu et al., 2020). Per approfondire questo concetto è utile prendere come esempio due specie di lucertole che vivono in uno stesso habitat desertico. Pur condividendo lo stesso habitat queste due specie hanno abitudini differenti poiché escono per cercare nutrimenti in momenti della giornata differenti: il giorno e la notte. Di conseguenza, sperimentano due ambienti differenti in cui condizioni climatiche, predatori e competitori sono differenti.

Inoltre, anche le condizioni ambientali rivestono un ruolo determinante nel regolare il numero di individui di una popolazione. Ad esempio, periodi prolungati di siccità possono avere un impatto significativo, poiché la riduzione delle risorse disponibili, come acqua e cibo, non è accompagnata da un'immediata diminuzione del numero di individui della popolazione, causando così competizione tra gli individui per le risorse limitate (Smith & Smith, 2023).

1.1.2 Densità

Come affermato in precedenza il concetto di abbondanza è strettamente legato al concetto di densità. Esso viene espresso come il numero medio di individui stimato per unità di area e l'unità spaziale viene selezionata a seconda delle caratteristiche della specie e degli scopi dello studio.

"La densità dipende dalla qualità intrinseca dell'habitat per la specie di riferimento e di quanto l'habitat sia aperto a immigrazione ed emigrazione." (Pusceddu et al., 2020, p.196). La qualità intrinseca si riferisce alla disponibilità di risorse, come cibo, acqua e ripari, mentre l'apertura dell'habitat riguarda la facilità con cui gli individui possono entrare o uscire da quell'area, influenzando così la densità locale. Logicamente, la densità avrà un valore più elevato laddove le risorse sono più abbondanti.

Inoltre, si definisce densità aspecifica la semplice misurazione del numero di individui per unità di area (Smith & Smith, 2023). Tuttavia, questa modalità di misurazione presenta alcuni limiti, poiché gli individui di una popolazione spesso non risultano distribuiti uniformemente all'interno di un'area definita. Inoltre, è possibile che l'area analizzata includa porzioni in cui le condizioni ambientali rendono impossibile la presenza di vita.

In casi in cui la distribuzione di una popolazione risulta irregolare, gli ecologi fanno riferimento alla densità ecologica, "ovvero al numero di individui per unità di spazio vitale disponibile" (Smith & Smith, 2023, p. 165). Ad esempio, per misurare la densità di una popolazione di uccelli noti come Colini della Virginia, dei biologi hanno utilizzato come unità di misura il numero di uccelli per miglio di siepe poiché quest'ultima è l'habitat

preferito da questa specie. Tuttavia, questa misurazione risulta estremamente difficile poiché non è semplice determinare lo spazio vitale di un habitat.

Per calcolare la densità e l'abbondanza di una popolazione, gli ecologi ricorrono a diversi metodi che consentono di ottenere stime campionarie, poiché il conteggio diretto di tutti gli individui di una popolazione risulta generalmente impraticabile.

Uno dei metodi più semplici per il campionamento della vegetazione in ambienti terrestri consiste nel suddividere lo spazio con una griglia costituita da quadrati che hanno lato uguale e di dimensione congrua con quella delle piante da campionare (Pusceddu et al., 2020, p 197). Questo metodo è definito metodo dei quadrati e consiste nel suddividere un'area in quadrati sufficientemente grandi da poter rappresentare l'ambiente che viene preso in considerazione. Successivamente, si procede al conteggio degli individui della specie di interesse presenti all'interno di ciascun quadrato selezionato, ripetendo il procedimento su più quadrati all'interno dell'area delimitata. Per stimare il numero totale di individui presenti nell'intera area, si calcola prima la media del numero di individui rilevati nei quadrati campionati. Questo valore viene poi moltiplicato per il numero totale di quadrati in cui è stata suddivisa l'area, ottenendo così una stima complessiva della popolazione. Infine, per calcolare la densità media, si divide il numero totale stimato di individui per l'area complessiva presa in considerazione. Tuttavia, il modo in cui gli individui di una popolazione sono distribuiti e anche la scelta dei confini dell'area presa in considerazione possono influenzare l'accuratezza dei risultati ottenuti. (Pusceddu et al., 2020; Smith & Smith, 2023).

Oltre al metodo dei quadrati esiste un altro sistema per poter stimare la densità e l'abbondanza di una popolazione. Questa tecnica consiste nella cattura e nel conteggio di una piccola parte della popolazione, da cui si può estrapolare la stima della densità dell'intera popolazione. Essa viene definita come la tecnica marcatura-ricattura e viene utilizzata per campionare specie animali mobili e di difficile individuazione. In questo metodo si utilizzano delle trappole per riuscire a catturare un numero definito di animali (C) di una determinata popolazione. Una volta terminata la fase di cattura, gli animali catturati vengono marcati e successivamente rilasciati all'interno della popolazione. Dopo un periodo di tempo definito, con le stesse tecniche, un altro numero definito di animali (R) della stessa specie viene catturato. Nella nuova cattura ci saranno degli individui marcati (M) e altri senza marcatura. Assumendo che N sia la dimensione incognita della popolazione "si assume che il rapporto N: C sia uguale al rapporto R: M" (Pusceddu et al., 2020)

$$N : C = R : M \quad da\ cui\ si\ ottiene \quad N = \frac{C * R}{M}$$

$N = dimensione\ della\ popolazione$
$C = numero\ animali\ marcati\ nel\ primo\ campionamento$
$R = numero\ totale\ di\ individui\ catturati\ nel\ secondo\ campionamento$
$M = numero\ di\ individui\ marcati\ ricatturati\ nel\ secondo\ campionamento$

Con la formula ottenuta si può ottenere la stima della dimensione relativa di una popolazione. "Questo semplice metodo, singola marcatura-singola ricattura è conosciuto come indice di Lincoln-Petersen" (Smith & Smith, 2023, p.167). Tuttavia, come accade per molti metodi, l'accuratezza dei risultati dipende dal rispetto di alcune condizioni fondamentali. Ad esempio, gli individui marcati e successivamente rilasciati devono mescolarsi in modo casuale con il resto della popolazione, garantendo che il secondo campionamento sia rappresentativo dell'intera popolazione.

Questo implica che il periodo tra il primo e secondo evento di campionamento non sia né così breve da impedire il rimescolamento completo degli individui, né così lungo da alterare la struttura di popolazione tramite eventi di natalità mortalità o migrazioni (Smith & Smith, 2023, p 167).

Ciò nonostante, ci sono specie particolarmente elusive che rendono impraticabile l'applicazione del metodo precedentemente descritto. In questi casi, gli ecologi ricorrono a tecniche alternative, come il censimento di tracce indirette quali impronte, escrementi, tane o nidi. Inoltre, è comune l'utilizzo di fototrappole o videotrappole dotate di telecamere a infrarossi. Per alcune specie di uccelli, invece, la presenza viene rilevata tramite il censimento delle loro vocalizzazioni (Pusceddu et al., 2020; Smith & Smith, 2023).

1.1.3 Distribuzione

Un'altra proprietà fondamentale utile per approfondire il concetto di popolazione è la sua distribuzione. "La distribuzione di una popolazione è il modo in cui i suoi individui sono distribuiti sul territorio" (myZanichelli, n.d. p 4). Questa distribuzione si verifica all'interno di un confine spaziale, il quale definisce il range geografico o areale della popolazione (Smith & Smith, 2023). La distribuzione di una popolazione è influenzata dall'idoneità dell'habitat, ossia dalle caratteristiche ambientali che rendono un'area adatta alla sopravvivenza degli individui. L'area geografica occupata deve, infatti, offrire condizioni ambientali favorevoli e una disponibilità adeguata di risorse. "Per risorse di una popolazione si intendono sia le componenti abiotiche (non viventi) sia le componenti biotiche (viventi) che sostengono

la vita degli organismi" (myZanichelli, n.d., p 4). Tra le risorse essenziali compaiono la luce, l'acqua, lo spazio, il cibo e la presenza di potenziali partner per la riproduzione.

In aggiunta, una specie può essere definita ubiquitaria, se la sua distribuzione è molto ampia, mentre si può definire endemica, se la sua distribuzione è ristretta ad una particolare località. Ad esempio, la pianta dell'Olivo può essere definita una specie ubiquitaria poiché è una pianta diffusa in tutto l'areale Mediterraneo, in sud Africa, nelle isole canarie ed in molti altri luoghi del globo terrestre. Caso contrario, tutte le piante di alta quota come la stella alpina, vengono definite specie endemiche poiché il loro habitat è ristretto e caratterizzato da condizioni ambientali estreme. (Smith & Smith, 2023). Legato al tema della distribuzione, è utile approfondire il concetto di fattori limitanti, cioè, "quegli aspetti ambientali che, in particolare, sono determinanti per stabilire dove un organismo può vivere" (myZanichelli, n.d. p 4). L'altitudine o la latitudine possono essere considerati fattori limitanti della vegetazione arborea. Questo perché a quote elevate dove le temperature sono rigide e l'acqua del suolo è ghiacciata per la maggior parte dell'anno le piante non crescono più.

Esiste quindi un intervallo compreso tra le condizioni fisiche estreme all'interno del quale determinate popolazioni possono crescere e diffondersi che è definito intervallo di tolleranza. Di conseguenza, come sostenuto da Victor E. Shelford nel 1913 con la legge della tolleranza, il fattore nei confronti del quale una specie mostra il minor livello di tolleranza esercita la più forte influenza fisica sulla distribuzione della specie stessa. Può capitare che un'area geografica possieda tutti i requisiti fisici e biologici necessari per la sopravvivenza di una determinata specie. Tuttavia, la presenza di barriere geografiche, regioni biologicamente o fisicamente inospitali per una determinata specie, ostacola o rende impossibile il raggiungimento di tale area da parte degli individui. Esempi significativi di barriere geografiche possono essere deserti, mari e catene montuose che impediscono lo spostamento degli individui tra aree geografiche differenti. È utile precisare che in determinati periodi geologici, quando le condizioni ambientali cambiano, determinate geografiche possono comparire e scomparire.

Analizzare la distribuzione di una popolazione è un dato molto utile per gli ecologi poiché può fornire un'idea sulla disponibilità delle risorse e sull'interazione tra gli individui. Essa può avvenire secondo modelli differenti. Si può parlare di distribuzione casuale o randomizzata quando la posizione di ogni individuo è indipendente da quella degli altri, ovvero quando gli individui non manifestano né attrazione né repulsione reciproca. Questo è uno dei modelli più rari da trovare in natura.

Al contrario, la distribuzione è uniforme quando gli individui sono distanziati tra loro più o meno regolarmente, disponendosi ad una distanza maggiore rispetto a quella attesa se si distribuissero in modo casuale (Smith & Smith, 2023, p.171). Questo modello di distribuzione è dovuto a forme d'interazione negative tra individui di una popolazione e spesso lo si può trovare nelle popolazioni di piante dove la competizione per acqua, luce e altre risorse è molto intensa.

Infine, quando gli individui di una popolazione si presentano in gruppi, la distribuzione viene definita raggruppata o aggregata. In questo caso gli individui evitano ambienti inospitali aggregandosi in aree dove è presente una maggiore disponibilità di cibo e rifugi (Smith & Smith, 2023). Ad esempio, nella savana è presente un arbusto chiamato *Euclea divinorum* che presenta una distribuzione aggregata. Questo perché esso sfrutta il microhabitat ombreggiato presente sotto la chioma dell'Acacia che è caratterizzato da un terreno ricco di nutrienti.

Figura 1.1 Modelli di distribuzione di una popolazione, uniforme, randomizzata e raggruppata Fonte: Libretexts (n.d.), General Biology (Boundless)

Come analizzato in precedenza, gli individui di una popolazione possono presentare differenti modelli di distribuzione, i quali possono offrire vantaggi, ma anche comportare potenziali svantaggi. Una distribuzione aggregata consente di ottimizzare il recupero delle risorse, come accade nei lupi, predatori che adottano strategie di caccia collettiva. Questa organizzazione, inoltre, favorisce lo sviluppo di società altamente strutturate, come le colonie di formiche, dove le attività sono suddivise tra i vari individui e può anche offrire una maggiore protezione in caso di attacchi da parte di predatori.

Tuttavia, numeri troppo elevati all'interno di una popolazione possono anche risultare svantaggiosi. Questo perché un gruppo con un'alta densità di individui può generare una maggiore competizione per le risorse e un rischio più elevato di diffusione di malattie infettive, che possono compromettere la sopravvivenza della popolazione.

Inoltre, un affollamento smisurato può causare stress eccessivo in un individuo poiché all'interno della popolazione aumentano i contatti sociali

aggressivi. Tale stress scatena cambiamenti ormonali che possono arrestare la crescita, limitare le funzioni riproduttive e ritardare l'attività sessuale; inoltre, possono danneggiare il sistema immunitario e causare la rottura dei globuli bianchi rendendo gli individui più vulnerabili alle malattie (Smith & Smith, 2023).

Al contrario, il modello di distribuzione uniforme è usato da determinate popolazioni come strategia per difendere attivamente l'area che occupano e avere quindi un uso esclusivo delle risorse. In questo specifico caso gli individui applicano comportamenti specifici per difendere il proprio territorio. Questo modello è definito territorialismo (Smith & Smith, 2023). Gli uccelli, ad esempio, utilizzano canti, richiami e segnali intimidatori, come spiegare le ali, per difendere il loro territorio. I mammiferi, invece, tendono a adottare comportamenti come attaccare gli intrusi o marcare il territorio con odori, feci e urina, al fine di avvisare i rivali e definire i confini del proprio territorio.

Quando si fa riferimento ad una popolazione è importante evidenziare che questa può suddividersi a sua volta in sub-popolazioni, separate da habitat non idonei. Nel 1970 il genetista Richard Levins introdusse il termine metapopolazione per definire l'insieme di queste sub-popolazioni locali.

> Literally, the term "metapopulation" refers to a population of populations, but it is usually defined in a more particular sense as a set of spatially isolated populations linked to one another by dispersal (Bowman & Hacker, 2021, p 363).

1.1.4 Dispersione

Un altro termine fondamentale nello studio di una popolazione è la dispersione ed è definita come il movimento degli individui nello spazio. In questo contesto, si parla di emigrazione quando gli individui si allontanano da una popolazione, mentre si utilizza il termine immigrazione per indicare lo spostamento di individui da una località specifica verso la sub-popolazione.

Per altre specie la dispersione è un processo sistematico di spostamento tra aree chiamato migrazione. Questo movimento può avvenire tramite mezzi di dispersione differenti. I mezzi di dispersione utilizzati da una determinata specie determinano in buona parte quale delle componenti ambientali possono fungere da barriera. Quindi, la distanza dello spostamento dipende dagli agenti di dispersione. La gravità, il vento, l'acqua o altri animali che facilitano lo spostamento degli organismi, solitamente di natura vegetale, di una popolazione vengono definiti mezzi di dispersione passivi. Ad esempio,

numerosi Artropodi Parassiti utilizzano il pelo di altri animali come mezzo per spostarsi in altre aree (zoocoria). Inoltre, molti tipi di ragni, per disperdersi, creano dei paracaduti di tela per riuscire a farsi trasportare dal vento (anemocoria).

Tra i numerosi movimenti di dispersione viene definito processo di dispersione a salto quando alcuni individui di una popolazione riescono a superare una barriera e a formare una popolazione capace di riprodursi. In altri casi, la dispersione di una popolazione può avvenire artificialmente, quando l'uomo introduce una specie in aree distanti dall'areale geografico della sua origine. Queste specie vengono definite specie aliene o alloctone. Quindi, a seguito delle considerazioni precedenti, si può affermare che la dispersione degli individui è una caratteristica chiave delle dinamiche delle metapopolazioni, in cui la colonizzazione implica il movimento di individui da porzione di habitat occupate (popolazioni locali esistenti) a porzioni di habitat non occupate, per formare nuove popolazioni locali (Smith & Smith, 2023).

Un' altra caratteristica fondamentale di una popolazione è la variabilità tra gli individui, ossia le differenze che esistono tra di loro all'interno della stessa popolazione. Essi possono essere raggruppati in fasi significative del ciclo vitale andando a creare dei gruppi sulla base di caratteristiche dipendenti da età e sesso. All'interno di una popolazione gli individui possono essere divisi in tre classi di età o periodi: periodo pre-riproduttivo, riproduttivo e post-riproduttivo. Oppure i membri di una popolazione possono essere suddivisi in gruppi composti da individui di età omogenea, ad esempio neonati, giovani, sub-adulti, adulti, anziani. La valutazione della tendenza evolutiva di una popolazione può essere quindi analizzata con la creazione di piramidi demografiche o piramidi d'età organizzate in classi di età di maschi e femmine. Questi grafici permettono di comprendere la struttura per età di una popolazione in un determinato intervallo di tempo (Pusceddu et al., 2020; Smith & Smith, 2023).

Si utilizza il termine diagramma a piramide quando nel grafico il gruppo più popoloso è quello in età pre-riproduttiva. In questo caso, il tasso di natalità supera quello di mortalità, il che significa che la popolazione continuerà a crescere negli anni successivi. Questo avviene perché il numero di individui che stanno per raggiungere l'età riproduttiva è maggiore rispetto a quelli che la stanno superando. La struttura di questo grafico è quindi progressiva.

Invece, la forma del diagramma viene definita a campana quando il gruppo riproduttivo e pre-riproduttivo assumono la stessa dimensione. Il grafico presenta quindi una situazione d'equilibrio in cui i tassi di natalità e

di mortalità all'incirca si equivalgono. Questo diagramma presenta una situazione stazionaria.

Infine, quando il gruppo pre-riproduttivo assume dimensioni minore del gruppo riproduttivo, cioè quando il tasso di natalità è inferiore al tasso di mortalità il diagramma per età assume la forma di un'anfora. Questa struttura è definita regressiva poiché è come se la popolazione stesse "invecchiando" (myZanichelli, n.d.).

Poiché la riproduzione è limitata a certe classi di età e la mortalità è prevalente in altre, le proporzioni relative con cui sono presenti diversi gruppi di età determinano quanto velocemente o lentamente la popolazione si accresce (Smith & Smith, 2023, p.181).

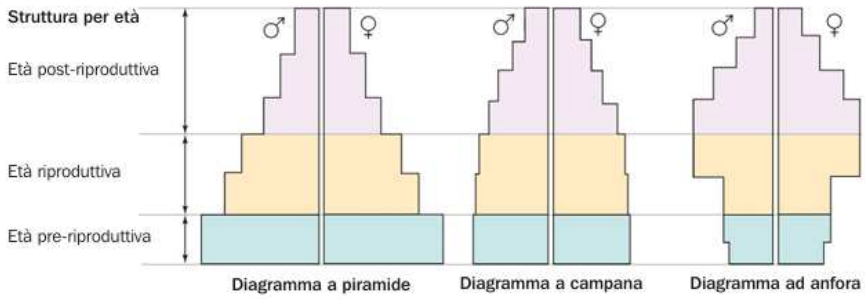

Figura 1.2 Diagrammi della struttura per età di una popolazione Fonte: myZanichelli (n.d.)

Questo sistema di classificazione è utilizzato prevalentemente per gli esseri umani e per gli animali domestici poiché esistono sistemi anagrafici a cui fare riferimento. Tuttavia, è possibile applicarlo ad altre popolazioni andando ad utilizzare metodi differenti per valutare l'età dei membri. Una strategia molto complessa ma accurata utilizzata dagli ecologi è quella di marcare gli individui giovani e seguirne la sopravvivenza nel tempo. Oppure, vengono analizzate le carcasse degli individui per valutarne l'età al momento della morte. Invece, per quanto riguarda le popolazioni vegetali può essere utilizzata, per alberi a crescita stagionale, una procedura chiamata dendrocronologia che consiste nel contare gli anelli di crescita annuale dell'albero.

1.2 La crescita delle popolazioni

Un aspetto molto importante e utile da analizzare per approfondire il concetto di popolazione può essere la sua crescita. "Il termine crescita di una

popolazione si riferisce all'aumento o alla diminuzione del numero di individui che compongono una popolazione nel tempo (Smith & Smith, 2023, p. 212). Questa crescita è determinata dal tasso con cui gli individui si aggiungono alla popolazione, attraverso nascite e immigrazione, e dal tasso con cui la abbandonano, tramite morti ed emigrazione. Viene definita popolazione aperta una popolazione in cui si verificano episodi di immigrazione e/o emigrazione. Al contrario, viene definita popolazione chiusa una popolazione in cui movimenti di immigrazione e/o emigrazione sono assenti o non influenzano la crescita.

1.2.1 Modelli di crescita

Un dato molto importante per approfondire la crescita di una popolazione è definito tasso di crescita e per calcolarlo è necessario determinare in che modo ciascun individuo contribuisca alla crescita della popolazione stessa. Ad esempio, se 100 individui producono un totale di 20 altri individui che, a loro volta, sopravvivono e si riproducono, ne risulta che ciascun individuo produce mediamente 0,2 discenti per generazione. Il valore ottenuto è un dato puramente teorico e astratto che rappresenta il tasso individuale di crescita o tasso intrinseco di crescita.

Il tasso *r* rappresenta il numero di individui prodotti (se $r > 0$) o persi (se $r<0$) per ciascun individuo nell'unità di tempo, ossia è la misura del tasso pro-capite di variazione della dimensione della popolazione in un dato intervallo di tempo (Pusceddu et al., 2020, p 206).

Quindi, in base al valore del tasso individuale di crescita *r*, si può fare una stima sull'andamento di una popolazione. Infatti, se *r* è uguale a 0 la popolazione mantiene una dimensione stabile. Invece, se r assume un valore maggiore di 0 la popolazione cresce. Infine, la popolazione diminuisce le sue dimensioni quando il tasso individuale di crescita è minore di 0. Esso viene definito dalla lettera *r* e può essere calcolato tramite la formula seguente:

$$r = (natalità + immigrazione) - (mortalità + emigrazione)$$

Per calcolare i tassi di natalità, immigrazione, mortalità ed emigrazione è sufficiente fare il rapporto tra il numero di nascite, morti, immigrazioni o emigrazioni e il numero della popolazione. Ad esempio, il tasso di natalità è dato dalla formula seguente:

$$b = \frac{B}{N}$$

$b = tasso\ di\ natalit$à
$B\ (born) =\ numero\ di\ nuovi\ nati$
$N = numeri\ degli\ individui\ della\ popolazione$

Applicando le formule inverse si riuscirà a calcolare anche il valore di *B* *(B = b x N)* e il valore di N *(N = b / B)*.

Per descrivere e prevedere il cambiamento del numero di individui nel tempo di una popolazione si utilizzano dei modelli. "Un modello è una rappresentazione matematica, fisica o concettuale che rappresenta un fenomeno complesso al fine di comprenderlo, descriverlo, e prevederne meglio gli effetti" (Pusceddu et al., 2020, p 201). Lo studio di una popolazione mediante l'utilizzo di modelli viene definita demoecologia o ecologia delle popolazioni, una scienza predittiva. Infatti, con questi modelli gli studiosi cercano di predire la dimensione di una popolazione in momenti successivi a quello iniziale. (Pusceddu et al., 2020).

Per analizzare una popolazione è utile distinguerne due tipologie in base al momento in cui gli individui di una popolazione si riproducono. Una popolazione viene definita discreta nel tempo o stagionale, quando tutti gli individui si riproducono contemporaneamente o nella stessa stagione: si parla di riproduzione sincrona. (Pusceddu et al., 2020). Esempi di riproduzione stagionale si possono osservare in popolazioni di uccelli come merli e gazze, oppure in popolazioni di mammiferi come lupi e orsi. Le popolazioni con una riproduzione di questo tipo presentano picchi di abbondanza, con un aumento degli individui, seguito da una diminuzione molto ripida alla quale segue un nuovo ciclo di riproduzione sincrona. L'andamento della curva di crescita di questa categoria di popolazione è definito a denti di sega o rise and crash (Pusceddu et al., 2020).

Al contrario, quando gli individui di una popolazione non si riproducono tutti nello stesso momento ma la probabilità è la stessa in qualsiasi periodo dell'anno si utilizza il termine popolazione con riproduzione continua. In questo caso le generazioni potranno sovrapporsi tra loro. La riproduzione continua è tipica degli esseri umani e di molti tipi di vertebrati. (Pusceddu et al., 2020). Tuttavia, questi due tipi di riproduzione sono due estremi di strategie differenti. Questo perché in natura esistono molti casi intermedi, dovuti a strategie evolutive in risposta a condizioni ambientali e pressioni dovute a interazioni biologiche.

Come affermato in precedenza le popolazioni possono variare di numero. Questa variazione dipende da input e output che influenzano la popolazione in modo significativo. Gli input, come suggerisce la parola, sono quei fattori

come le natalità e l'immigrazione che aggiungono individui portando una crescita nella popolazione. Al contrario, gli output, come possono essere mortalità ed emigrazione, causano la perdita di individui nella popolazione. (Pusceddu, et al. 2020). Questi fattori, se combinati tra loro, comportano una variazione dell'abbondanza di una popolazione. Il modello che rappresenta questo cambiamento è descritto dalla seguente formula:

$$(N_{t+1}) = N_t + B - D + I - E$$

$(N_{t+1}) = numero\ di\ individui\ al\ tempo\ t + 1$
$N_t = numero\ di\ individui\ al\ tempo\ t$
$B\ (born) = numero\ di\ nuovi\ nati\ nel\ tempo\ t + 1$
$D\ (dead) = numero\ di\ individui\ morti\ nel\ tempo\ t + 1$
$I = numero\ di\ individui\ immigrati\ da\ un'altra\ popolazione\ nel\ tempo\ t + 1$
$E\ = numero\ di\ individui\ emigrati\ verso\ altre\ popolazione\ nel\ tempo\ t + 1$

1.2.2 Crescita esponenziale

In questo specifico modello di crescita la riproduzione della popolazione è continua, di conseguenza l'intervallo di tempo tra una nascita e l'altra è molto piccolo. Inoltre, il modello di crescita esponenziale che verrà analizzato in seguito farà riferimento ad una popolazione chiusa dove il tasso di crescita *r* è considerato costante per semplificare il modello. Quindi, prendendo in considerazione una popolazione in cui sono assenti fenomeni di immigrazione ed emigrazione, il valore del tasso intrinseco di crescita sarà dato solamente dalla differenza tra i tassi di natalità e mortalità *(b - d)* (Pusceddu et al., 2020). Il modello di crescita esponenziale può essere rappresentato graficamente, esprimendo su scala aritmetica la variazione del numero di individui *(N)* in funzione del tempo *(t).* Come suggerisce il nome, in questa tipo di crescita, le dimensioni della popolazione aumentano in modo esponenziale e la curva diventa progressivamente più ripida. In aggiunta, la curva di questo modello presenta due fasi distinte. La prima fase è definita fase di latenza poiché il numero di individui della popolazione è molto ridotto. Invece, quando la crescita accelera in accordo con il potenziale biotico si utilizza il termine fase esponenziale. (myZanichelli, n.d.)

Inoltre, la variazione del numero di individui *(dN),* che avviene in un periodo di tempo infinitamente breve *(dt)* può essere espresso dal rapporto *(dN) / (dt).* Quindi, questo rapporto indica il ritmo di crescita in un momento preciso, quanto la popolazione cresce in quel preciso istante. Per calcolarlo è necessario utilizzare la seguente equazione differenziale:

$$\frac{dN}{dt} = r * N$$

$\frac{dN}{dt} = velocità\ di\ accrescimento\ di\ una\ popolazione\ in\ un\ istante\ preciso$
$r = tasso\ intrinseco\ di\ crescita\ (b - d)$
$N = dimensione\ della\ popolazione$

Questa equazione rappresenta il più semplice modello di accrescimento di una popolazione e ci dice che il tasso di accrescimento di una popolazione *dN/dt* è proporzionale a *r* (Pusceddu et al., 2020, p 207).

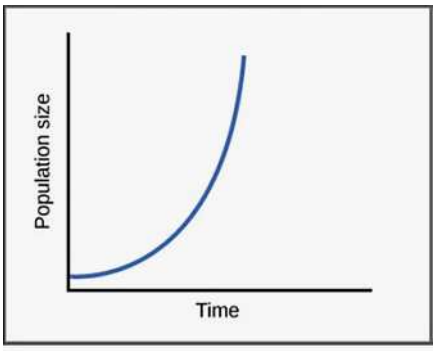

Figura 1.3 Modello di crescita esponenziale Fonte: Libretexts (n.d.), General Biology (Boundless)

Di conseguenza, il tasso di crescita dN/dt di una popolazione è costantemente accelerato o decelerato, in funzione della dimensione della popolazione. Tuttavia, questa equazione rappresenta solamente la dinamica temporale di accrescimento di una popolazione. Quindi, per riuscire a fare predizioni sulle dimensioni della popolazione per ogni tempo t, in condizioni di crescita esponenziale, è necessario integrare l'equazione differenziale presentata precedentemente (Smith & Smith, 2023). La nuova equazione fornirà il valore esatto della popolazione N(t) al tempo t, partendo da una popolazione iniziale N(0). Il risultato dell'integrazione è il seguente:

$$N_t = N_0 * e^{rt}$$

$N_t = dimensioni\ della\ popolazione\ al\ tempo\ t$
$N_0 = dimensioni\ iniziale\ della\ popolazione$
$e = base\ dei\ logaritmi\ naturali\ con\ valore\ 2{,}178$
$r = tasso\ intrinseco\ di\ crescita\ (b - d\ )$
$t\ = tempo$

Per utilizzare questa formula su un'ipotetica specie è però necessario rispettare alcune assunzioni fondamentali (Pusceddu, et al. 2020). In primo luogo, come affermato in precedenza, la popolazione deve essere chiusa ai processi migratori; quindi, solamente le nascite e le morti locali influenzeranno le sue dimensioni. Inoltre, i tassi di natalità (b) e (d) e mortalità devono essere costanti, non deve esserci nessun elemento esterno come malattie ed eventi naturali a influenzarli.

In seguito, le risorse devono essere illimitate poiché la competizione per le risorse potrebbe alterare il tasso di crescita. Infine, l'ultima caratteristica che deve essere rispettata per poter applicare l'equazione descritta in precedenza è che gli individui della popolazione devono essere geneticamente identici. Essi devono riprodursi per via asessuata un processo nel quale non intervengono delle cellule sessualmente specializzate (i gameti). Di conseguenza, la prole generata per via asessuata risulterà geneticamente identica ai genitori e sarà costituita da cloni. Oppure, la riproduzione può avvenire per via sessuata partenogenica caratterizzata dal fatto che la cellula-uovo si sviluppa senza essere stata fecondata (Pusceddu et al., 2020).

Tuttavia, in natura è difficile che tutte queste assunzioni vengano rispettate. Infatti, difficilmente si riescono a trovare esempi di risorse illimitate e conseguenti crescite esponenziali di popolazioni. Ciò nonostante, le popolazioni possono attraversare fasi di incremento esponenziale. Questo è il caso di specie alloctone che, una volta raggiunto un nuovo sito in cui ci sono risorse in abbondanza e pochissimi competitori, mostrano un accrescimento esponenziale immediato seguito però da una fase di declino. (Pusceddu et al., 2020). Il declino si verifica quando il numero di individui di una popolazione si avvicina al limite massimo sostenibile dalle risorse disponibili, intensificando la competizione tra di essi.

Inoltre, in natura, esistono un numero elevato di fattori ambientali e biologici, complessi e difficilmente prevedibili, che possono influenzare il reale accrescimento di una popolazione. Di conseguenza, il tasso di crescita r non è costante ma influenzato da questi fattori. Queste cause biologiche ed ecologiche di natura stocastica possono essere raggruppate in due categorie quali variabili stocastiche ambientali e variabili stocastiche demografiche (Pusceddu et al., 2020). Con variabili ambientali si intendono cambiamenti repentini ed estremi delle condizioni climatiche che possono influire sulla crescita della popolazione. Al contrario, le variabili stocastiche demografiche sono fattori casuali dipendenti dalla densità degli individui della popolazione. Ad esempio, si può considerare il fatto che la casualità nella proporzione tra maschi e femmine nati può influenzare il potenziale

riproduttivo. Oppure, che i tassi di natalità e mortalità possono essere influenzati anche da fattori come la competizione per cibo e spazio.

Quindi, un aspetto fondamentale da considerare è che, nonostante la crescita esponenziale sia teoricamente possibile, essa è limitata dalle risorse e dalle condizioni ambientali e biologiche. Sebbene il numero di individui di una popolazione non sia in grado di crescere indefinitamente, tutte le popolazioni hanno il potenziale per accrescersi esponenzialmente (Pusceddu et al., 2020, p 210).

1.2.3 Crescita logistica

Come descritto in precedenza, nel sistema naturale le popolazioni, se non in particolari fasi della loro vita, non seguono un accrescimento esponenziale.

Nella maggior parte dei casi, in natura, una popolazione si sviluppa in uno spazio con risorse limitate. Questo limite comporta una riduzione dell'energia disponibile per ciascun individuo, influenzando negativamente la capacità riproduttiva e limitando, di conseguenza, la crescita della popolazione (Pusceddu et al., 2020). Esso "genera un effetto negativo sulle performance funzionali individuali: fertilità e longevità (tratti individuali) iniziano a diminuire e la mortalità aumenta" (Pusceddu et al., 2020, p 218). Quindi, il declino relativo di queste risorse può essere concepito come un aumento della resistenza dell'ambiente. Inoltre, anche la competizione per spazio e risorse determinerà un numero minore di nascite e di giovani che arrivano alla maturità sessuale.

In questo modello di crescita logistica, la curva di crescita, definita appunto logistica, può assumere talvolta una forma a *S.* In questa curva si possono delineare 4 fasi distinte. La fase di latenza è la prima fase in cui il numero degli individui della popolazione è molto piccolo. Successivamente si verifica una fase esponenziale dove, in accordo con il potenziale biotico, la crescita accelera. Questa accelerazione è seguita però da una fase di decelerazione in cui la crescita della popolazione è più lenta poiché è aumentata notevolmente la competizione tra gli individui per le risorse. Infine, l'ultima fase è definita fase di equilibrio stabile in cui all'incirca il numero di nuovi nati è uguale al numero di morti. (myZanichelli, n.d.) Possiamo pertanto affermare che, quando le risorse diventano limitanti, il tasso di natalità tende a diminuire al crescere della densità e, viceversa, il tasso di mortalità tende ad aumentare (Pusceddu et al., 2020, p 218).

Le linee che rappresentano la variazione del tasso di natalità e mortalità possono essere espresse con delle funzioni lineari semplici. Le equazioni che

definiscono il tasso di natalità e il tasso di mortalità in un ambiente limitato sono espresse dalle funzioni seguenti:

$$b = b_0 - h * N$$

$b = tasso\ di\ natalit\grave{a}\ alla\ densit\grave{a}\ N$
$b_0 = tasso\ di\ natalit\grave{a}\ massimo\ raggiunto\ con\ risorse\ illimitate$
$h = costante\ che\ indica\ la\ variazione\ del\ tasso\ di\ natalit\grave{a}\ in\ funzione\ di\ N$
$(pendenza\ retta)$
$N = dimensione\ della\ popolazione$

$$d = d_0 + k * N$$

$d = tasso\ di\ mortalit\grave{a}\ alla\ densit\grave{a}\ N$
$d_0 = tasso\ di\ mortalit\grave{a}\ minimo\ raggiunto\ con\ risorse\ illimitate\ (N\ vicino\ a\ 0)$
$k = costante\ che\ indica\ la\ variazione\ del\ tasso\ di\ mortalit\grave{a}\ in\ funzione\ di\ N$
$(pendenza\ retta)$
$N = dimensione\ della\ popolazione$

Avendo ottenuto i nuovi valori che assumono il tasso di crescita e di natalità in questo tipo di ambiente in cui le risorse disponibile limitano la crescita della popolazione, si può riscrivere l'equazione (4) del modello di crescita esponenziale (dN/dt = (b – d) x N) includendo le variazioni del tasso di natalità e mortalità in funzione della dimensione della popolazione.

$$\frac{dN}{dt} = [(b_0 - h * N) - (d_0 + k * N)] * N$$

Risolvendo l'equazione si ottiene la formula che esprime il modello di crescita logistica di una popolazione:

$$\frac{dN}{dt} = rN * (1 - \frac{N}{K})$$

$\frac{dN}{dt} = tasso\ di\ variazione\ della\ popolazione\ rispetto\ al\ tempo$
$r = tasso\ intrinseco\ di\ crescita$
$K = asintoto\ superiore\ o\ il\ massimo\ valore\ che\ N\ raggiunge\ quando$
$l'accrescimento\ \grave{e}\ nullo$
$N = dimensione\ della\ popolazione$

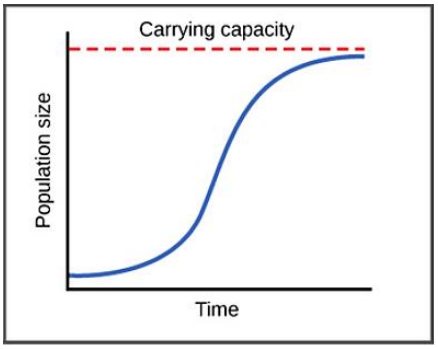

Figura 1.4 Modello di crescita logistica Fonte: Libretexts (n.d.), General Biology (Boundless)

In questa formula si può osservare un nuovo elemento indicato con la lettera K. Esso definisce il concetto di capacità portante, vale a dire la dimensione massima sostenibile della popolazione in determinate condizioni ambientali, funzione della disponibilità di risorse (per esempio cibo, acqua, spazio ecc.) (Smith & Smith, 2023, p 234).

Questa equazione logistica descrive quindi che una popolazione che cresce in un ambiente limitato raggiungerà un numero massimo di individui (*K*) definito capacità portante. In corrispondenza di tale valore i tassi di natalità e di mortalità si equivalgono e la crescita si assesta attorno al valore 0 (Pusceddu et al., 2020). Per comprendere meglio questo concetto si può paragonare la capacità portante a un puzzle in cui le tessere rappresentano gli individui di una popolazione. Ogni tessera è quindi necessaria per completare il puzzle in modo funzionale. Quando la popolazione cresce in modo esponenziale, le tessere, vale a dire gli individui, cominciano a essere troppo numerose rispetto a quelle necessarie per completare il puzzle. In altre parole, la crescita supera la capacità portante, cioè i limiti naturali dell'ambiente, portando inevitabilmente a squilibri, conflitti e una diminuzione delle risorse vitali. (Pusceddu et al., 2020).

Inoltre, all'interno dell'equazione è presente anche la seguente espressione: ($1- N/K$). Quest'ultima rappresenta invece l'opportunità non utilizzata per la crescita della popolazione, cioè la parte di capacità portante che non è ancora stata utilizzata. Questo termine è pertanto l'inverso della resistenza dell'ambiente. Infatti, quando la dimensione di una popolazione è piccola, l'opportunità non utilizzata per la crescita è elevata e la resistenza dell'ambiente è bassa. Al contrario quando la dimensione di una popolazione è grande, l'opportunità non utilizzata per la crescita è bassa e la resistenza dell'ambiente è elevata.

Quando la densità di popolazione (N) è bassa rispetto alla capacità portante (K), il termine (1-N/K) si avvicina a 1 e la popolazione cresce seguendo il modello esponenziale (rN); tuttavia, al crescere della popolazione e per N che si avvicina a K, il termine (1- N/K) tende a 0, rallentando la crescita. Se la densità superasse K, la crescita diventerebbe negativa e la densità di popolazione scenderebbe verso il valore corrispondente alla capacità portante (Smith & Smith, 2023, p 234).

Come per il modello di crescita esponenziale, per esprimere la dimensione della popolazione in funzione del tempo si può integrare l'equazione di crescita logistica:

$$N_t = \frac{K}{1 + \frac{(K - N_0)}{N_o} * e^{-rt}}$$

$N_t = dimensioni\ della\ popolazione\ al\ tempo\ t$
$N_0 = dimensioni\ iniziale\ della\ popolazione$
$e = base\ dei\ logaritmi\ naturali\ con\ valore\ 2{,}178$
$r = tasso\ intrinseco\ di\ crescita$
$t = tempo$
$K = capacità\ portante$

Questa nuova equazione fornirà il valore esatto della popolazione N(t) al tempo t, partendo da una popolazione iniziale N(0).

La forma sigmoide dell'accrescimento logistico assume che K sia costante per un determinato ambiente, e quindi che le risorse diventino limitate ma senza che essi variano nel tempo: ciò implica che il plateau sia rappresentato come una linea retta (Pusceddu et al., 2020, p 224).

Tuttavia, nella realtà il cambiamento delle condizioni ambientali possono portare *N* a fluttuare intorno a *K.* Di conseguenza, si può affermare che la popolazione agisce come un termostato che entra in funzione quando la temperatura, vale a dire il numero di individui, aumenta o diminuisce rispetto alla temperatura impostata, cioè rispetto alla capacità portante. Quindi, quando una popolazione supera *K*, la scarsità di risorse, l'aumento della competizione, o l'effetto dei predatori porta a un calo del numero di individui. Al contrario, se la popolazione scende troppo sotto *K*, le risorse possono abbondare e favorire un rapido aumento della popolazione. (Pusceddu et al., 2020)

Inoltre, questa fluttuazione dei valori di *N* intorno a *K* può essere anche influenzato dal time lag o ritardo temporale nella risposta alla variazione della densità. In questo caso è presente un ritardo tra il momento in cui si

verifica un cambiamento nella densità della popolazione e il momento in cui i fattori regolatori, come la disponibilità di risorse o interazioni come competizione e predazione, esercitano il loro effetto sulla popolazione stessa portandola di nuova al valore di *K*. Un esempio concreto che può mostrare questo meccanismo è quello di una popolazione di predatori che si riproduce più lentamente delle sue prede. Infatti, all'inizio il numero dei predatori è molto ridotto e di conseguenza le prede, vista la bassa pressione di predazione, possono proliferare con maggior facilità.

La popolazione dei predatori potrà così iniziare ad accrescersi grazie all'abbondanza di prede: ciò conduce ad un incremento numerico di predatori allo stato riproduttivo ed alla generazione di molti più piccoli con un incremento in numero tale per cui la popolazione dei predatori inizierà ad esercitare una pressione di predazione che deprimerà il numero di prede disponibili per la successiva generazione di predatori (Pusceddu et al., 2020, p 226).I predatori, quindi, inizieranno a diminuire e il ciclo potrà così iniziare un'altra volta. Questo fenomeno darà luogo a una dinamica caratterizzata da una curva che presenterà oscillazioni smorzate (damped). Tuttavia, se il ritardo temporale è molto ampio, "la popolazione eccederà la capacità portante per molto tempo e questo porterà ad una fase di declino che alla fine potrebbe portare la popolazione all'estinzione." (Pusceddu et al., 2020, p 227).

Infine, in natura il valore della capacità portante non è costante ma può essere influenzato da fattori differenti quali risorse disponibili, interazioni biologiche come predazione e competizione, malattie e fattori ambientali (Pusceddu et al., 2020).

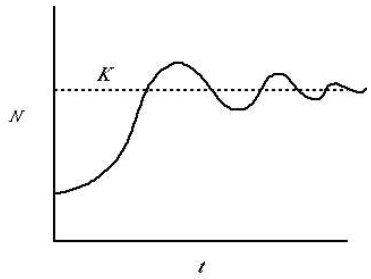

Figura 1.5 Oscillazioni smorzate Fonte: Pusceddu et al., 2020

1.3 LE INTERAZIONI BIOLOGICHE

Un aspetto fondamentale da considerare nello studio di una popolazione sono le relazioni biologiche che si instaurano tra gli organismi. Queste interazioni possono assumere diverse forme. Si parla di relazioni intraspecifiche quando l'interazione avviene tra individui della stessa specie. Al contrario, il termine relazioni interspecifiche si riferisce a interazioni tra individui di specie differenti. Ogni interazione biologica produce un effetto sulle specie che vi partecipano. (Pusceddu et al., 2020). Per comprendere meglio questo aspetto possiamo utilizzare dei simboli e quindi indicare con – l'effetto negativo di una specie su un'altra, con + l'effetto positivo e con 0 se l'interazione non produce alcun effetto.

> Se due popolazioni risultano indifferenti l'una dall'altra, la loro relazione è neutra (0 0). Talvolta, però, la presenza di una specie reca danno a un'altra la quale non viene né danneggiata né favorita, l'interazione (- 0) è detta amensalismo." (Smith & Smith, 2023, p. 244).

L'interazione viene definita competizione quando per entrambe le specie l'interazione è svantaggiosa (- -). Quando una specie trae un beneficio a spese di un'altra, che risulta danneggiata dall'interazione (+ -), si possono distinguere fenomeni come predazione, erbivorismo, parassitismo e parassitoidismo. Invece, tra le relazioni positive, in cui una specie è influenzata positivamente da un'altra, la quale non è né danneggiata né favorita, si distinguono inquilinismo foresi e commensalismo (+ 0). Quando invece le due specie che interagiscono si avvantaggiano vicendevolmente si parla di mutualismo (+ +) (Smith & Smith, 2023).

Come verrà approfondito in seguito, gli effetti positivi e negativi delle interazioni possono variare. Ad esempio, lo svantaggio derivante dall'interazione può manifestarsi come un lieve indebolimento oppure, in casi estremi, condurre alla morte dell'individuo. Inoltre, queste interazioni biologiche possono essere di diversa intensità. Questo significa che alcune interazioni possono essere occasionali, mentre altre sono obbligate, nel senso che la sopravvivenza di un individuo dipende interamente dalla presenza e dall'attività di un'altra specie. In questi casi, l'organismo non sarebbe in grado di sopravvivere senza questa relazione specifica.

Un'interazione biologica può coinvolgere non solo due specie, ma anche più specie insieme, creando dinamiche ecologiche molto complesse. Ad esempio, il processo dell'impollinazione (interazione mutualistica) coinvolge un numero molto elevato di organismi. Infatti, le piante vengono

impollinate da diverse specie animali che a loro volta impollinano altre specie di piante (Smith & Smith, 2023).

Inoltre, le interazioni biologiche influenzano in modo significativo la nicchia ecologica di una specie. Secondo il limnologo G. Hutchinson il concetto di nicchia ecologica si può paragonare ad uno spazio multidimensionale in cui ciascun asse o dimensione si riferisce ad un fattore ambientale o ad una risorsa fondamentale per la sopravvivenza e la riproduzione di una specie. (Smith & Smith, 2023). Lo studioso definisce questo spazio come nicchia fondamentale poiché quest'ultima descrive l'insieme delle condizioni ambientali grazie alla quale una specie può sopravvivere. Più semplicemente, sono le condizioni ideali di una nicchia per una popolazione, ovvero non c'è alcuna forma di competizione e le risorse sono illimitate. Tuttavia, le interazioni biologiche influiscono notevolmente sulla scelta dell'ambiente da parte di una popolazione. Per questo motivo si utilizza il termine nicchia realizzata per descrivere "la porzione della nicchia fondamentale che una specie effettivamente sfrutta per effetto delle interazioni con altre specie" (Smith & Smith, 2023, p 257). Esempio concreto, proposto dall'università del Michigan, che può mostrare la differenza tra nicchia ecologica e nicchia realizzata lo si può osservare in due specie di tifa: *Typha latifolia* e *Typha angustifolia*, due piante acquatiche. Entrambe le specie possono sopravvivere in acque basse ma solamente la *Typha angustifolia* può sopravvivere in acque più profonde. Quindi, quando le due specie sono costrette a crescere insieme la loro nicchia realizzata cambia. Infatti, la specie che può vivere anche in profondità sarà limitata a zone dello stagno più profonde. Al contrario, la diffusione della *Typha latifolia* sarà limitata ad acque più basse dove sono presenti un maggior numero di nutrienti e luce (Smith & Smith, 2023). Da questo esempio, si può osservare come le interazioni possono espandere o limitare, come in questo caso, la nicchia fondamentale della specie, a seconda che siano svantaggiose come la competizione o vantaggiose come il mutualismo.

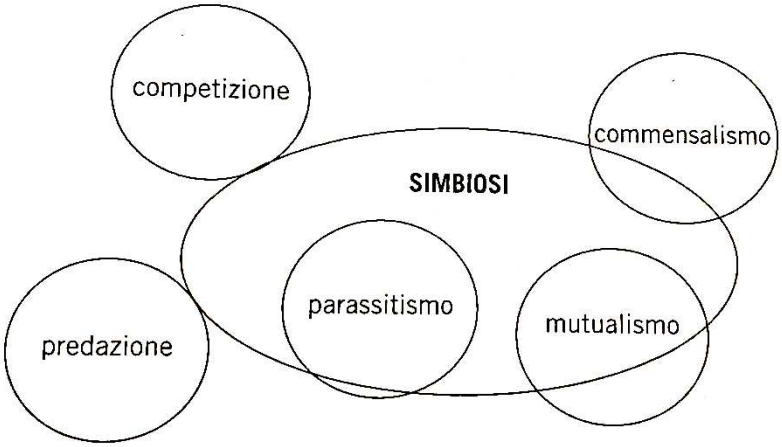

Figura 1.6 Schema riassuntivo sulle interazioni biologiche Fonte: Giangrande & Gravina, 2000

1.3.1 Competizione

"La competizione si sviluppa quando gli individui sfruttano una risorsa comune che è presente in piccole quantità rispetto al numero di quanti la utilizzano." (Smith & Smith, 2023, p 245). Se la competizione avviene tra individui della stessa specie si utilizza il termine intraspecifica. Al contrario se avviene tra specie diverse, con esigenze ecologiche simili, si parla di competizione interspecifica. Quando la competizione non avviene in maniera diretta, cioè quando gli individui non interagiscono direttamente l'uno con l'altro, la competizione viene definita per sfruttamento. Essi rispondono alle quantità di risorse disponibili che diminuiscono poiché altre popolazioni ne usufruiscono. Un esempio concreto per descrivere questo tipo di interazione indiretta potrebbero essere i grandi erbivori che pascolano nella savana. Essi non hanno interazioni dirette ma riducono la quantità di erba disponibile. (Smith & Smith, 2023)

Al contrario, quando un individuo di una popolazione investe energie per difendere il suo habitat e le sue risorse, la competizione viene definita per interferenza. Ad esempio, esistono delle specie di uccelli molto territoriali che difendono l'area esterno al loro nido durante il periodo riproduttivo per tenere al sicuro da altri individui le risorse disponibili (Smith & Smith, 2023). Come descritto precedentemente, il risultato di un'interazione

competitiva è negativo per entrambe le specie, ma l'esito di questa interazione non è sempre bilanciato.

> La competizione è simmetrica quando l'esito negativo dell'interazione colpisce allo stesso modo entrambi i competitori, mentre è asimmetrica quando l'interazione colpisce in maniera più rilevante uno dei due competitori (Pusceddu et al., 2020, p.247).

Esiste anche un'altra classificazione delle interazioni competitive composta da sei diversi tipi di interazione creata da Thomas Schoener, docente dell'università della California-Davis. Il primo tipo di interazione viene definita per consumo e avviene quando individui di una specie, attraverso l'uso di un'altra risorsa, inibiscono individui di un'altra. La competizione per le ghiande da parte di diversi animali fa parte di questo tipo di interazione.

Successivamente Schoener nella sua classificazione utilizza il termine competizione per prelazione. La competizione per prelazione si ha soprattutto tra organismi sessili, come i balani, nei quali l'occupazione del substrato da parte di un individuo preclude l'insediamento di altri individui (Smith & Smith, 2023, p.263).

Un altro tipo di interazione è la competizione per sovraccrescimento che si verifica quando un organismo impedisce ad un altro organismo l'accesso a risorse essenziali poiché esso cresce letteralmente sopra l'altro organismo. Un esempio concreto può essere una pianta ad alto fusto che con i suoi rami e le sue foglie sottrae la luce a tutte le erbe sottostanti.

Inoltre, viene definita competizione per interazione chimica quando un individuo di una specie rilascia tossine o inibitori chimici che possono limitare biologicamente portando all'inibizione o all'uccisione di un'altra specie. Questo è il caso dell'allelopatia, "ovvero la produzione da parte di alcune piante di composti chimici che inibiscono la germinazione e l'insediamento di altre specie" (Smith & Smith, 2023, p 263).

Invece, la competizione territoriale si verifica quando gli individui difendono uno spazio specifico, escludendo attivamente altri organismi per assicurarsi l'accesso esclusivo alle risorse presenti in quell'area.

Infine, la competizione per scontro avviene in contesti non legati al territorio, ma implica comunque interazioni conflittuali che causano effetti negativi per una o entrambe le specie coinvolte. Un esempio di quest'ultima forma di competizione è rappresentato dagli animali che si contendono una carcassa, generando conflitti per avere il possesso esclusivo della risorsa (Smith & Smith, 2023).

Anche Darwin nel 1859 decise di approfondire il concetto di competizione. Egli sostenne che la competizione è una forma d'interazione che influenza notevolmente il processo ecologico ed evolutivo di una determinata specie. Infatti, secondo lo studioso, la competizione interspecifica può portare a due strade.

> If a dominant species prevents another species from using essential resources, the inferior species may become locally extinct, a process known as competitive exclusion (Bowman & Hacker, 2021, p 515).

Infatti, per il principio di esclusione competitiva, competitori completi, cioè specie che hanno stesse richieste ecologiche, non possono coesistere (Smith & Smith, 2023). Al contrario, molte specie riescono a coabitare pur condividendo risorse limitate. In questo caso si può utilizzare il termine coesistenza competitiva.

Quando l'interazione tra due specie è simmetrica, si verifica una ripartizione equilibrata delle risorse disponibili. In questo caso, entrambe le specie in competizione hanno pari probabilità e capacità di accedere a una quantità sufficiente di risorse per garantire la propria sopravvivenza. Tuttavia, può capitare che una delle due specie utilizzi in modo più efficiente le risorse disponibili, mettendo a rischio la sopravvivenza della specie più debole. In questo caso l'interazione risulta asimmetrica.

È importante tenere presente che l'efficienza nell'utilizzo delle risorse da parte di due competitori è anche funzione della relativa affinità che ciascuna delle due specie ha nei confronti della risorsa medesima (Pusceddu et al., 2020, p. 247). Questo implica che l'esito della competizione dipende non solo dalla disponibilità delle risorse, ma anche da quanto efficacemente ogni specie riesce a utilizzarle rispetto alla concorrente. Inoltre, questa affinità nei confronti della risorsa può dipendere dalla localizzazione nello spazio della risorsa in relazione a dove sono distribuiti nello spazio i competitori. Per esempio, può capitare che il competitore si trovi nello stesso areale in cui è situata la risorsa e di conseguenza può controllarla e con maggior facilità. Al contrario, la risorsa potrebbe essere resa disponibile al consumatore tramite meccanismi esterni, come il trasporto da parte di acqua, vento o altri fattori ambientali, indipendenti dal controllo diretto del consumatore. Di conseguenza, oltre alle capacità biologiche di un individuo nel competere per una risorsa, si aggiungono anche fattori legati alla disposizione spaziale dei competitori e alle dinamiche di accesso alla risorsa stessa. (Pusceddu et al., 2020).

Infine, anche la qualità nutrizionale di una risorsa può essere classificata come fattore in grado di regolare l'esito di una competizione. L'affinità di un

consumatore per una risorsa, infatti, può spingere una specie ad evolvere meccanismi di utilizzo che variano tra due estremi possibili: risorse molto abbondanti ma con un contenuto energetico specifico ridotto, o risorse altamente energetiche ma disponibili in quantità ridottissime (Pusceddu et al., 2020).

Questo significa che alcune specie si adattano a consumare grandi quantità di risorse poco nutrienti per soddisfare il loro fabbisogno energetico, mentre altre sviluppano strategie per ottimizzare l'uso di risorse scarse ma ricche di energia. Infatti, animali erbivori come i panda giganti che adottano uno stile di vita lento e tranquillo si nutrono esclusivamente di bambù, una risorsa abbondante ma con un basso contenuto energetico, mentre predatori come i ghepardi si specializzano nel cacciare prede ad alto contenuto proteico ed energetico, disponibili in quantità più limitate. Un altro esempio concreto che illustra questo concetto è rappresentato dalla strategia di predazione adottata dal granchio nei confronti delle cozze. Questo animale dimostra una capacità di bilanciare l'energia spesa per accedere alla risorsa con l'energia ottenuta da essa. Di fronte a una scelta, il granchio tende a prediligere cozze di dimensioni intermedie. Le cozze più grandi, pur contenendo una quantità maggiore di energia, richiedono uno sforzo maggiore per essere aperte, mentre quelle più piccole, sebbene facili da aprire, offrono un apporto energetico insufficiente. Optando per le cozze intermedie, il granchio massimizza il rapporto tra energia acquisita ed energia spesa, dimostrando un comportamento che ottimizza la propria efficienza nutrizionale (Pusceddu et al., 2020).

Tuttavia, non sono solo le risorse limitanti influiscono sulla crescita e la riproduzione della specie. Esistono altri fattori ambientali come la temperatura, il pH del suolo o dell'acqua, umidità relativa e salinità che possono influire sulle dinamiche di crescita e di riproduzione di una specie. Per dimostrare che la temperatura dell'acqua può influenzare le abilità competitive di una specie, Yoshinori Taniguchi e i suoi colleghi dell'Università del Wyoming hanno condotto un esperimento molto interessante. Lo studio si è concentrato sull'analisi del comportamento competitivo di diverse specie di pesci in ambienti acquatici con temperature variabili. In particolare, gli scienziati hanno osservato come l'aumento della temperatura dell'acqua potesse favorire o svantaggiare determinate specie, modificando la loro capacità di accedere alle risorse, come cibo o spazio. I risultati dell'esperimento hanno evidenziato che le specie adattate a temperature più basse tendono a perdere la loro efficienza competitiva quando la temperatura aumenta, mentre specie più tolleranti al calore possono trarre vantaggio da queste condizioni. La temperatura è quindi un

fattore abiotico che può condizionare direttamente le abilità competitive di una specie (Smith & Smith, 2023).

Un altro elemento fondamentale che può influire sulle interazioni competitive sono le variazioni temporali nell'ambiente. Questo accade perché, al mutare delle condizioni ambientali, cambia anche il vantaggio competitivo tra le specie. Tale variabilità impedisce a qualsiasi specie di raggiungere una densità tale da estinguere i propri competitori. "Le variazioni ambientali permettono ai competitori di coesistere, mentre in presenza di condizioni costanti una specie tende ad escludere l'altra" (Smith & Smith, 2023, p. 270). Per dimostrare questo concetto, Peter Dye, ricercatore presso l'Istituto di Ricerca Forestale del Sud Africa, osservò e documentò per dieci anni (dal 1971 al 1981) una zona dell'Africa meridionale. Il suo studio si concentrò sulle variazioni annuali nell'abbondanza relativa delle specie erbacee nella savana del sud-ovest dello Zimbabwe. Durante questo periodo, Dye rilevò un cambiamento nella specie erbacea dominante nel corso degli anni, correlato alle variazioni annuali delle precipitazioni. In particolare, negli anni caratterizzati da precipitazioni scarse e da condizioni ambientali estremamente aride, veniva favorita una specifica specie erbacea che prediligeva questo tipo di condizioni. Al contrario, verso la fine del decennio, con l'aumento delle precipitazioni, le condizioni più umide favorirono lo sviluppo di una specie erbacea diversa (Smith & Smith, 2023).

La competizione interspecifica influenza anche la nicchia ecologica di una specie. Come descritto in precedenza la nicchia ecologica è definita come l'insieme di condizioni fisiche e chimiche nelle quali la specie può vivere e riprodursi. Essa comprende anche tutte le risorse necessarie alla specie per sopravvivere (Smith & Smith, 2023). Inoltre, può suddividersi in nicchia fondamentale, cioè una nicchia ecologica in cui non sono presenti interazioni con altre specie, e nicchia realizzata, cioè la porzione di nicchia che la specie utilizza effettivamente. La competizione può quindi forzare un individuo a ridurre la sua alimentazione e il suo uso dello spazio costringendolo a non utilizzare parti della sua nicchia fondamentale che dispongono di condizioni ideali per lui e la sua specie. Quindi in presenza di un competitore la nicchia fondamentale subisce una contrazione. Al contrario, "quando la nicchia di una specie si espande in risposta alla rimozione di un competitore, è detto allentamento competitivo" (Smith & Smith, 2023, p.277). Per esempio, questo fenomeno può accadere quando una specie migra in un areale in cui non sono presenti potenziali competitori. Oppure, quando viene rimossa una specie competitiva, le altre specie presenti nell'areale possono muoversi verso microhabitat che non potevano occupare in precedenza.

In natura, eventi di disturbo come incendi o uragani possono avere effetti negativi su alcune specie, ma nello stesso tempo creare opportunità per altre. In particolare, ci sono specie che possono prosperare in una determinata area solo se questi eventi si verificano con regolarità. Ad esempio, alcune piante necessitano di abbondante luce per crescere e colonizzano con successo le aree devastate dagli incendi. In precedenza, la loro sopravvivenza era limitata dalla presenza di una fitta copertura arborea, che impediva alla luce di raggiungere il suolo. L'incendio quindi si è rivelato un'opportunità favorevole per questa specie.

> Such species are called fugitive species because they must disperse from one place to another to take advantage of disturbances that open up resources and allow them to avoid competitive exclusion (Bowman & Hacker, 2021, p. 531).

Inoltre, possiamo affermare che due o più specie, per evitare conseguenze estreme come l'estinzione, cercheranno di adottare strategie che consentano loro di sfruttare le risorse, o la stessa risorsa, in tempi o luoghi diversi. Di conseguenza:

> la coesistenza di due o più specie in competizione per una o più risorse è possibile se entrambe le specie trovano un modo per minimizzare gli effetti: vale a dire quando entrambe le specie subiscono maggiormente gli esiti della competizione intraspecifica piuttosto di quelli della competizione interspecifica (Pusceddu et al., 2020, p. 264).

Infine, per ridurre la competizione, molte specie sviluppano adattamenti che portano a una differenziazione nelle modalità di accesso alle risorse. Ad esempio, nelle savane africane convivono numerosi erbivori, tutti consumatori primari, che però si cibano di specie vegetali differenti. Oppure, numerosi uccelli hanno sviluppato becchi di grandezza differente per poter differenziare la loro alimentazione e cibarsi di organismi a diverse profondità del terreno. (Pusceddu et al., 2020). Quindi, quando avviene un cambiamento di caratteristiche morfologiche, comportamentali e fisiologiche di una specie si può utilizzare l'espressione: "spostamento di carattere" (Smith & Smith, 2023).

1.3.2 Amensalismo

L'amensalismo (privazione della mensa), detto anche antagonismo, è il livello più debole di interazione negativa: implica una specie danneggiata da

un'altra, che rimane tuttavia indifferente." (Smith & Smith, 2023, p. 245). Solitamente questo tipo di interazione avviene tra specie di dimensioni differenti, tra una più robusta e una più debole. Ad esempio, si può parlare di amensalismo quando branchi di ungulati attraversano un tappeto erbaceo e quest'ultimo viene danneggiato a causa degli zoccoli che lo calpestano. Inoltre, anche l'antibiosi (quando un individuo produce composti che risultano tossici per l'altro ma non per lui) può essere definita come caso di amensalismo.

1.3.3 Predazione

"La predazione è l'interazione biologica nella quale una specie (preda) è una risorsa alimentare per un'altra specie (predatore)" (Pusceddu et al., 2020, p 264). In termini più generali può essere definita come "il consumo di un organismo vivente da parte di una altro organismo" (Smith & Smith, 2023). Questo processo ha un ruolo fondamentale poiché permette il trasferimento di materia ed energia nell'ecosistema. La predazione è quindi un'interazione diretta tra chi mangia e chi viene mangiato.

In aggiunta, la popolazione del predatore influisce notevolmente sulla crescita della popolazione della preda poiché può ridurla o regolarla. Di conseguenza, la preda assume un ruolo importantissimo poiché è una risorsa essenziale per la popolazione del predatore. Gli individui più deboli e vulnerabili di una specie, come gli adulti in età post-riproduttiva, sono le vittime preferiti dai predatori. Questo perché sono più facili da cacciare e quindi la loro cattura richiede un minor dispendio di energia (Pusceddu, et al. 2020). In alcuni casi il predatore può decidere di cambiare la sua preda. Questo concetto venne teorizzato dall'ecologo Tinbergen che utilizzò il termine "immagine di ricerca".

> Quando in un'area compare una nuova specie di preda, il suo rischio di essere scelta è molto basso, poiché il predatore non ha ancora acquisito un'immagine di ricerca e ancora non la riconosce come potenziale fonte di nutrimento (Smith & Smith, 2023, p. 292).

Quindi, quando l'immagine della nuova possibile preda diventa chiara e le condizioni di cattura appaiono immediate e semplici, il predatore incomincerà a concentrarsi su di essa. Inoltre, esiste un altro tipo di meccanismo chiamato switching in cui il predatore sposta la ricerca di cibo verso prede più abbondanti. In questo caso il predatore concentra la sua alimentazione sulla specie più numerosa.

In base alla natura del predatore si possono distinguere diversi tipi di predazione. Per esempio, gli squali, i serpenti ed i grandi felini vengono definiti predatori veri poiché sono in grado di catturare, uccidere e mangiare in parte o tutta la loro preda (Pusceddu et al., 2020). Al contrario, gli erbivori sono spesso definiti come predatori vegetali. A differenza dei predatori animali, però, il loro consumo non comporta necessariamente la morte dell'organismo di cui si nutrono. Infatti, gli erbivori stimolano la crescita delle piante poiché si limitano a consumarne solo una parte, come foglie, rami o frutti. Infine, fanno parte del gruppo dei predatori anche i parassiti e parassitoidi. Questi organismi dipendono strettamente dal loro ospite, che rappresenta quindi la loro preda. Pur essendo un evento frequente, essi non portano necessariamente la preda alla morte.

Ulteriormente, i predatori hanno strategia di caccia differenti per catturare loro prede. Una di queste strategie è definita imboscata. "La tattica dell'imboscata o agguato prevede che il predatore si apposti in attesa che una preda si avvicini ed è tipica di alcune rane, alligatori, coccodrilli, lucertole e certi insetti" (Smith & Smith, 2023, p 298). Pur avendo un tasso di successo molto basso, questa tecnica viene utilizzata frequentemente poiché richiede un dispendio energetico molto ridotto.

Un'altra strategia è definita tecnica della ricerca ed è basata sull' individuare la preda e successivamente aggredirla e catturarla rapidamente. In questo caso i tempi di ricerca possono essere molto lunghi. Questa strategia è tipica degli aironi e di alcuni felini.

Infine, la caccia per inseguimento è un altro tipo di strategia utilizzato principalmente da falchi, leoni, lupi e pipistrelli. Al contrario della tecnica della ricerca, in questo caso il predatore conosce la posizione della sua preda ma il tempo di cattura è molto più elevato. Nel corso dei secoli, i predatori hanno dovuto quindi evolvere strategia sempre più efficaci ed efficienti. Questo è avvenuto tramite adattamenti morfologici, fisiologici e comportamentali (Smith & Smith, 2023). Ad esempio, alcuni predatori sono dotati di denti o artigli, altri possiedono organi sensoriali per localizzare la preda oppure alcuni predatori come il ghepardo possiedono arti adatti a movimenti agili e veloci. Molti serpenti invece possono ingoiare prede con dimensioni considerevoli, molto più grandi della loro testa.

> Unlike those of other terrestrial vertebrates, the bones of a snake's skull are not rigidly attached to one another. This unique feature allows the snake to open its jaws to a seemingly impossible extent. Curved teeth mounted on bones that can move inward then help to pull prey items down the throat (Bowman & Hacker, 2021, p. 443).

Inoltre, esistono anche predatori che sfruttano le loro colorazioni criptiche per potersi mimetizzarsi nell'ambiente circostante, aumentando così le probabilità di avvicinarsi alla preda senza essere notati. Altri, invece, adottano strategie più ingegnose, come l'uso di esche per attirare le loro vittime. Infatti, i ragni tessono intricate ragnatele per intrappolare insetti ignari, mentre alcuni pesci di acque profonde utilizzano esche luminose per attirare potenziali prede nel buio degli abissi (Smith & Smith, 2023).

Per far fronte a tutti questi tipi di predatori, gli organismi hanno sviluppato molteplici adattamenti per sopravvivere ed evitare di essere individuati dai predatori. L'insieme di queste strategie utilizzate per sfuggire dai predatori vengono definite difese antipredatorie. Esse possono classificarsi in due categorie distinte: difese permanenti e difese indotte. Le difese permanenti riguardano tutte quelle caratteristiche fisse dell'organismo come può essere la somiglianza a un oggetto o la colorazione di avvertimento (Smith & Smith, 2023). Un esempio concreto di difesa permanente è la corazza di una tartaruga o di una cozza utilizzata come riparo da eventuali predatori. Invece, quando si utilizza il termine difesa indotta si fa riferimento a difese comportamentali che si attivano in presenza di un predatore. Ad esempio, alcuni organismi come le api in presenza di un predatore rilasciano sostanze chimiche quali feromoni di allarme utili per mobilitare e allertare il resto della colonia.

Anche le piante, essendo organismi che non possono muoversi, hanno sviluppato tipi diversi di difese. In particolare, molti organismi vegetali sono dotati di aghi, spine, foglie urticanti e sono costituiti da tessuti legnosi di difficile digestione per il predatore (Smith & Smith, 2023).

Come avviene per i predatori, anche le prede possono utilizzare strategie di colorazione criptica per mimetizzarsi nell'ambiente ed evitare di essere catturate. Un esempio emblematico è rappresentato dagli insetti stecco, che grazie alla loro somiglianza a ramoscelli riescono a eludere i predatori. Inoltre, un altro tipo di strategia legata alla colorazione è quella delle colorazioni flash. In questo caso, quando la preda viene disturbata da un predatore, espone improvvisamente macchie vistose e colorate per poi fuggire rapidamente. Infatti, "la colorazione flash può distrarre e disorientare il predatore: nel caso del cervo dalla coda bianca, può fungere da segnale di raduno per il gruppo di fronte ad un predatore" (Smith & Smith, 2023, p. 300).

Un altro tipo di difese che viene utilizzata da alcuni tipi di pianta e specie di animali sono le difese chimiche. Gli organismi vegetali riescono a rendere i propri tessuti tossici e indigeribili sintetizzando una serie di composti chimici. Queste sostanze sono definite metaboliti secondari e "sono costituite da un insieme estremamente vario di composti, ascrivibili a tre gruppi

principali: composti azotati, terpenoidi e fenoli" (Smith & Smith, 2023, p 301). Tra i composti azotati è frequente trovare la morfina, la nicotina ed il cianuro. Invece fanno parte dei composti terpenoidi molti oli essenziali, resine e lattice. Infine, i fenoli comprendono composti aromatici come tannini e lignine. Ad esempio, il tannino lo si può trovare nelle foglie del tè o all'interno della corteccia della quercia, mentre le lignine si possono trovare nel legno del pino.

Tuttavia, alcuni animali sono in grado di eludere questo sistema di difesa chimica. Infatti, esistono dei tipi di coleotteri e bruchi che riescono ad interrompere il flusso delle sostanze chimiche andando a troncare le venature delle foglie. Per di più, un tipo di farfalla chiamato farfalla monarca riesce ad assorbire e accumulare i composti chimici di una pianta per utilizzarli per la propria difesa. A differenza di questa specie di farfalla, altri animali sono in grado di sintetizzare autonomamente i composti chimici utilizzati per la difesa e spesso presentano una colorazione distintiva nota come colorazione di avvertimento o aposematica (Smith & Smith, 2023). Questi colori vivaci e facilmente riconoscibili fungono da segnali di allontanamento per i predatori, avvertendoli del pericolo associato alla loro predazione. In natura, esempi di colorazioni aposematiche includono il contrasto bianco e nero della puzzola, le vivaci tonalità di molte specie di rane e serpenti, e il caratteristico giallo e nero delle vespe.

Al contrario, come già accennato in precedenza, molti animali utilizzano le difese comportamentali, cioè "comportamenti finalizzati a evitare il rilevamento, a scappare e ad avvertire altri della presenza di predatori" (Smith & Smith, 2023, p 303). Un esempio di questo tipo di difesa è sicuramente l'emissione di gridi di allarme da parte della preda per avvisare gli animali presenti nella zona nel momento in cui rileva un potenziale pericolo. I segnali di allarme possono coinvolgere più individui di una stessa specie, che collaborano in un'azione collettiva per intimorire e allontanare il predatore. Questo comportamento, noto come "mobbing", è spesso adottato da piccoli uccelli o mammiferi che, agendo in gruppo, riescono a dissuadere il predatore dall'attacco. Alcuni animali, invece, adottano strategie difensive che mirano a deviare l'attenzione del predatore lontano dai giovani o dal nido. Questo comportamento è particolarmente comune tra gli uccelli, i quali, attraverso esibizioni ingannevoli, riescono a distrarre il predatore, proteggendo così i membri più vulnerabili del gruppo (Smith & Smith, 2023).

Infine, molte specie adottano la strategia di vivere in gruppo come difesa contro i predatori. Questa tattica aumenta le probabilità di sopravvivenza, poiché permette agli individui di confondere i predatori durante un eventuale

fuga e riduce la probabilità che un singolo individuo venga attaccato, essendo parte di un gruppo numeroso.

Un'altra forma di difesa molto importante utilizzata da alcuni organismi è il mimetismo. Esso permette alla preda di fingere di essere pericolosa quando in realtà non lo è (Smith & Smith, 2023). Il naturalista inglese Bates approfondì il concetto di mimetismo (mimetismo batesiano) concentrandosi su tre elementi principali quali il modello, il mimo ed il predatore.

> Il modello è una specie tossica, o disgustosa, che il predatore impara ad evitare; il mimo è una specie appetibile che vive nello stesso habitat del modello, e che riproduce o imita la colorazione di avvertimento della specie tossica (Smith & Smith, 2023, p 306).

Questo meccanismo confonde il predatore, che eviterà l'animale mimetizzato scambiandolo per una specie tossica. Quindi, il mimetismo può far riferimento al colore dell'animale come, per esempio, avviene nel Nord America dove la colorazione di avvertimento del velenoso serpente corallo è imitata da un altro serpente che non è assolutamente velenoso. Inoltre, questa strategia difensiva può basarsi anche su mimi acustici. Un caso concreto che illustra questo fenomeno può essere il fatto che alcuni serpenti producono un suono simile a quello del serpente a sonagli, facendo vibrare la loro coda sulle foglie. Questo suono, percepito come pericoloso da molti predatori, li spaventa e li dissuade dall'attaccare.

Esiste anche un altro tipo di mimetismo definito mimetismo mülleriano. Nel XIX secolo lo zoologo tedesco Fritz Müller si concentrò sul fatto che molte specie inappetibili e velenose condividono una colorazione molto simile. "Questa strategia ha successo perché il predatore deve fare esperienza con una sola specie per imparare a evitare anche tutte le altre con aspetto simile" (Smith & Smith, 2023, p 307). Per illustrare meglio consideriamo organismi come api, bombi, vespe e altri organismi senza parentele come bruchi e farfalle. Essi sono tutti caratterizzati da una colorazione gialla e nera che è molto utile poiché avverte il predatore di evitare quel tipo di preda, anche se in certi casi quest'ultima è innocua.

Infine, come già accennato in precedenza, sempre legato al concetto di mimetismo è il criptismo. "Some species have a shape or coloration that provides camouflage, allowing them to avoid detection by predators; this form of mimicry is called crypsis (from cryptic, "hidden")" (Bowman & Hacker, 2021, p 445).

Nel corso degli anni, la selezione naturale ha prodotto cambiamenti notevoli nelle prede e nei predatori. "Come nelle specie preda si evolvono caratteristiche per evitare la cattura, così nei predatori si evolvono mezzi più

efficaci per catturare le prede" (Smith & Smith, 2023, p 308). Questa interazione tra preda e predatore è fondamentale, poiché ha favorito lo sviluppo di morfologie, comportamenti e adattamenti sia nelle specie animali che vegetali. Si può quindi descrivere come coevoluzione, "il fenomeno per cui due specie vanno reciprocamente incontro a cambiamenti evolutivi per selezione naturale" (Smith & Smith, 2023, p 308) descritto dal biologo Richard Dawkins come una "corsa agli armamenti". Con questa espressione, Dawkins intendeva evidenziare come prede e predatori, per garantire la propria sopravvivenza, debbano costantemente evolversi sviluppando strategie di difesa e attacco sempre più avanzate ed efficienti.

Quando si affronta il concetto di predazione, è anche importante sottolineare il fatto che esiste un collegamento tra piante, erbivori e carnivori. Infatti, le piante vengono consumate da erbivori che a loro volta sono consumati da carnivori. A sostegno di questo argomento è utile descrivere il rapporto tra le lepri e i suoi predatori quali le linci e coyote che abitano nel Nord dell'America. Le lepri delle nevi si nutrono principalmente di vegetazione, come arbusti, rametti di pioppo, cortecce e piante erbacee. Quando queste risorse vegetali sono abbondanti, le popolazioni di lepri tendono a crescere rapidamente. In questa situazione anche i predatori come linci e coyote iniziano ad avere un maggior sviluppo poiché la popolazione di lepri, la loro fonte primaria di cibo, ha avuto una crescita notevole. Tuttavia, il consumo intenso da parte delle lepri impoverirà le risorse vegetali, e porterà ad una riduzione della futura crescita degli alberi. In seguito, quindi, la scarsità e la bassa qualità del nutrimento dovuta al consumo eccessivo delle risorse disponibili, porterà le lepri ad avere meno forze e quindi ad essere catturate con più facilità. Di conseguenza, con il passare del tempo anche le linci subiranno una diminuzione della popolazione a causa della carenza di prede. Infine, visto la diminuzione delle lepri anche la vegetazione inizierà a rigenerarsi dando vita ad un nuovo ciclo. Questo esempio mostra come le interazioni tra piante, erbivori e carnivori siano strettamente interconnesse e come l'equilibrio di un ecosistema dipenda da esse (Smith & Smith, 2023).

1.3.4 Simbiosi

Nelle associazioni biologiche in cui si instaura una relazione molto stretta fra i due partner si parla di simbiosi. In altre parole, la simbiosi è un'associazione intima tra due o più specie, dove talune caratteristiche degli individui in associazione risultano completamente diverse da quelle degli individui isolati (Giangrande & Gravina, 2000, p 13).

Il termine simbiosi è stato coniato nel 1879 dal patologo vegetale De Bary e significa letteralmente "vita insieme". Egli incluse all'interno di questo termine associazioni biologiche come parassitismo, commensalismo e mutualismo che verranno analizzate in seguito. Spesso nel linguaggio comune il termine simbiosi viene utilizzato come sinonimo di mutualismo quando invece i due termini hanno significati differenti. Questo errore è dovuto ad un utilizzo del termine nel linguaggio comune con una connotazione di esclusiva collaborazione (Giangrande & Gravina, 2000).

La simbiosi si riferisce quindi a tutte le relazioni che presentano

> un'integrazione fisio-morfologica duratura nel tempo, o che, in altre parole, rispondono alle caratteristiche di necessità, persistenza del rapporto e integrazione morfo-funzionale degli organismi interagenti (Giangrande & Gravina, 2000, p 13).

In aggiunta, un'interazione simbiotica descrive quindi un'associazione in cui due organismi di specie diversa vivono insieme in stretta relazione, descrivendo quindi un'interazione diretta, dove gli organismi entrano fisicamente in contatto tra di loro.

1.3.5 Parassitismo

Il parassitismo è un'interazione biologica asimmetrica in cui l'organismo, che viene definito parassita, vive a spese di un altro organismo chiamato ospite. Con il termine parassita si intende "An organism that grows, feeds, or is sheltered on or in a different organism while having a negative impact on the host." (Krebs C. 2014, p 247). A differenza della predazione, nel parassitismo

> i parassiti solitamente non uccidono l'ospite, ma tendono a mantenere una lunga associazione, poiché l'ospite costituisce per essi l'habitat in cui trascorrere una parte del loro ciclo vitale. (Smith & Smith, 2023, p 315).

Tuttavia, l'ospite in alcuni casi può morire a causa di infezioni e deperimento. Questo tipo di relazione è considerato asimmetrico, in quanto il parassita trae vantaggio dall'interazione, mentre l'ospite subisce un danno. In un senso più ampio il termine parassita può anche essere utilizzato per far riferimento ad animali che si impossessano del cibo raccolto da altre specie. Questo comportamento viene definito cleptoparassitismo. Inoltre, esiste anche il un tipo di parassitismo definito parassitismo di cova nel quale specie

di uccelli come il cuculo depongono le uova nel nido di una specie ospite che alleverà i suoi pulcini come se fossero propri (Smith & Smith, 2023).

Solitamente però, quando viene utilizzato il termine parassitismo si fa riferimento a virus, batteri, protisti, funghi, piante e artropodi. La maggior parte di questi parassiti provocano delle infezioni che determinano una malattia. Nei casi in cui il parassita si introduce in una popolazione ospite priva di difese adeguate, queste malattie possono decimare o eliminare una popolazione.

I parassiti possono essere suddivisi in base alla loro dimensione in microparassiti e macroparassiti. "I microparassiti, comprendenti virus, batteri e protozoi, sono caratterizzati da piccole dimensioni e da un breve tempo di rigenerazione" (Smith & Smith, 2023, p 315). Questo tipo di parassiti, associati spesso alle malattie, hanno un tempo di sviluppo e moltiplicazione molto ridotto e la durata dell'infezione è molto più breve rispetto alla lunghezza della vita dell'ospite. Solitamente il contagio avviene direttamente da ospite a ospite ma può capitare che altre specie fungano da vettore. Quando invece i parassiti assumono dimensioni maggiori si utilizza il termine macroparassita. Esempi concreti di macroparassiti possono essere vermi piatti, pidocchi, pulci, zecche e piante parassite. A differenza dei microparassiti, "essi hanno un tempo di rigenerazione molto lungo e spesso non completano l'intero ciclo vitale all'interno di un organismo ospite" (Smith & Smith, 2023, p 315).

Il termine parassita può essere applicato anche a diverse tipologie di piante. Esistono infatti piante definite parassite che, attraverso una radice modificata chiamata austorio, si collegano ai tessuti vascolari chiamati xilena e/o floema di un'altra pianta per trarne nutrimento. Queste piante parassite vengono suddivise in emiparassite e oloparassite a seconda che svolgano la fotosintesi o meno. Gli emiparassiti, come per esempio molte specie di vischio, sono piante fotosintetiche che, quando mature, contengono clorofilla ma ottengono acqua e i nutrienti in essa disciolti tramite una connessione con lo xilema dell'ospite (Smith & Smith, 2023, p 315). Quindi, questo tipo di piante, pur avendo la capacità di fotosintetizzare e produrre autonomamente parte del loro nutrimento, sfruttano un ospite per l'assorbimento di risorse specifiche, come acqua e sali minerali. Al contrario, le piante oloparassite non sono in grado di fotosintetizzare e dipendono completamente dall'ospite per il loro sostentamento. Attraverso il collegamento con lo xilema dell'ospite, assorbono tutti i nutrienti essenziali, inclusi carbonio e acqua.

In aggiunta, un parassita viene classificato anche in base all'habitat. Prendono il nome di ectoparassiti tutti gli organismi che vivono sulla pelle dell'ospite, protetti da piume e peli. Inoltre, esiste un altro tipo di parassiti definiti endoparassiti.

> Parasites that live inside their hosts, called endoparasites, include species that inhabit the alimentary canal as well as species that live within host cells or tissues (Bowman & Hacker, 2021, p 477).

Questo tipo di organismo vive quindi all'interno dell'ospite in moltissimi luoghi tra cui fegato, milza, polmoni, vescica e pancreas. Gli endoparassiti che abitano il canale alimentare, a differenza di altri organismi, non si cibano dei tessuti dell'ospite, ma traggono nutrimento dai nutrienti presenti nel cibo già digerito dall'ospite. (Bowman & Hacker, 2021). Per comprendere meglio questo concetto, consideriamo il caso della tenia o verme solitario. Esso grazie ad un organo chiamato scolice riesce ad ancorarsi all'intestino dell'ospite e ad assorbire direttamente tutti i nutrienti necessari per la sua sopravvivenza. Il verme solitario può raggiungere dimensioni notevoli (10-20 metri) e può causare problemi all'intestino e disturbi alimentari.

Vivere all'interno o all'esterno dell'ospite può offrire vantaggi e svantaggi differenti. Gli ectoparassiti, che vivono sulla superficie dell'ospite, hanno il vantaggio di potersi spostare facilmente da un individuo all'altro. Tuttavia, sono più vulnerabili ai predatori esterni, come coccinelle, uccelli o altri parassiti. Invece, gli endoparassiti, che vivono all'interno dell'ospite, hanno una maggiore protezione dall'ambiente esterno e godono di un accesso più diretto ai nutrienti necessari per la loro sopravvivenza. Di contro, devono fare i conti con il sistema immunitario dell'ospite, che può tentare di eliminarli (Bowman & Hacker, 2021).

	Ectoparasitism	**Endoparasitism**
Advantages	Dispersal easier	Feeding easier
	Safer from host's immune system	More protection from external environment
Disadvantages	Feeding more difficult	Dispersal more difficult
	Greater exposure to external environment	Greater vulnerability to host's immune system
	Greater vulnerability to natural enemies	

Tabella 1.1 Vantaggi e svantaggi di vivere all'interno o all'esterno dell'ospite
Fonte: Bowman & Hacker, 2021

Oltretutto, la trasmissione dei parassiti tra gli organismi può avvenire in diversi modi. Quando la trasmissione avviene senza il coinvolgimento di un organismo intermedio si parla di trasmissione diretta. "Il contagio può avvenire per contatto diretto con un portatore, oppure il parassita può essere

disperso con aria, acqua, o altri substrati" (Smith & Smith, 2023, p 317). Un esempio di trasmissione diretta riguarda i parassiti noti come nematodi. Questi parassiti rilasciano le proprie uova nell'intestino dell'ospite, da cui vengono poi espulse insieme alle feci. Le uova si disperdono successivamente nell'ambiente, nel suolo, nell'acqua e sulla vegetazione. Un altro ospite può entrare in contatto con queste uova, che, una volta ingerite, si schiudono nell'intestino e iniziano a infettare il nuovo ospite.

Esistono tantissimi parassiti che utilizzano una trasmissione diretta, tra cui pidocchi, zecche, pulci e acari della scabbia. Questi parassiti

> depositano direttamente le loro uova sull'ospite, ma le pulci le depongono nei nidi e nei giacigli degli ospiti, dove le loro larve si schiudono per poi saltare sopra l'ospite vicino (Smith & Smith, 2023, p 317).

D'altra parte, la trasmissione diretta non è l'unico modo con cui i parassiti si muovono tra ospiti. Infatti, la trasmissione può anche coinvolgere un vettore intermedio. Per illustrare meglio consideriamo la zecca che è il vettore responsabile della malattia di Lyme. Questa malattia prende il nome da una città del Connecticut in cui si è osservato il primo caso nel 1975. "La malattia è causata da un batterio spirochete, *Borrelia burgdorferi*, che vive nel sistema sanguigno di vertebrati, da uccelli e topi ai cervi e all'uomo" (Smith & Smith, 2023, p 317). Quindi, per la trasmissione, questo parassita dipende totalmente dalla zecca, che funge da vettore. Il batterio si sviluppa al suo interno e viene trasmesso all'ospite attraverso il morso, consentendo al parassita di diffondersi tra diverse specie. Anche le zanzare sono responsabili della trasmissione di moltissime malattie come la malaria, la febbre gialla e la dengue. La loro puntura immette nel sistema sanguigno dell'organismo ospite il parassita che provocherà la malattia. Infine, molte piante vengono infettate da parassiti trasmessi dall'azione di alcuni coleotteri. Questi insetti, spostandosi da una pianta all'altra, diffondono le spore di funghi patogeni, responsabili di diverse malattie vegetali.

Quando un parassita completa il proprio ciclo vitale, quindi quando raggiunge la maturità, su uno stesso ospite, quest'ultimo viene definito ospite definitivo. Se invece il parassita ha bisogno di più ospiti poiché gli stadi del suo ciclo si sviluppano solamente se avviene una trasmissione su un organismo appropriato, si parla di ospite intermedio (Smith & Smith, 2023).

Anche gli ospiti, così come le prede, adottano strategie per difendersi dai parassiti e ridurre i danni causati dalle infestazioni. Questi adattamenti rappresentano una risposta evolutiva alla pressione esercitata dai parassiti. Attraverso queste difese, gli ospiti cercano di limitare l'infezione,

minimizzare i danni e, in alcuni casi, impedire l'accesso ai parassiti. Un metodo molto pratico utilizzato da molti uccelli e mammiferi consiste nell'utilizzare il becco oppure nello sfregarsi per eliminare e liberarsi da eventuali parassiti. Invece, un'altra difesa utilizzata dagli organismi per proteggersi da eventuali parassiti consiste nella risposta infiammatoria.

> La distruzione o il danneggiamento di cellule ospiti stimola la secrezione di istamine (segnali di allarme chimico), che inducono un aumento del flusso sanguigno nel sistema interessato, provocando un'infiammazione (Smith & Smith, 2023, p 318).

Grazie all'infiammazione, i globuli bianchi e altre cellule del sistema immunitario agiscono direttamente contro l'infezione. Tra le reazioni che questa risposta può generare, vi è la formazione di croste, che aiutano a ridurre il rischio di ulteriori ingressi da parte dei parassiti. Inoltre, in molti animali, come orsi e maiali, si sviluppano cisti nei muscoli o nella pelle, che servono a isolare e neutralizzare il parassita, proteggendo così l'organismo.

Un'altra difesa importantissima è la risposta immunitaria. Questa risposta si attiva quando un virus o batterio, chiamato antigene, entra nel circolo sanguigno. Una volta che l'antigene è entrato in circolo, i globuli bianchi, detti anche linfociti, iniziano a produrre gli anticorpi che vanno a neutralizzare gli effetti dell'antigene (Smith & Smith, 2023).

> The vertebrate immune system includes specialized cells that allow the host to recognize microparasites to which it has been previously exposed; in many instances, the "memory cells" of the immune system are so effective that the host has lifelong immunity against future attack by the same microparasite species (Bowman & Hacker, 2021, p 479).

Tuttavia, in alcuni casi i parassiti riescono ad eludere la risposta immunitaria dell'ospite attraverso un costante cambiamento dei loro antigeni. Questo meccanismo impedisce alle cellule di riconoscerlo immediatamente, consentendogli di sfuggire alla difesa dell'organismo. Questi anticorpi utilizzati dall'organismo per combattere le infezioni sono composti da proteine. Quindi, un organismo deve avere tramite l'alimentazione un apporto equilibrato di proteine. "Un calo delle riserve energetiche danneggia il sistema immunitario e permette a virus e altri parassiti di diventare patogeni" (Smith & Smith, 2023, p 320).

Oltretutto, un'infezione parassitaria può avere ricadute sulla crescita e riproduzione dell'organismo ospite. Questo perché come sottolineato in

precedenza, difendersi dai parassiti richiede un dispendio di energia molto elevato. Una buona illustrazione di questi effetti può essere osservata nelle lucertole. L'università del Vermont si è infatti concentrata nell'osservare l'impatto della malaria sulle lucertole della California e sulla loro attività riproduttiva. Joseph Schall, che si è occupato in prima linea di questo studio, ha potuto osservare che nelle lucertole infette da malaria la dimensione della covata si riduce del 15%. Questo fenomeno è dovuto al fatto che le lucertole infette hanno più difficoltà ad accumulare grassi durante l'estate. Di conseguenza durante la primavera successiva avranno meno energia per produrre le uova (Smith & Smith, 2023; Krebs, 2014). Un parassita può anche influire negativamente sul successo riproduttivo dei maschi, poiché compromette la loro capacità di attrarre una compagna. Ad esempio, un'infezione parassitaria può ridurre o alterare caratteristiche fisiche, come il piumaggio brillante degli uccelli, che le femmine considerano un segnale di qualità nel processo di scelta del partner.

Un'infezione parassitaria può influenzare notevolmente anche le percentuali di mortalità di una specie. Questo fenomeno avviene poiché l'infezione porta ad un cambiamento del comportamento dell'ospite che diventa più vulnerabile alla predazione (Smith & Smith, 2023). Nel contesto di quanto detto, un esempio utile possono essere i conigli che vengono infettati dal batterio della tularemia, chiamata anche febbre dei conigli. Questo parassita denominato *Francisella tularensis* viene trasmesso ai conigli tramite le zecche e provoca letargia, debolezza, febbre alta e problemi respiratori. Di conseguenza, il coniglio avrà meno energie per difendersi o fuggire dai predatori, diventando così un bersaglio più facile. Un altro caso in cui il comportamento dell'ospite varia a seguito di un'infezione lo si può osservare nelle blatte, vittime preferite della vespa solitaria. Come dimostrano i ricercatori Gal e Libersat, questo tipo di vespa

> inietta un cocktail di neurotossine in uno specifico ganglio cerebrale, in grado di indurre nella blatta un prolungato stato ipocinetico, che la trasforma in una sorta di "zombie" (Smith & Smith, 2023, p 320).

In seguito, la vespa depone sopra all'addome della blatta un uovo, che una volta schiuso originerà una larva che si nutrirà dei tessuti dell'ospite fino a completare la metamorfosi in vespa. In questo caso specifico si può utilizzare il termine parassitoidismo poiché la vespa si comporta come un vero predatore, portando la blatta alla morte.

1.3.6 Mutualismo

Un altro tipo di interazione biologica è il mutualismo. Questa relazione è un'evoluzione positiva del parassitismo poiché la relazione ospite-parassita è diventata benefica per entrambe le specie. Quindi, "il mutualismo è una relazione tra due specie in cui gli individui di entrambe sono favoriti nella loro sopravvivenza, crescita o riproduzione." (Smith & Smith, 2023, p 320).

La relazione mutualistica si suddivide in obbligata e facoltativa. Quando il mutualismo è obbligato significa che le specie coinvolte non possono sopravvivere o riprodursi al di fuori della relazione. Al contrario, nella relazione facoltativa questo può avvenire. Inoltre, la relazione mutualistica viene definita specializzata se una determinata specie deve avere delle associazioni con un'altra specie specifica. Al contrario, quando questa interazione ammette un'ampia varietà di partner si parla di interazione generalista (Smith & Smith, 2023).

Le specie coinvolte in questa relazione scambiano beni e servizi, traendone entrambe vantaggio.

> Lo scambio può essere di varia natura: il trasporto del partner o dei suoi gameti, la protezione del partner da fattori biotici o abiotici, la fornitura di risorse altrimenti limitanti. (Pusceddu et al., 2020, p 240).

Le relazioni mutualistiche sono molto utili per quanto riguarda il trasferimento di nutrimenti. Esempio significativo di questo tipo di relazione si può osservare negli organismi mutualistici presenti all'interno del sistema digestivo degli erbivori. Essi, grazie alla loro capacità di compiere processi di fermentazione, svolgono un ruolo fondamentale nella digestione del materiale vegetale ingerito dagli erbivori. Quindi, quest'ultimi si affidano a questa comunità microbica per quanto riguarda la digestione dei tessuti vegetali.

Inoltre, anche le piante sfruttano delle interazioni mutualistiche per poter assorbire i nutrimenti. Queste interazioni si creano tra le radici delle piante e i funghi. La pianta fornisce carbonio fissato che serve al fungo come fonte di energia necessaria alla sua sopravvivenza. Il fungo invece colonizza le radici, e aiuto la pianta ad assorbire i nutrimenti necessari (Smith & Smith, 2023). Di conseguenza, essendo una relazione mutualistica, entrambe le specie traggono vantaggio da questa interazione.

Come affermato in precedenza, una relazione mutualistica può rivelarsi utile per il trasporto dei gameti. Questo tipo di interazione la si può osservare nel meccanismo dell'impollinazione in cui avviene il trasferimento di polline dall'antere di una pianta allo stigma di un'altra. "L'impollinatore trae cibo

(sotto forma di nettare) dal fiore, al contempo favorendo il trasporto dei gameti della pianta a distanze considerevoli" (Pusceddu et al., 2020, p 240). Talvolta l'impollinazione avviene grazie al vento, che trasporta il polline sfruttando la sua forza. In altri casi, i principali responsabili dell'impollinazione sono insetti, uccelli e pipistrelli, attratti dalle piante. Quest' ultime emettono profumi e odori seducenti per attirare gli animali, che si nutrono del loro nettare zuccherino e di polline ricco di proteine. Questi animali, chiamati appunto nettarivori, raccolgono involontariamente il polline durante la loro attività di nutrizione e lo trasportano alle piante che visiteranno in seguito (Smith & Smith, 2023). Alcune piante quali i rovi e il ciliegio sono generaliste poiché hanno una fioritura rigogliosa che attira moltissimi tipi di insetti e uccelli. Altre piante, come le specie dotate di lunghe corolle, hanno sviluppato forme altamente specializzate che consentono l'accesso esclusivamente a impollinatori con adattamenti specifici, come il becco lungo del colibrì o alcune specie di insetti dotate di proboscidi.

In aggiunta, il mutualismo svolge un ruolo fondamentale anche in un altro importante processo ecologico: la disseminazione, ossia la dispersione dei semi.

> Le piante con semi troppo pesanti per essere dispersi dal vento dipendono dagli animali per il trasporto dei semi ad una certa distanza dalla pianta parentale, in siti adatti alla germinazione e all'insediamento del germoglio (Smith & Smith, 2023, p 331).

Questi animali, essendoci un'interazione mutualistica pianta-animale, aiutano nella disseminazione di semi ma quest'ultimi vengono anche utilizzati come fonte di nutrimento. Un esempio che può illustrare questo tipo d'interazione lo si può osservare nelle formiche che vivono nei deserti degli Stati Uniti e un tipo di piante chiamate mirmecocore. I semi di queste piante vengono trasportati dalle formiche all'interno dei formicai poiché sono rivestiti da un corpo nutritivo essenziale per questi insetti chiamato elaiosoma. Successivamente, le formiche dopo aver reciso l'elaiosoma per trarne nutrimento, abbandonano i semi in tunnel non più in uso del formicaio che solitamente sono zone che contengono nutrienti ideali per la germinazione del seme (Smith & Smith, 2023). Questi animali che aiutano nel processo di disseminazione e non si cibano direttamente dei semi ma dei tessuti da cui sono circondati sono chiamati frugivori. Quindi, per assicurarsi che vengano dispersi i semi le piante che sfruttano questi animali ne devono produrre un numero molto elevato.

È anche importante sottolineare il fatto che le piante attuano delle strategie per evitare che i frutti prodotti vengano mangiati prima di aver raggiunto una completa maturazione. Infatti, la frutta non ancora matura molto spesso, ha una consistenza inappetibile, rivestimenti duri e si confonde tra le foglie con una colorazione solitamente verde (Smith & Smith, 2023).

Altri tipi di relazione mutualistica si concentrano invece sulla protezione e difesa dell'organismo ospite.

> La protezione da fattori di disturbo biologico come la predazione implica per uno dei due partner (tipicamente la specie protettrice) un accesso facilitato a risorse nutritive e per l'altro (la specie protetta) la difesa da potenziali predatori (Pusceddu et al., 2020, p 240).

Questo tipo di interazione si osserva, ad esempio, nei granchi che trovano rifugio tra i tentacoli delle anemoni. Le anemoni, da parte loro, beneficiano dei resti alimentari lasciati dal granchio, mentre lo proteggono dai predatori grazie ai loro tentacoli urticanti. Inoltre, esistono delle piante erbacee che traggono vantaggio se infestate da un particolare tipo di fungo che vive all'interno del tessuto vegetale. Questo fungo è utile alla pianta poiché produce composti alcaloidi altamente tossici per i mammiferi pascolatori e per alcuni tipi di insetti erbivori. In cambio, il fungo riceve nutrienti utili per la fotosintesi (Smith & Smith, 2023).

Un altro esempio molto utile per illustrare questo tipo di relazione mutualistica difensiva lo si può osservare nella relazione tra una specie di formiche e la pianta di Acacia. La pianta fornisce un apporto costante di nutrienti alle formiche che vivono all'interno delle sue spine. Di conseguenza, le formiche aiutano la pianta a difendersi da eventuali minacce emettendo odori repellenti per far allontanare l'intruso (Smith & Smith, 2023). Infine, esiste un'altra forma di mutualismo difensivo nota come "mutualismo di pulizia". Questo tipo di interazione si osserva, ad esempio, in piccoli pesci che traggono nutrimento rimuovendo parassiti dall'epidermide e dalle branchie di grandi pesci pelagici. Allo stesso modo, in Africa, alcuni uccelli si nutrono principalmente di zecche e altri parassiti che trovano sulla pelle di grandi mammiferi come antilopi, rinoceronti e giraffe (Pusceddu et al., 2020; Smith & Smith, 2023).

Come abbiamo potuto osservare in precedenza questo tipo di interazione biologica è vantaggiosa per entrambe le specie coinvolte. Tuttavia, in alcune relazioni mutualistiche può capitare che alcune specie sfruttino in maniera eccessiva i benefici ottenuti dall'interazione. Per questo motivo alcune specie hanno sviluppato dei meccanismi particolari per evitare che ciò accada. Uno di questi meccanismi consiste nel sabotare l'individuo

riducendo o eliminando qualsiasi vantaggio ottenuto attraverso il comportamento scorretto (Bowman & Hacker, 2021). Un meccanismo di questo tipo è stato osservato da Olle Pellmyr e Chad Huth in una relazione mutualistica tra la pianta di yucca e il suo esclusivo impollinatore, la falena della yucca. La femmina della falena della yucca raccoglie il polline dalle piante e si sposta tipicamente su un'altra pianta. In seguito, depone le uova nell'ovario di un fiore e poi si arrampica fino alla sommità dello stilo depositando parte del polline che ha raccolto sullo stigma, impollinando così la pianta. Le larve che si schiudono dalle uova della falena completano il loro sviluppo nutrendosi di alcuni dei semi che si formano nell'ovario del fiore. Quindi, la pianta e la falena dipendono assolutamente l'una dall'altra per la riproduzione. Tuttavia, questo mutualismo può portare ad un eccessivo sfruttamento da parte delle falene che depongono troppe uova e, di conseguenza, consumano troppi semi. Quindi, "Yuccas have a mechanism to prevent such overexploitation: they selectively abort flowers in which female moths have laid too many eggs" (Bowman & Hacker, 2021, p 551). Solitamente queste piante abortiscono i fiori che contengono un numero di uova ritenuto eccessivo. Sebbene il segnale che determina l'aborto del fiore non sia noto, è evidente che questo meccanismo è molto efficace nel ridurre lo sfruttamento eccessivo poiché tutte le larve delle falene in un fiore abortito muoiono. (Bowman & Hacker, 2021).

1.3.7 Commensalismo

Il commensalismo è un'interazione biologica positiva, in cui una specie è influenzata positivamente da un'altra, la quale non è né danneggiata né favorita. Esso implica quindi un vantaggio per una specie e nessun effetto per l'altra. Questo tipo di interazione comprende inquilinismo, foresi e metabiosi (Pusceddu et al., 2020).

L'inquilinismo lo si può osservare quando un organismo ospita un individuo di un'altra specie sul proprio corpo senza subire effetti positivi o negativi. Al contrario, la specie ospitata beneficia di questa relazione poiché riesce ad ottenere un habitat dove poter svilupparsi (Smith & Smith, 2023). Questo tipo di interazione biologica può suddividersi a sua volta in forme differenti: meccanico, chimico e sociale. Quando si verifica un inquilinismo meccanico, l'ospite offre rifugio o supporto strutturale all'inquilino senza trarne un beneficio evidente. Un esempio concreto di specie che attua questa forma di interazione sono alcuni uccelli che nidificano nelle cavità degli alberi senza causare danni al legno. Invece, nell'inquilinismo chimico una specie trae vantaggio dalle sostanze chimiche prodotte dall'ospite. Ad esempio, come descritto in precedenza, esistono parassiti intestinali che si

nutriscono delle sostanze chimiche prodotte dall'ospite senza crearli disturbi o svantaggi. Infine, l'inquilinismo sociale coinvolge spesso insetti sociali come le formiche. Per illustrare questa forma di interazione biologica si può fare riferimento a particolari tipi di insetti che si infiltrano nei formicai e sfruttano le risorse presenti al loro interno senza danneggiare gli ospiti. (Centorrino, 2023).

Inoltre, la foresi è un'altra forma importante di interazione biologica. "Nella foresi un organismo si fa trasportare da un altro, il quale non trae alcun beneficio nel trasportare il primo" (Pusceddu et al., 2020, p 244). Questa forma di interazione è tipica in ambienti marini, dove specie poco mobili riescono a compiere distanze molto lunghe poiché si associano a specie come granchi, tartarughe marine e cetacei. Esempio di foresi si può trovare anche in ambiente terrestre. Infatti, esistono piante che producono semi dotati di uncini. Quest'ultimi, agganciandosi al pelo o alle piume di animali, riescono così a disperdersi nell'ambiente circostante (Smith & Smith, 2023).

Per concludere, l'ultima forma di commensalismo è definita metabiosi Quest' interazione biologica si crea tra un organismo e i resti di un organismo morto e la si può osservare in alcune specie di paguri che proteggono il loro addome molle con le conchiglie prodotte dai gasteropodi (Pusceddu et al., 2020).

CAPITOLO 2

LA DEMOGRAFIA DELLE POPOLAZIONI UMANE

L'oggetto di studio della demografia è la popolazione umana, con le sue dinamiche spazio-temporali, le sue caratteristiche strutturali e la sua crescita (De Rose & Rosina, 2017).

> La demografia si occupa di noi, di come siamo e di come cambiamo. Si occupa di uomini e donne che nell'interazione reciproca formano una popolazione stabilmente costituita su un territorio e in grado di darsi continuità nel tempo (p. 152).

Come analizzato nel capitolo precedente, la popolazione umana cresce con l'aumento delle nascite e dell'immigrazione, mentre diminuisce con l'incremento dei decessi e dell'emigrazione. L'insieme di queste componenti delle loro interrelazioni costituisce un sistema coerente chiamato sistema demografico.

Inoltre, l'interesse di studio della demografia si concentra anche sull'analisi delle scelte e dei comportamenti di vita che si producono all'interno delle biografie individuali delle persone come può essere la decisione di avere un figlio. Questo perché "nascite, decessi e spostamenti migratori sono eventi che si producono all'interno delle storie di vita delle singole persone" (De Rose & Rosina, 2017, p 160). In particolare, la demografia pone particolare attenzione agli eventi di transizione che segnano la vita di una persona, come il distacco dalla famiglia di origine o l'ingresso nella condizione anziana. In aggiunta, il sistema demografico interagisce con quello ambientale, socioculturale ed economico, per questo motivo la demografia può essere definita una disciplina interdisciplinare.

2.1 LO STUDIO DELLA DEMOGRAFIA

Il termine demografia è apparso per la prima volta nel 1855 nel volume di Achille Guillard denominato, *Eléments de Statistique Humaine ou Démographie Comparé.* Tuttavia, l'origine della disciplina è molto più antica infatti già nel Cinquecento, all'interno dei testi di Giovanni Botero, si parlava di un antagonismo tra due forze, la *virtus generativa* (il potere riproduttivo) e la *virtus nutritiva* (la disponibilità dei mezzi di sussistenza) che influenzavano l'evoluzione della popolazione (De Rose & Rosina, 2017). Inoltre, nel passato i demografi si limitavano ad uno studio di informazione quantitative ricavate dai censimenti della popolazione.

Pertanto, nella demografia del passato ogni evento veniva studiato in modo isolato, mentre nella demografia moderna l'attenzione è focalizzata alla "relazione tra gli eventi e all'influsso del contesto in cui si collocano" (De Rose & Rosina, 2017, p 237). Uno dei primi ad approcciarsi a questo nuovo tipo di pensiero fu Gary Becker che nel suo *Trattato sulla famiglia* del 1981 focalizzò la sua attenzione su comportamenti demografici come la scelta razionale di sposarsi e di avere figli. Di conseguenza, analizzare la biografia personale di un individuo iniziò a diventare un elemento fondamentale per gli studi demografici.

In questa accezione moderna dell'analisi demografica è evidente che la popolazione non è più semplicemente un collettivo di individui, ma l'insieme complesso delle biografie in cui gli eventi di natura strettamente demografica si producono interagendo con le altre dimensioni della vita (educativa, lavorativa, rapporti sociali e affettivi ecc.) (De Rose & Rosina, 2017, p 262). Ad esempio, studiare i fattori che portano le coppie a rinunciare ad avere uno o più figli può essere utile per comprendere perché l'Italia è un Paese a bassa natalità e ad accentuato invecchiamento.

Nonostante ciò, è utile sottolineare il fatto che comunque le persone non sono elementi indipendenti le cui decisioni sono determinate esclusivamente da caratteristiche, preferenze e valutazioni di costi e benefici espresse a livello individuale (De Rose & Rosina, 2017, p 269). Infatti, esistono fattori esterni, definiti eventi macro, come guerre, crisi economica, leggi e cataclismi che possono portare gli individui a rinunciare a determinate scelte all'interno del loro corso di vita.

Un esempio concreto di questi eventi macro è stata la legge del figlio unico in Cina, che ha imposto severe restrizioni sulle scelte riproduttive delle famiglie. Inoltre, anche il contesto territoriale in cui si vive o il gruppo sociale al quale si appartiene possono essere definite situazioni macro che possono influenzare la vita di un individuo in grado di influenzare i percorsi di vita dei singoli. Quindi si può affermare che il percorso biografico di una

persona è influenzato da fattori micro, come le preferenze individuali, gli stili di vita, i bisogni e le esigenze private e da fattori macro quali il contesto storico, sociale e territoriale nel quale si è vissuti e si vive (De Rose & Rosina, 2017).

Inoltre, un altro elemento fondamentale nello studio demografico è il concetto di tempo. Infatti, è lungo il trascorrere del tempo che si verificano eventi che andranno a creare la biografia personale di una persona. Inoltre, questo elemento ha due dimensioni particolari: una descrive il trascorrere della vita di ogni persona e l'altra descrive il trascorrere della storia. Infatti, ogni evento come una nascita o una morte corrisponde a una data storica esatta che corrisponde anche a una precisa età dell'individuo che lo ha vissuto. In aggiunta, un'altra dimensione temporale importantissima per la demografia è il concetto di generazione. Questo concetto si riferisce a un gruppo di persone nate in un intervallo di tempo relativamente ristretto, che condividono esperienze e sfide simili nel corso della loro vita. (De Rose & Rosina, 2017).

Le varie dimensioni temporali illustrate evidenziano anche come la lettura delle trasformazioni demografiche possa avvenire adottando una prospettiva sia trasversale, che osserva i fenomeni demografici alla luce della congiuntura storica, sia longitudinale, che guarda ai cambiamenti seguendo le vicende individuali all'interno delle generazioni e nel confronto tra generazioni diverse. (De Rose & Rosina, 2017, p 324).

In aggiunta, è utile sottolineare il fatto che lo studio dei dati in demografia, non è passato in secondo piano, anzi, è ancora la sua base fondamentale. Ad esempio, è importante comprendere il forte legame presente tra una rapida crescita della popolazione in alcune aree del mondo e la sua possibilità di sviluppo economico, oppure comprendere le conseguenze dell'incremento demografico sull'ambiente.

2.2 CRESCITA E POVERTÀ

Per molte persone è ovvio pensare come la crescita sia necessaria per porre fine alla povertà. Tuttavia, la struttura odierna della crescita nel sistema economico non potrà mai porre fine alla povertà, al contrario farà aumentare il divario tra ricchi e poveri. Dal 1930 ad oggi, c'è stato un aumento notevole del prodotto industriale mondiale che ha reso moltissime persone ricche ma che non ha eliminato definitivamente la povertà. Quindi, si può ipotizzare che un altro forte incremento, se pure fosse possibile senza superare la capacità portante del nostro pianeta, non porrebbe fine alla povertà se non vengono attuate modifiche per indirizzare la crescita a beneficio dei più

bisognosi (Meadows et al., 2022). Generalmente, nel sistema economico odierno, la crescita ha luogo nei paesi già ricchi, favorendo in modo sproporzionato la parte della popolazione più ricca. Ad esempio, paesi come Indonesia, Pakistan, India, Bangladesh e Nigeria, pur ospitando assieme una grande fetta della popolazione mondiale, hanno il valore del loro PIL pro capite significativamente inferiore rispetto a quello di paesi più ricchi come Stati Uniti ed Europa. Con PIL pro capite si intende il valore complessivo dei beni e prodotti all'interno di un territorio in un certo intervallo di tempo e destinati ad usi finali diviso per il numero di abitanti.

È utile quindi interrogarsi su quali possono essere le strutture che mantengono inalterato il divario presente tra ricchi e poveri.

> La prima ha a che fare con gli ordinamenti sociali – alcuni comuni a un gran numero di culture, altri peculiari di singole culture - che per ragioni sistemiche danno al privilegiato potere e risorse per accrescere il proprio privilegio (Meadows et al., 2022, p 7).

Esempi concreti che possono illustrare questo fenomeno possono essere la condizione di malnutrizione dei figli delle persone più povere paragonata a una migliore istruzione scolastica per i figli dei ricchi, oppure, l'utilizzo dei soldi per avere influenza politica. L'espressione "piove sul bagnato" esprime questo concetto in maniera molto semplice facendo intendere che vengono dati a chi ha successo i mezzi per continuare ad averne. Una società continuerà ad avere questo andamento a meno che essa attui strutture di compensazione come possono essere leggi ed imposte, per contrastare le disuguaglianze (Meadows et al., 2022).

In aggiunta, esiste una struttura che rispecchia questo nesso tra il sistema della popolazione e il sistema economico. Essa è stata presentata da World3, un modello al calcolatore creato per facilitare l'integrazione dei dati e delle teorie sulla crescita. Questa struttura che perpetua la povertà deriva dal fatto che per le popolazioni ricche, rispetto a quelle povere, è più facile risparmiare, investire e moltiplicare il proprio capitale. (Meadows et al., 2022)

Solitamente, in queste popolazioni ricche si può osservare una bassa crescita demografica che permette di spendere più risorse ed energie per alimentare la crescita economica e meno per soddisfare i bisogni relativi all'istruzione e alla sanità. Al contrario, nei paesi poveri, la situazione è differente poiché la crescita del capitale non riesce a stare al passo con la crescita della popolazione. Infatti, in queste situazioni, le risorse del paese sono utilizzate non per cercare di svilupparsi economicamente ma per costruire scuole e ospedali e per soddisfare le necessità di un'economia di

sussistenza (Meadows et al., 2022). Di conseguenza, questi bisogni immediati della popolazione sottraggono prodotto agli investimenti industriali, causando una lenta crescita economica.

La transizione demografica resta invischiata nella sua fase intermedia, con un ampio scarto tra tassi di natalità e quelli di mortalità. Se le donne non vedono nello studio o nell'attività economica un'alternativa attraente rispetto all'allevamento dei figli, questi ultimi vengono a essere una delle poche forme di investimento a disposizione, e la popolazione diventa più numerosa senza diventare più ricca, confermando il vecchio adagio secondo il quale il ricco fa soldi e il povero fa figli (Meadows et al., 2022).

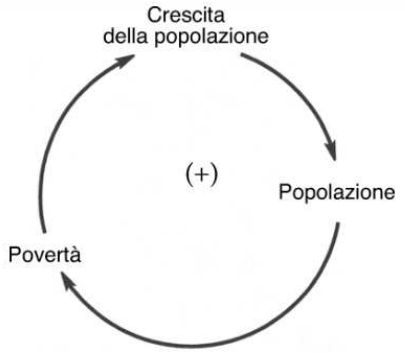

Figura 2.1 Povertà e popolazione Fonte: Meadows et al., 2022

Molto spesso la domanda che ci si pone è se è la crescita della popolazione a causare la povertà o se invece è la povertà a causare l'aumento degli individui. In realtà, come si può osservare nella figura 2.1, tutti gli elementi presenti esercitano una forte influenza sul comportamento delle popolazioni dei paesi più poveri. "Essi originano una «trappola sistemica», un anello che aggiunge disgrazia a disgrazia: mantiene povero il povero e continua a far crescere la popolazione" (Meadows et al., 2022, p 9). Di conseguenza, favorendo i consumi a discapito degli investimenti economici, la crescita della popolazione rallenta la crescita del capitale e fa quindi aumentare la povertà. La povertà, a sua volta, perpetua la crescita della popolazione tenendo le persone in condizioni in cui non hanno istruzione, né assistenza sanitaria, né pianificazione familiare, nessuna possibilità di scelta e nessun potere: l'unico modo per cavarsela è fare figli e sperare che possano apportare reddito o dare una mano nel lavoro dei familiari. (Meadows et al., 2022, p 9).

Quindi, "più povertà implica più popolazione, che implica più povertà. Tuttavia, meno povertà implica una più lenta crescita della popolazione, che implica meno povertà." (Meadows et al., 2022, p 10). Per rovesciare questo anello popolazione-povertà è necessario fare degli investimenti in ambiti differenti. Ad esempio, investire sull'istruzione e quindi sul capitale umano, è fondamentale poiché può migliorare le condizioni dei figli e le opportunità per le generazioni successive. Inoltre, le persone con istruzione maggiore sono in migliore salute e più attente alla qualità di vita. (De Rose & Rosina, 2017). In aggiunta, anche l'investimento sull'empowerment delle donne è un aspetto molto importante da considerare poiché

> le donne più emancipate, più istruite, con maggiori opportunità lavorative e che vivono in coppie con un'equa distribuzione di compiti e di potere decisionale riescono, in particolare, meglio a realizzare i propri desideri riproduttivi e sono più attente alla salute propria e dei propri cari, contribuendo alla riduzione della mortalità specie dei bambini. (De Rose & Rosina, 2017, p 2539).

I progressi sociali possono quindi ridurre il tasso di crescita della popolazione. Questo rallentamento della crescita demografica favorisce un aumento degli investimenti nel capitale industriale, che a sua volta genera una maggiore produzione di beni e servizi, riducendo così la povertà.

Tuttavia, nel passato, dove le società erano fondate sull'agricoltura, avere a disposizione un numero elevato di forza lavoro contadina poteva essere fondamentale per accrescere l'economia e la potenza militare del proprio paese. Un esempio concreto a sostegno di questa affermazione può essere la Francia durante le guerre napoleoniche. Infatti, tolta la Russia, la Francia era il Paese più popoloso d'Europa e aveva una potenza economica e militare di grande influenza (Bacci, 2024a). Nonostante ciò, le varie rivoluzioni tecnologiche come l'elettricità, il motore a scoppio e l'informatica hanno tolto al numero demografico la rilevanza primaria. "Oggi lo svantaggio numerico del mondo ricco (almeno in parte) è compensato dal livello più elevato di istruzione e, quindi, di capitale umano" (Bacci, 2024a, p 19).

Infine, è utile sottolineare il fatto che a parità di benessere individuale, un paese con un maggior numero di abitanti, rispetto a paesi più piccoli, è in grado di mobilitare masse critiche di capitale da investire strategicamente; di mettere insieme numeri critici di ricercatori capaci di produrre innovazioni; di costruire reti di centri di produzione di cultura per irradiare il mondo (Bacci, 2024)

2.2.1 Mortalità

Un altro aspetto molto importante da sottolineare per comprendere al meglio le dinamiche della crescita nei paesi più poveri riguarda la mortalità. Infatti, non ci sarebbe sviluppo senza un abbassamento della mortalità, in particolare di quella nei primi anni di vita.

La riduzione della mortalità infantile e giovanile è, inoltre, una delle condizioni della riduzione della fecondità e del passaggio da un regime di «dispendio» a uno di «economia» demografica. (Bacci, 2024b, p 208). Infatti, quando la mortalità infantile e giovanile diminuisce, le famiglie tendono a fare meno figli poiché non devono più compensare l'alta mortalità.

In primo luogo, i progressi della sopravvivenza, avanzano se la riduzione della mortalità nei primi anni di vita diminuisce. Le Nazioni Unite hanno stimato che, tra il 2015 e il 2020, nei paesi meno sviluppati la probabilità di mortalità infantile prima dei cinque anni fosse pari al 40%. Tuttavia, questa percentuale variava notevolmente da paese a paese. Ad esempio, in Africa subsahariana la probabilità era del 74%, mentre in America Latina era del 16%. Nei paesi ricchi, invece, la probabilità di mortalità infantile prima del quinto compleanno era solo del 5%. La riduzione della mortalità infantile è quindi un obiettivo fondamentale poiché favorisce la modernizzazione del comportamento riproduttivo e si associa, inoltre, a un miglioramento del livello di salute in un'età cruciale per lo sviluppo e a un miglioramento generale dell'efficienza dei sopravviventi (Bacci, 2024b, p 209).

In aggiunta, la mortalità infantile nei paesi poveri può avere cause differenti. Solitamente, le cause più frequenti sono riconducibili a malattie infettive tipiche dei primi anni di vita come morbillo, difterite, pertosse, polio e tetano. Inoltre, le condizioni igieniche precarie di questi paesi provocano spesso diarrea e gastroenteriti che risultano letali. Anche la malnutrizione è una causa di morte frequente poiché rende i bambini più suscettibili ad eventuali infezioni**.** Infine, la malaria è un altro elemento letale che purtroppo colpisce moltissimi bambini (Bacci, 2024b). Se si fa un'analisi approfondita di queste cause, si può dedurre che ci siano soluzioni per contrastarle. Ad esempio, si possono contrastare le malattie con dei vaccini oppure si può combattere contro la malaria mettendo in atto disinfestazioni. A tutto c'è rimedio purché vi siano risorse materiali, conoscenze tecniche e consapevolezza collettiva e individuale, cioè, in due parole cultura e sviluppo (Bacci, 2024b, p 209).

Le prime azioni che sono state messe in atto agli inizi degli anni '40 per ridurre la mortalità infantile sono state le introduzioni di tecnologie come antibiotici, vaccinazioni e disinfestazioni con Ddt, un pesticida per combattere la malaria. Quest'ultimo è stato fondamentale per ridurre la

mortalità infantile soprattutto in Sri Lanka, un'isola che era infestata dalla malaria. Inoltre, alla fine degli anni '70 gli organismi preposti alla salute come Unicef e Oms hanno applicato una strategia denominata Primary Healt Care (PHC) che "coinvolge la partecipazione attiva delle comunità e si basa su personale paramedico (più facile da formare) che usa tecnologie semplici ma efficaci" (Bacci, 2024b, p 214). In aggiunta, questa strategia prevedeva programmi di istruzione, sistemazione idrica e sanitaria e appropriate tecnologie agricole. L' obbiettivo di questa strategia era quello di sviluppare una consapevolezza individuale e comunitaria che è alla base dei comportamenti fondamentali utili per diminuire la mortalità infantile. Un esempio concreto che dimostra come la consapevolezza della popolazione sia fondamentale per ridurre la mortalità infantile può essere osservato confrontando il Vietnam e l'India. Tra il 2015 e il 2020, il reddito di questi due paesi era simile, ma la loro speranza di vita differiva significativamente: in India era di 11 anni superiore rispetto al Vietnam. Questa differenza indica che, a differenza del Vietnam, l'India aveva registrato un forte calo nella mortalità infantile, poiché un alto numero di decessi precoci tende ad abbassare la media della speranza di vita. Ciò significa che l'accumulo di beni materiali, da solo, non garantisce il progresso sanitario, e non solo a motivo della loro diseguale distribuzione nella popolazione. Sono spesso le condizioni di consapevolezza e conoscenza a livello comunitario, familiare e individuale che mancano: queste, poi, non sorgono necessariamente con lo sviluppo economico (Bacci, 2024b).

Di conseguenza, lo sviluppo dell'istruzione risulta fondamentale, in particolare, come già affermato in precedenza, lo sviluppo dell'istruzione femminile. Quest'ultimo è necessario poiché il ruolo della donna nell'allevamento del bambino e nell'igiene domestica è fondamentale per un progresso sanitario. Non a caso, in alcuni paesi di cultura islamica in cui la donna non ha istruzione ed è in uno stato di subordinazione, nonostante uno sviluppo discreto, la mortalità infantile presenta ancora livelli molto elevati. (Bacci, 2024b).

Infine, un altro fattore determinate a favore della lotta contro la mortalità nei paesi più poveri sono tutte le azioni che la politica di un paese compie per investire risorse nel settore sanitario. Questi investimenti risultano fondamentali poiché, come calcolato dall'Organizzazione mondiale della sanità il 90% delle morti nei paesi poveri è causato da malattie come polmoniti, diarrea, malaria e Hiv. L'alta incidenza di malattie provoca una perdita di anni di vita e in chi sopravvive provoca una diminuzione degli anni vissuti con una salute ottimale. Ne consegue che la sopravvivenza in buona salute è un requisito per quasi tutte le componenti dello sviluppo: per conquistare efficienza fisica, per acquisire capacità tecniche e intellettuali,

per estendere l'orizzonte temporale e per fare piani per il futuro (Bacci, 2024b, p 216).

2.2.2 Fecondità

Nel corso degli ultimi decenni la fecondità all'interno dei paesi più poveri ha subito una forte diminuzione dovuta principalmente ad una crescente diffusione del controllo volontario delle nascite. Tuttavia, la situazione tra i paesi più poveri è molto differente. Infatti, in Africa la fecondità è diminuita di poco, da 6,6 a 4,5 figli per donna, mentre in Asia meridionale il valore è sceso da 6,1 a 2,4 figli per donna. Questo valore di 2,4 è anche dovuto in gran parte alla notevole diminuzione di figli per donna avvenuta in India. Inoltre, un altro fattore che può essere associato a questo lento declino della fecondità nei paesi meno sviluppati è l'incremento dell'età media al primo matrimonio o dell'inizio di un'unione a fini riproduttivi (Bacci, 2024b).

Nonostante questo lento abbassamento della fecondità, osservando la forte crescita demografica delle popolazioni più povere, molti studiosi si sono interrogati su quali possono essere invece i fattori che portano ad avere valori di fecondità così elevati. Essi si sono domandati il perché la domanda di figli da parte dei genitori è ancora così elevata.

Un primo fattore consiste nel costo di allevamento dei figli. Infatti, in molti paesi rurali con economie povere questo costo non è elevato. Anzi, questo investimento è compensato dal guadagno netto che i figli possono portare alla famiglia tramite lavoro infantile e giovanile. In secondo luogo, in molti contesti sociali, i figli sono considerati da parte dei genitori una risorsa molto preziosa poiché sono "garanzia di aiuto economico e materiale, oltreché affettivo, nelle età anziane." (Bacci, 2024b, p 225). Indagini svolte in paesi meno sviluppati come Thailandia, Indonesia, Corea e Turchia hanno dimostrato come l'85% di anziani intervistati, conta, per l'età anziana un sostegno economico da parte dei loro figli. In terzo luogo, è il contesto culturale che può influire sul numero di nascite. Quest'ultimo può essere visto come mezzo di affermazione della famiglia; come strumento di integrazione tra generazioni successive; come manifestazione di adesione a radicati principi religiosi (Bacci, 2024).

Infine, l'alta fecondità presente in questi paesi può essere influenzata dall'inadeguatezza delle strutture medico sanitarie, dall'indisponibilità dei contraccettivi e in particolare dall'ignoranza dei metodi di controllo delle nascite. Di conseguenza, un abbassamento della fecondità può avvenire solo attraverso il cambiamento di queste condizioni che ne favoriscono l'elevata incidenza. Sicuramente, è necessario un abbassamento della mortalità poiché è dimostrato che quasi tutti i paesi che hanno raggiunto o superato una

speranza di vita di 65 anni presentano un numero medio di figli relativamente basso (Bacci, 2024b). In aggiunta, l'aumento del costo relativo di allevamento dei figli può essere decisivo per un declino della fecondità.

Ad esempio, questo può avvenire in presenza di livelli di istruzioni crescenti della donna che così meno disponibile a rinunciare al reddito di un'attività professionale in favore dell'attività domestica di allevamento della prole. Oppure, l'aumento del costo di allevamento di un figlio può verificarsi in presenza dell'obbligo scolastico per l'infanzia poiché può ritardare l'entrata nel mondo del lavoro da parte dei figli. Inoltre, anche un accrescimento del benessere può comportare la necessità di maggiori investimenti nei figli.

Il declino della natalità può essere anche favorito da una politica attiva di supporto alla pianificazione familiare, dalla rimozione di eventuali restrizioni legislative, dalla diffusione della conoscenza sui metodi contraccettivi, dalla loro accessibilità economica e dalla loro accettazione sociale e psicologica (Bacci, 2024b).

Oltretutto, come analizzato in precedenza, si può notare come ci siano diverse teorie per quanto riguarda le ragioni che portano i paesi più poveri ad avere un numero elevato di figli per donna. La teoria più diffusa riguarda appunto il fatto che molte donne che desirerebbero limitare la loro fecondità, non ne sono capaci poiché non conoscono le tecniche contraccettive o perché queste tecniche non sono disponibili o sono troppo costose. Al contrario, un'altra teoria sostiene che "la fecondità è determinata dalle aspirazioni della donna e della coppia" (Bacci, 2024b, p 230). Infatti, le popolazioni con alta fecondità hanno anche un'elevata domanda di figli. Quindi, pur avendo a disposizione metodi contraccettivi efficaci, quest'ultimi risulterebbero inutili poiché la fecondità rimarrebbe alta. In particolare, in Africa sub-sahariana ed in alcuni paesi islamici, questo fenomeno è molto evidente. Da questo approccio ne consegue che ciò che determina il livello della fecondità sono le motivazioni, le aspettative e i desideri: quando questi cambiano anche la fecondità cambia (Bacci, 2024b)

Quindi, in ottica di politiche future utili a ridurre la fecondità, bisogna intervenire sul fronte della domanda di figli, andando ad analizzare quali sono le propensioni, motivazioni e desideri delle coppie.

2.3 RELAZIONE AUMENTO DEMOGRAFICO E ATTIVITÀ UMANA

Superare accidentalmente, senza averne l'intenzione un dato limite, è un aspetto che caratterizza quotidianamente la vita dell'uomo e della donna. Infatti, può capitare di scottarsi una volta aperto il rubinetto dell'acqua calda

o di slittare oltre il segnale di stop con la macchina perché è presente del ghiaccio sulla strada. Tuttavia, quando il superamento di tali limiti è potenzialmente pericoloso le persone imparano a minimizzarne le conseguenze, ad esempio saggiando la temperatura dell'acqua con la mano prima di entrare in doccia.

In certi casi però il superamento dei limiti può creare le condizioni di una catastrofe. Un caso lampante coinvolge la popolazione umana che con la sua crescita e il suo continuo sfruttamento intensivo delle risorse biotiche e abiotiche sta oltrepassando la capacità di sostenimento della Terra, la sua capacità portante. In questo caso, un aspetto importante da considerare è quindi l'impronta ecologica dell'umanità, concetto introdotto da William Rees, della University of British Columbia, vale a dire

> la porzione di superficie terrestre che occorrerebbe per produrre le risorse (cereali, foraggio, legname, pesce e superficie urbana) e per assorbire le emissioni (diossido di carbonio) della popolazione globale (Meadows et al., 2022, p 11).

Ad oggi, molte risorse di importanza cruciale per la popolazione umana si stanno esaurendo e degradando; quando la base delle risorse subisce un'erosione da parte del processo di superamento dei limiti la società rischia il collasso. Tuttavia, è importante sottolineare il fatto che "tassi elevati come gli attuali non sono necessari per assicurare un tenore di vita dignitoso a tutti gli abitanti della Terra" (Meadows et al., 2022, p.8). Infatti, l'impronta ecologica umana potrebbe essere ridotta diminuendo la popolazione, modificando determinati comportamenti umani e utilizzando tecnologie per usare in modo più efficiente le risorse. L'umanità ha quindi i mezzi a disposizione per riuscire a ridurre il peso dell'uomo sul pianeta. Senza alcun tipo di intervento, la crescita della popolazione espanderà l'impronta ecologica dell'umanità. In aggiunta, ogni anno viene celebrato l'Earth Overshoot Day tradotto come il giorno del sovrasfruttamento della Terra. Questa ricorrenza è stata introdotta per far capire alle persone che le pretese che l'uomo ha nei confronti del pianeta non sono attualmente sostenibili sul lungo periodo. Questa data è calcolata da un'associazione no profit chiamata Global Footprint Network che si serve del rapporto tra la biocapacità stimata del pianeta, cioè "la capacità degli ecosistemi di rigenerare quanto le persone richiedono da un dato territorio" (Lucifredi, 2024), e l'impronta ecologica umana, vale a dire le risorse richieste dall'uomo in un anno. Questa data è puramente indicativa ed è utile per capire come l'uomo sta sorpassando ogni limite imposto dal pianeta Terra. Per comprendere meglio questo aspetto è utile sottolineare il fatto che nel 1977 questo giorno è caduto il 15 novembre,

al contrario nel 2024 l'Overshoot Day è caduto il 1° agosto, il che vuol dire che nel corso del 2024 l'uomo ha esaurito le risorse disponibili per quell'anno quattro mesi in anticipo.

Di conseguenza, una società dovrebbe cercare di svilupparsi facendo attenzione al concetto di sostenibilità. Una definizione di società sostenibile è stata data nel 1987 dalla Commissione mondiale per l'ambiente:

> una società sostenibile è una società che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare i propri (Meadows et al., 2022, p.14)

L'umanità deve quindi cercare di arrivare ad un futuro in cui riesca a creare un equilibrio, sfruttando solo risorse rinnovabili e senza modificare l'ambiente che la circonda e che garantisce la vita di milioni di specie oltre la propria. (Lucifredi, 2024). Quindi, la differenza tra una società sostenibile e non sostenibile si può paragonare "alla differenza tra un'automobile che si ferma perché il guidatore frena di proposito e una che si ferma perché si schianta contro il muro" (Meadows et al., 2022, p.14).

Tuttavia, in diecimila anni di storia il pianeta si è ristretto di mille volte, cioè, è mille volte più affollato. Di conseguenza, questa crescita continua ad aggravare sempre di più il conflitto tra popolazione e risorse (Bacci, 2015). Si può quindi paragonare l'uomo ad un predatore in continua competizione per il saccheggio delle risorse abiotiche e lo sfruttamento delle risorse biotiche oltrepassando ogni limite imposto dalla capacità portante degli ecosistemi. Già nel V secolo a.C. i Greci approfondirono il concetto generale di superamento dei limiti utilizzando il termine hybris, tradotto come eccesso, insolenza e tracotanza. Essi

> intesero una qualsiasi violazione della norma della misura cioè dei limiti che l'uomo deve incontrare nei suoi rapporti con gli altri uomini, con la divinità o con l'ordine delle cose (Abbagnano & Fornero, 1998, p. 547).

Per questa popolazione macchiarsi di hybris voleva dire rendersi colpevoli di aver infranto l'ordine e l'armonia del mondo e di non aver agito conformemente alle regole necessarie. Si può quindi affermare che ancora oggi l'uomo è macchiato di hybris, poiché con un atteggiamento arrogante e presuntuoso nei confronti della natura altera gli equilibri ecologici e mette a rischio la sopravvivenza del pianeta Terra. La crescita incontrollata della popolazione unita allo sfruttamento eccessivo delle risorse può generare

moltissime problematiche in ambiti differenti quali: lo spazio disponibile, il clima, il cibo, le malattie, le migrazioni e l'acqua.

2.3.1 Spazio

Una popolazione necessita di spazio per vivere. Spazio per alloggiare, per produrre alimenti, per attività comunitarie, per allevare animali, per estrarre combustibili, per infrastrutture (Bacci, 2015, p 36). Si può quindi affermare che la crescita della popolazione va di pari passo con l'aumento della domanda dello spazio a discapito dell'ambiente naturale. Nel corso della storia l'umanità ha quasi sempre avuto a disposizione un'abbondante quantità di terra per contenere i popoli in crescita demografica, è sempre vissuta nell'abbondanza di spazio senza preoccuparsi che si trattasse di una risorsa finita. Se una volta i limiti erano concetti remoti ed invisibili, negli ultimi due secoli stanno diventando prossimi e incombenti. Questo è causato dal forte peso che l'umanità sta cominciando ad avere sul pianeta Terra. Più dei due terzi delle terre emerse, libere da ghiacci permanenti, sono direttamente o indirettamente antropizzate.

> Direttamente, per gli insediamenti umani, industriali, infrastrutturali; per l'agricoltura intensiva ed estensiva. Indirettamente, per i pascoli o per boschi e foreste gestite (Bacci, 2024b, p 301).

Quindi, come previsto, l'aggiunta di due miliardi di persone prima della fine del secolo non farà altro che restringere le zone del pianeta, accentuando situazioni critiche per gli equilibri ambientali.

In primo luogo, un problema rilevante è l'intrusione da parte dell'uomo nelle foreste pluviali. Quest'ultime svolgono un ruolo fondamentale nel mantenere gli equilibri ambientali poiché moderano le emissioni di gas serra e quindi il riscaldamento globale, conservano le riserve idriche e preservano la biodiversità. Ma il problema centrale che le politiche debbano affrontare è costituito dal fatto che gli alberi danno maggiore (immediato) profitto quando vengono abbattuti che non quando sono vivi e vegeti, e che i pascoli e terreni coltivabili hanno più (immediato) valore che non le foreste vergini (Bacci, 2024b).

La deforestazione è stato un fenomeno che ha caratterizzato la popolazione umana nel corso dei secoli. Ad esempio, già nella metà dell'Ottocento l'Impero britannico aggredì il manto forestale dell'India per poter costruire navi e ferrovie. Oppure, la foresta atlantica sulla fascia costiera del Brasile era quasi scomparsa già agli inizi dell'Ottocento, distrutta poiché il legno serviva nelle attività minerarie e nella produzione di

zucchero. “La domanda di prodotti della foresta, e per utilizzi diversi della terra è funzione della pressione demografica” (Bacci, 2024b, p 303). La deforestazione è in costante aumento, alimentata sia dai paesi più ricchi che da quelli più poveri. I ricchi utilizzano le risorse delle foreste per espandere la loro attività ed i poveri le utilizzano come fonte primaria dei loro redditi, per soddisfare i loro bisogni giornalieri.

Ad oggi, l’attenzione è concentrata principalmente sulla deforestazione della foresta amazzonica che si stima abbia già intaccato il 20% dell’estensione originale. Le cause sono differenti: per appropriarsi di terreni per l’allevamento e l’agricoltura, sotto la continua domanda dovuta all’aumento demografico, per la produzione di legname, per attività minerarie e per l’insediamento di migranti. La deforestazione in amazzonia è anche dovuta alla maggior richiesta da parte della Cina di soia che è l’alimento base per i maiali, allevati a milioni in questo paese. Di conseguenza gli agricoltori brasiliani, per riuscire a produrre maggiormente, convertono le foreste in terreni coltivabili (Bacci, 2024b).

Inoltre, la sovrappopolazione, è un fattore cruciale per il declino della biodiversità globale, “lo scenario in cui un numero eccessivo di persone consumano e producono troppo, soppiantando o sfruttando estensivamente altre specie” (Lucifredi, 2024, p 179). L’essere umano per vivere necessita di energia e di risorse, di consumo di suolo e produce rifiuti e inquinamento mettendo a rischio la biodiversità del pianeta. Le cause principali sono l’avanzamento dei terreni agricoli e la deforestazione non sostenibile, che determinano la perdita di habitat naturali. L’eccessiva crescita demografica comporta un aumento della richiesta di spazi dove vivere, di cibo e di altre risorse. Secondo il Living Planet Report 2022 del WWF, a partire dal 1970 nel pianeta terra c’è stata una diminuzione media del 68% tra le popolazioni di fauna selvatica come mammiferi, uccelli, pesci, rettili e anfibi. In questo rapporto viene descritto come la scomparsa di specie differenti proceda a ritmi differenti a seconda della zona della Terra: si va da un 18 per cento di perdite in Europa ed in Asia centrale fino ad uno spaventoso 94 per cento in Caraibi e Sud America (WWF, 2022).

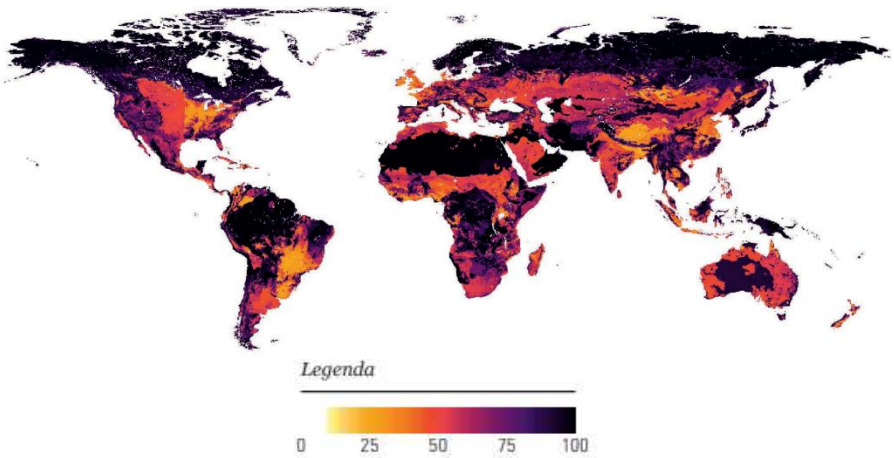

Figura 2.2 Indice di Integrità della biodiversità per l'anno 2020, la media globale è del 77% Fonte: Museo di Storia Naturale di Londra, 2022

In aggiunta, la rapida crescita demografica delle aree costiere è un altro elemento che può alterare gli equilibri ambientali del pianeta Terra. Le persone tendono a muoversi verso queste aree poiché vengono attratte dai pregi climatici e paesaggistici, dai vantaggi comunicativi e da opportunità economiche. Un esempio concreto può essere descritto utilizzando come esempio la penisola italiana. Infatti, i comuni d'Italia bagnati dal mare occupano il 14% della superficie del paese e sono occupati dal 28% della popolazione. Inoltre, le aree costiere tendono a crescere più velocemente.

> Occorre però considerare che quelle costiere sono anche le aree più fragili, nelle quali un'incontrollata espansione degli insediamenti residenziali industriali e delle infrastrutture comporta effetti negativi in termini di inquinamento dell'acqua e dell'aria, di alterazioni paesaggistiche e di aree di pregio, di esposizione a rischi naturali. (Bacci, 2024, p 306).

Purtroppo, la vulnerabilità ecologica di queste zone è spesso resa evidente negli ultimi tempi dai ricorrenti disastri naturali come tifoni ed inondazioni che hanno colpito determinati paesi Asiatici come il Bangladesh. Questi territori, posti ad altitudini inferiori ai 10 metri sul livello del mare, più

fragili, soggetti ad erosione, inondazioni ed eventi atmosferici straordinari vengono definiti LECZ, Low Elevation Coastal Zone. Secondo dei dati stimati nel 2015 l'11% della popolazione viveva in queste zone che coprono appena il 2% delle terre emerse (Bacci, 2024b). Infine, senza forti disincentivi, l'affollamento e la crescita demografica di queste zone continuerà ad aumentare.

2.3.2 Clima

L'aumento degli esseri umani sul pianeta ha avuto e continua ad avere un impatto notevole sul clima del pianeta Terra. Esso è una potente componente dei moderni cambiamenti climatici a loro volta conseguenza dell'espansione dei gas serra. Il riscaldamento globale, l'aumento del livello del mare, l'aumento di eventi climatici estremi e la tropicalizzazione delle aree temperate sono tutti elementi influenzati indirettamente dalla crescita demografica della popolazione umana e dalla crescita del volume delle attività umane (Bacci, 2024a).

Per riuscire a limitare i danni creati dai cambiamenti climatici

> le scelte individuali per quanto riguarda consumi, trasporti e stile di vita sono sicuramente importanti, ma è ormai chiaro a tutti che, per combattere il riscaldamento globale, saranno necessarie scelte politiche forti, possibilmente concordate tra le nazioni (Lucifredi, 2024, p 35).

Riguardo a questo aspetto, nel 2018, di fronte al parlamento di Stoccolma, ci fu una protesta pacifica portata avanti da una bambina svedese di appena 15 anni chiamata Greta Thunberg. Questa bambina teneva in mano un cartello con scritto «Skolstrejk för klimatet», "Sciopero scolastico per il clima". Questa protesta attirò l'attenzione di moltissimi media internazionali che portarono migliaia di persone ad imitarla. Fu così che nacque Fridays for Future, un movimento che organizza manifestazioni con milioni di partecipanti in tutto il mondo per denunciare l'immobilità della politica internazionale di fronte alla crisi climatica. I principali sostenitori di questo movimento sono principalmente ragazzi giovani poiché saranno loro a pagare il conto delle scelte attuali (Lucifredi, 2024).

Tornando al discorso sulle conseguenze delle attività umane sul clima è utile sottolineare che tra il 1970 e il 2010 il volume delle emissioni di gas serra è aumentato dell'80%. A questo aumento hanno concorso tutte le attività umane come le attività industriali, agricole e commerciali, i trasporti e la produzione di energia. Tuttavia, il problema principale di questa

questione sono le enormi disuguaglianze che caratterizzano l'impatto antropico delle emissioni di gas serra.

Quasi la metà del totale delle emissioni vengono rilasciate da un decimo della popolazione mondiale, e l'1 per cento della popolazione più impattante produce una quantità ben maggiore di gas climalteranti di quanto non faccia il 50 per cento meno impattante. Il che significa che ci sono circa 77 milioni di individui al mondo che inquinano in totale più di quanto non facciano 3,8 miliardi di persone. (Lucifredi, 2024, p 38).

Una sfida molto importante e molto complicata per cercare di mitigare il cambiamento climatico è quindi quella di disaccoppiare ogni tipo di sviluppo economico dal depauperamento ambientale. Questa sfida non è assolutamente facile poiché è da due secoli che la maggior parte dei Paesi ricchi si sviluppa attraverso l'utilizzo di combustibili fossili (Lucifredi, 2024).

In aggiunta, esistono aree che sono più vulnerabili dal punto di vista demografico. Vulnerabili per l'alto rischio di crisi umanitarie, migrazioni o guerre e un bisogno più urgente di adattarsi alle nuove condizioni ambientali.

Questi paesi sono situati in quasi tutto il continente africano ad eccezione di qualche zona dell'Africa meridionale. Altre regioni vulnerabili sono situate in Asia meridionale, in Micronesia, in Melanesia e in America centrale. Tutte queste aree "sono più esplosive da un punto di vista demografico nel contesto di un clima che cambia" (Lucifredi, 2024, p 40). Queste aree sono le più vulnerabili poiché buona parte della popolazione vive al di sotto della soglia di povertà. Esse ospitano un gran numero di persone che vengono chiamate *uprooted people*, "popolazioni sradicate", che si devono muovere per questioni ambientali, sociali e legate a conflitti bellici. Questi paesi, come analizzato in precedenza, sono inoltre caratterizzati da una bassa aspettativa di vita, spesso connessa tuttavia a un'alta fertilità della popolazione. Infine, dimostrano un forte degrado della biodiversità. Ad esempio, la Micronesia e la Melanesia sono zone particolarmente soggette all'aumento del livello del mare che è dovuto all'aumento delle temperature e all'aumento del volume dell'acqua per espansione termica. Questo fenomeno è pericoloso per questi paesi poiché le coste subiscono fenomeni di degradazione ed erosione, il terreno coltivabile diminuisce e le infrastrutture lungo le coste vengono distrutte (Lucifredi, 2024).

Oltretutto, un altro aspetto che negli ultimi decenni ha contribuito indirettamente ai cambiamenti climatici è stato l'intenso sviluppo delle aree urbane, caratterizzato da una crescente concentrazione della popolazione e dall'espansione delle città. Nel 2022 la popolazione urbana rispetto a quella rurale era pari al 57% del totale. Invece, nei paesi sviluppati la popolazione classificata come urbana supera l'80%. Si può utilizzare quindi il termine

megacittà per definire agglomerati con più di 10 milioni di abitanti. Nel 1950 di queste città così numerose ne erano presente solamente 2, e nel 2018 invece se ne contavano 48. Questa concentrazione nelle aree urbane non è di per sé un fatto negativo. Tuttavia, "il moderno processo di mega-urbanizzazione è stato compresso in pochissimo tempo in modo disordinato e spesso anarchico" (Bacci, 2024b, p 307). L'effetto negativo di queste città sull'ambiente riguarda soprattutto l'inquinamento dell'aria con suoi effetti sulla salute e quello delle acque con effetti che si propagano negli ecosistemi circostanti. Inoltre, la dispersione di agenti inquinanti può generare localmente e nei territori circostanti foschie che possono causare precipitazioni acide che danneggiano i raccolti e la salute.

2.3.3 Cibo

"La crescita degli umani dipende dalla loro capacità di assicurarsi il cibo necessario alla sopravvivenza" (Bacci, 2024b, p 285). Nel corso dei secoli la produzione di cibo ha condizionato e condiziona tutt'ora elementi differenti. Essa determina l'uso del suolo, incide sulle risorse naturali, in particolare sull'acqua e determina la distribuzione della popolazione nel territorio.

Al giorno d'oggi la popolazione è in rapida crescita e i terreni fertili a disposizione sono in diminuzione. Ad esempio, negli anni '90 l'Uganda era un Paese che aveva a disposizione terra in abbondanza. Di conseguenza, i giovani mettevano su famiglia e successivamente iniziavano a coltivare un pezzetto di terreno. Tuttavia, la situazione attuale è molto differente, infatti in molti paesi africani si verificano scontri molto aspri per riuscire ad accaparrarsi un pezzo di terreno coltivabile. Per cercare di ottenere nuove terre coltivabili ed evitare i conflitti, molti agricoltori scelgono di deforestare le aree limitrofe delle foreste pluviali. Tuttavia, spesso si trovano di fronte a suoli acidi e poco fertili, poco adatti all'agricoltura (Lucifredi, 2024).

Il timore che la produzione di cibo non riuscisse a stare al passo della crescita della popolazione era già stato citato nel *Saggio sul principio di popolazione* di Thomas Malthus del 1798. Per fortuna, questa preoccupazione è stata in gran parte ridimensionata poiché esistono produzioni agricole sempre più moderne, efficienti e affidabili che riescono a dare cibo alla maggior parte degli abitanti del pianeta. Un esempio significativo di questo successo è rappresentato dalla Rivoluzione Verde in Messico. Nel 1956, grazie al lavoro di Norman Borlaug, premio Nobel per la pace, il paese riuscì a raggiungere l'autosufficienza nella produzione di frumento. Borlaug incominciò ad incrociare varietà di frumento fino ad ottenere il cosiddetto grano nano, una varietà di pianta bassa altamente produttiva e resistente alle avversità atmosferiche. Inoltre, introdusse

l'utilizzo di fitofarmaci e fertilizzanti e riuscì ad ottimizzare l'utilizzo dell'acqua tramite sistemi di irrigazione avanzati (Lucifredi, 2024).

Sicuramente negli ultimi anni i progressi per quanto riguarda la produzione di cibo sono stati notevoli; tuttavia, esistono ancora molteplici aree che affrontano costantemente periodi di carestia dovuti a guerre, povertà e eventi climatici estremi. Nel 2021, le persone afflitte dalla fame che si trovavano in una situazione di fame moderata o grave erano circa 2,3 miliardi, il 29,3% della popolazione mondiale. Attualmente, nelle popolazioni povere l'aumento demografico è notevole ed è più rapido della riduzione dell'incidenza relativa della fame. Ne consegue un aumento del numero assoluto degli affamati (Bacci, 2024b).

In aggiunta, il futuro della produzione agricola dipende in parte dai cambiamenti climatici. Questo perché in alcune parti del globo terrestre, in particolare in alcune zone di Africa ed Asia come, ad esempio, in India e Pakistan, le produzioni agricole non aumenteranno, ma al contrario diminuiranno notevolmente a causa di condizioni atmosferiche estreme. Quindi, pur avendo tecnologie a disposizione, a causa di questi cambiamenti, molte zone non riusciranno ad essere autonome nella produzione di cibo, non si riuscirà a raggiungere una parità tra quello che serve e quello che si riuscirà a produrre. Inoltre, se si fa un'analisi delle curve di crescita di paesi come Nigeria e Pakistan si può notare come questi Paesi non raggiungeranno mai una produzione alimentare tale da riuscire ad essere completamente autonomi. Bisogna comprendere che purtroppo il nostro pianeta è diviso in due parti: "una in cui si può addirittura pensare di ridurre quanto viene prodotto e l'altra in cui non si riesce minimamente a produrre quanto serve" (Lucifredi, 2024, p 67).

Altresì, la storia mostra come, per far fronte alla crescita demografica, la popolazione umana abbia cercato di espandere le terre coltivabili e intensificare la produzione agricola. Tuttavia, è ormai evidente che queste strategie non sono più sostenibili per l'ambiente. Infatti, l'espansione delle terre coltivate favorisce l'aumento dell'antropizzazione, un processo che non può continuare indefinitamente, poiché lo spazio disponibile è limitato. Ad esempio, in paesi come il Bangladesh, questo limite è già stato superato (Bacci, 2024b). In seguito, un'intensificazione della produzione comporta "l'uso sia di fertilizzanti e di prodotti chimici, sia di acqua per l'irrigazione. Generando così maggior inquinamento dei suoli e delle acque" (Bacci, 2024, p 290). Una possibile soluzione per affrontare questo problema potrebbe essere l'adozione di biotecnologie avanzate.

Le tecnologie genetiche più moderne permettono di rendere più produttive le varietà che si possiedono già e soprattutto quelle che i coltivatori prediligono. A fronte dei cambiamenti climatici, permettono

dunque di mantenere produttive le colture tradizionali, anche in un mondo con un clima diverso da quello in cui queste stesse varietà sono state originariamente selezionate (Lucifredi, 2024, p 63).

Tuttavia, l'utilizzo di queste tecnologie è ancora oggetto di moltissime discussioni dal punto di vista scientifico, etico ed economico. Inoltre, un'osservazione molto interessante sul consumo di carne da parte degli esseri umani è stata descritta dal biologo Mauro Mandrioli. Egli sostiene che l'attuale livello di consumo di carne è insostenibile. Negli Stati Uniti, il consumo pro-capite raggiunge una media di 150 chilogrammi all'anno, mentre in Europa, seppur inferiore, si ha un valore elevato, con circa 75 chilogrammi annui per persona. Egli afferma che

> se volessimo portare 10 miliardi di persone a consumare la carne di cui si nutre mediamente un europeo, un simile progetto non sarebbe in alcun modo realizzabile (Lucifredi, 2024, p 57).

Mandrioli sostiene quindi che il futuro delle produzioni alimentari debba orientarsi su altri prodotti, come i legumi. In questo modo si preserverebbe anche la biodiversità poiché produrre mangimi e allevare gli animali ha un impatto ambientale notevole. Nel mondo esistono moltissimi allevamenti intensivi nei quali si trattano moltissime quantità di mangime e si smaltiscono quantità elevate di liquami. Inoltre, vengono rilasciate quantità enormi di gas serra. Infine, il biologo si sofferma anche su una questione che a prima vista può sembrare banale ma che invece è molto importante. La questione è che al giorno d'oggi la percentuale di persone che non cucinano abitualmente è aumentata moltissimo. Spesso le persone mangiano cibi già pronti che comportano più packaging e di conseguenza più rifiuti da smaltire.

Secondo Mandrioli "bisogna far comprendere alle nuove generazioni che cucinare è una forma di cultura, ed è sostenibile anche dal punto di vista ambientale" (Lucifredi, 2024, p 69). Queste questioni sono possibilità accessibili principalmente ai paesi che non affrontano gravi problemi alimentari. Una riflessione si può quindi fare sul fatto che, mentre alcuni paesi discutono su come ridurre gli sprechi e su diete più sostenibili, altri lottano ancora contro la malnutrizione e l'insicurezza alimentare.

2.3.4 Malattie

In un articolo del 2021 della rivista scientifica "Ethics Medicine and Public Health", viene descritto come la diffusione epidemica di nuove malattie è spesso favorita da elementi come la sovrappopolazione, la globalizzazione, l'urbanizzazione e l'invasione da parte dell'uomo degli

habitat naturali. La crescita demografica ha portato l'uomo a creare nuovi centri urbani andando a contaminare aree un tempo selvagge e disabitate. Di conseguenza, questo meccanismo ha aumentato le probabilità di entrare a contatto con animali portatori di eventuali nuovi patogeni (Lucifredi, 2024). Ad esempio, molte teorie affermano che l'epidemia dell'Ebola è stato il risultato dello sfruttamento di una fitta area forestale della Guinea per scopi minerari in cui erano presenti pipistrelli della frutta che hanno innescato l'epidemia.

Un altro fattore citato nell' articolo, responsabile della diffusione di epidemie, è la domanda alimentare conseguente all'aumento demografico. Un esempio concreto lo si può osservare in Borneo, un'isola del sudest Asiatico. Infatti, in questo paese la diffusione della malaria sembra essere dovuta all'inarrestabile deforestazione a fronte della richiesta di suolo necessario per ospitare nuove piantagioni di palme da olio (Lucifredi, 2024, p 120). In aggiunta, sempre facendo riferimento alla domanda alimentare, vengono citati tutti quei luoghi in cui gli animali vengono ammassati in condizioni igieniche deplorevoli. Questi esseri viventi trascorrono la loro intera esistenza come ingranaggi di una gigantesca filiera di produzione, e la lunghezza e qualità della loro vita sono determinate dalla logica del profitto e della perdita (Harari, 2017, p 425).

Ad esempio, in molti allevamenti intensivi di galline, quest'ultime vengono rinchiuse in gabbie di circa 25x22 centimetri, in cui non riescono neanche a muovere le ali o a stare in posizione eretta. Oppure, molte mucche da latte trascorrono l'esistenza assegnata a loro in minuscoli recinti, dove possono restare solamente in piedi o sdraiate, dormendo nella propria urina e nei propri escrementi. "La mucca è considerata in sostanza come poco più che una bocca che assume materie prime e una mammella che produce marmellata commerciale" (Harari, 2017, p 427). Di conseguenza, questi stabilimenti rappresentano ambienti ideali per favorire l'insorgenza di un eventuale infezione. Un altro fattore responsabile dell'insorgenza di nuove zoonosi batteriche resistenti ai farmaci è l'uso eccessivo di antibiotici in questi allevamenti. Inoltre, nel mondo esistono anche i mercati umidi, luoghi in cui animali differenti vivono ogni giorno a contatto con l'uomo. Non è casuale che il mercato all'ingrosso di Wuhan, in Cina, venga indicato come il probabile focolaio in cui ha avuto origine la pandemia di Covid-19 (Lucifredi, 2024).

Infine, nello studio presente all'interno di questo articolo scientifico, viene descritto come anche l'uomo sia in prima persona responsabile della diffusione delle malattie infettive. Infatti, le continue migrazioni tra paesi, spesso dovute alla sovrappopolazione, possono costituire un vettore

importante per la loro diffusione. In tutte le patologie trasmissibili, meno spazio si ha tra le persone e più le malattie si diffondono.

Oltretutto, come già accennato in precedenza, l'aumento dei rischi di nuove pandemie è in parte dovuto alla sovrappopolazione che porta alla deforestazione, nelle zone subtropicali del globo, di ampie porzioni di terreno. Deforestando ambienti precedentemente non antropizzati, specie selvatiche come pipistrelli entrano più facilmente a contatto con l'uomo. "La necessità di nutrirsi spinge questi ultimi a cibarsi di animali selvatici, e questo senza dubbio aumenta il rischio di pandemie" (Lucifredi, 2024, p 123).

Facendo riferimento alla storia dell'umanità si può osservare come le malattie non sembrano essere degli eventi casuali. Esse si sono sempre verificate ed è solo grazie alla medicina che non si è più verificato questo "meccanismo naturale in grado di mantenere l'equilibrio all'interno di una società e tra quest'ultima e il suo ambiente" (Lucifredi, 2024, p 134). Come discusso nel capitolo precedente, in natura esiste un costante meccanismo di equilibrio tra un organismo e il suo predatore all'interno di un ecosistema. Se i predatori diventano troppi, le prede diminuiscono di conseguenza. Si può quindi affermare che a parte sé stesso, le malattie sono uno dei predatori dell'uomo.

> Perciò la malattia non è un imprevisto o un'imperfezione di questo mondo, ma ne fa pienamente parte e funziona come un dispositivo per mantenere in equilibrio il sistema nel suo complesso (Lucifredi, 2024, p 135).

Oggi, grazie ai progressi nei trasporti e nelle infrastrutture sanitarie, le strutture ospedaliere sono rapidamente accessibili in caso di malattie infettive. Tuttavia, esistono ancora notevoli disuguaglianze a livello globale. Infatti, le epidemie colpiscono con maggiore violenza e frequenza i Paesi più poveri, dove l'accesso alle cure e ai servizi è limitato. Se le malattie colpissero in modo uniforme l'intera popolazione mondiale, potrebbero essere accettate come un predatore naturale dell'uomo. Tuttavia, le cure esistono, ma non sono disponibili ovunque, rendendo la malattia una questione di giustizia sociale. "Non si può avere tutto da una parte quando dall'altra si muore per una sciocchezza" (Lucifredi, 2024, p 136).

2.3.5 Migrazioni

Uno dei principali problemi sociali relativi alla sovrappopolazione sono le migrazioni. Le persone decidono di migrare per la mancanza di risorse,

per la necessità di un lavoro e per la richiesta di forza lavoro. Nei luoghi in cui la densità demografica raggiunge livelli tali da non avere più cibo e risorse, le persone sono costrette a spostarsi in altri luoghi. Spesso vengono scelti paesi ricchi in cui generalmente il tasso di natalità è basso e dove la popolazione sta lentamente invecchiando (Lucifredi, 2024). Di conseguenza, con un progressivo invecchiamento dell'età media degli abitanti, questi paesi ricchi saranno costretti a sfruttare la giovane forza lavoro proveniente dall'estero. Un esempio eclatante di migrazione di massa è avvenuto nel 2017 quando il popolo islamico dei Rohingya, ha dovuto emigrare dal Myanmar, Nazione buddhista, verso il Bangladesh, per sfuggire da violenza e persecuzione.

> Le tensioni sociali, razziali o etniche vengono esasperate dalla crescita delle popolazioni che vivono a stretto contatto: scoppiano conflitti e violenze, e la parte più debole solitamente emigra in cerca di rifugio in zone che però non è detto possiedano gli strumenti per accogliere profughi in numeri elevati (Lucifredi, 2024, p 175).

La maggior parte di questi migranti, a seguito di un pericoloso viaggio in mare nel golfo del Bengala, ha raggiunto la periferia della città di Cox's Bazar, in Bangladesh. Dopo essersi stabilizzati, hanno avviato lo sviluppo del campo profughi di Kutupalong, che oggi è il più grande al mondo. Il problema principale presente all'interno di questo campo profughi è che la crescita demografica è in continuo aumento, dove il tasso di natalità si aggira intorno ai 3,8 figli per donna. Ad oggi la popolazione si aggira intorno al milione di persone, concentrate in poche decine di chilometri quadrati. Di conseguenza, ettari di foresta vengono disboscati per ampliare il campo profughi e per utilizzare la legna per cucinare. Il disboscamento provoca danni significativi alla fauna locale, in particolare agli elefanti, il cui habitat naturale viene distrutto. Inoltre, rende il campo più vulnerabile a frane e colate di fango, fenomeni che si verificano frequentemente durante la stagione delle piogge (Lucifredi, 2024).

La sovrappopolazione è quindi uno dei problemi principali poiché gestire un campo profughi con un milione di abitanti in continuo aumento richiede sforzi politici ed economici notevoli.

2.3.6 Acqua

I bacini e le falde acquifere hanno un ruolo essenziale per la vita di un essere umano; il loro sfruttamento deve quindi avvenire rispettando il bilancio idrico tra alimentazione e prelievo. Tuttavia, in aree come le piane

settentrionali della Cina e gli altopiani dell'America meridionale, che dipendono quasi esclusivamente dall'agricoltura, è comune che si verifichi un eccessivo prelievo delle acque. Inoltre, come mostrato in figura 2.3.6 l'indicatore dello stress idrico, "cioè il rapporto tra la quantità di acqua prelevata e la quantità di acqua rinnovabile disponibile" (Treccani, n.d.), registra un uso insostenibile delle risorse idriche anche in altre Paesi del mondo.

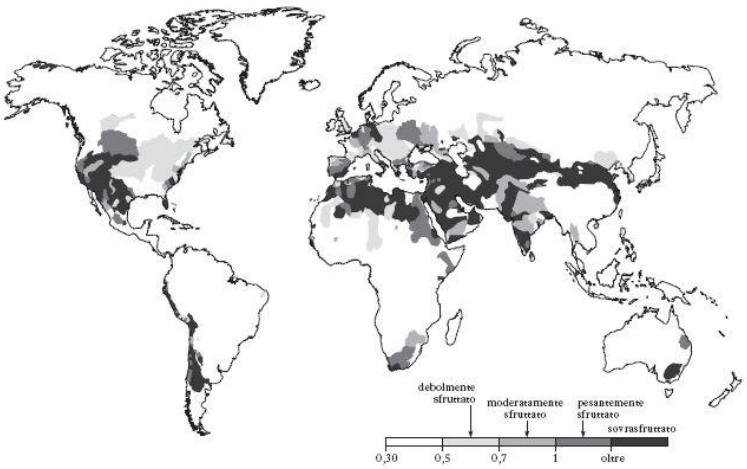

Figura 2.3 Mappa relativa allo stress idrico globale Fonte: (Treccani, n.d.)

In aggiunta, in molti paesi, le acque utilizzate vengono reimmesse nelle falde senza alcun trattamento, causando un aumento dell'inquinamento chimico e batteriologico sia delle acque superficiali, che confluiscono nei principali corsi fluviali, sia delle falde superficiali. Questo meccanismo comporta una ricerca dell'acqua non contaminata utilizzando pozzi sempre più profondi, che portano ad un aumento dei costi di estrazione e alterano sensibilmente l'equilibrio ecologico delle falde profonde, la cui ricarica è più fragile rispetto a quelle superficiali (Treccani, n.d.). Infatti, l'utilizzo intensivo di prodotti chimici da parte del settore agricolo e lo scarico di metalli pesanti del settore industriale contribuiscono ad aumentare l'inquinamento delle acque, che necessitano trattamenti di depurazione da impianti appositi. Di conseguenza, il costo dell'acqua aumenta diventando un ostacolo per le popolazioni più povere.

Oltretutto, fenomeni come il disboscamento la desertificazione possono portare ad una minore attività di ritenzione delle acque e possono impedire

la ricarica degli acquiferi, in quanto l'evapotraspirazione e il forte dilavamento superficiale non permettono all'acqua di penetrare nel terreno. Pertanto, l'acqua confluisce a valle aumentando fenomeni di erosione e provocando piene ed inondazioni. Quindi, il continuo bisogno di spazio agricolo da parte dell'umanità, a discapito delle foreste, comporta un aumento della velocità delle acque verso valle, con la conseguente perdita di materiale nutriente per le coltivazioni e un aumento dei regimi torrentizi.

> Il regime idrico viene pertanto sconvolto, l'accesso alle risorse si rende più difficile, comportando investimenti per riparare danni ecologici talora irreversibili ed esponendo le popolazioni più povere sempre più al rischio idrico (Treccani, n.d., par 1).

Per di più, anche i cambiamenti climatici rappresentano un punto cruciale da tenere in considerazione per quanto riguarda la disponibilità e la gestione dell'acqua poiché possono influenzare in modo significativo le risorse idriche globali. Infatti, l'innalzamento delle temperature provocherà una maggiore evaporazione nelle acque degli oceani, intensificando il ciclo dell'acqua. Le zone umide saranno probabilmente interessate da maggiori precipitazioni, più intense e concentrate nel tempo, causando fenomeni alluvionali. Al contrario nelle zone più aride, vi sarà presumibilmente una diminuzione e una maggiore irregolarità delle piogge. Inoltre, i cambiamenti climatici incideranno negativamente sulle risorse idriche rinnovabili in alcune aree del mondo legate principalmente alla produzione agricola, come Angola, Malawi, Zambia, Medio Oriente, parte del Brasile, del Venezuela e della Colombia (Treccani, n.d.). In questi luoghi si potrà assistere ad una frequente imprevedibilità di fenomeni alluvionali e di siccità.

In aggiunta, anche le riserve d'acqua presenti all'interno dei ghiacciai sono in diminuzione a causa del riscaldamento climatico che determina rilasci di acqua in tempi più brevi, causando eventi alluvionali in primavera e mancanza d'acqua in estate. Per esempio, sono a rischio anche i ghiacciai del Tibet e dell'Himalaya che forniscono acqua potabile a più di due miliardi di persone. Infine, secondo l'IPCC, l'Intergovernmental Panel On Climate Change, il livello medio del mare potrebbe innalzarsi tra 9 e 88 cm entro i prossimi 100 anni, con conseguenze significative sulla sicurezza all'accesso di risorse di acqua potabile. Infatti, nelle falde acquifere costiere ci sarà un aumento della salinità, le coste subiranno una forte erosione e le inondazioni diventeranno sempre più frequenti. Le aree più a rischio sono quelle dei grandi delta, in particolare in Bangladesh, Egitto, Nigeria e Thailandia, dove vivono circa 110 milioni di persone. L'unico intervento possibile da parte della comunità internazionale per mitigare questo fenomeno è minimizzare

il cambiamento climatico, indebolendo il legame tra sviluppo economico ed emissione di anidride carbonica (Treccani, n.d.).

Un altro elemento legato all'utilizzo dell'acqua da parte dell'essere umano sono le dighe. Quest'ultime vengono costruite principalmente per espandere l'irrigazione, per produrre energia e per regolare il flusso dell'acque in caso di forti piogge. Tuttavia, la costruzione di una diga può essere dannosa per l'ambiente, in particolare per la biodiversità. Infatti, una diga può frammentare gli ecosistemi d'acqua dolce ostruendo le rotte migratorie di alcune specie, che sono essenziali per la loro riproduzione e alimentazione. Tutto ciò limita quindi la dispersione della specie e in casi estremi ne provoca l'estinzione (Dasgupta, 2021).

2.3.7 Miniere

I minerali e i metalli pesanti svolgono un ruolo centrale nell'economia globale e, in molti paesi, l'attività mineraria è una fonte importante di sviluppo economico. Infatti, i metalli pesanti hanno un ruolo importantissimo, poiché presentano un'elevata conduttività elettrica, caratteristica che li rende ideali per applicazioni in ambito elettronico-tecnologico. Tuttavia, gli effetti dannosi dell'estrazione mineraria costituiscono una sfida per la società moderna da riconoscere e affrontare. Infatti, l'uomo estrae minerali e altre risorse del sottosuolo con l'unico obiettivo di soddisfare il fabbisogno energetico ed economico, senza considerare gli effetti a lungo termine sull'ambiente. L'estrazione e la lavorazione dei minerali porta con sé numerosi impatti ambientali come, ad esempio, la movimentazione e l'inquinamento del suolo, la contaminazione delle acque superficiali e sotterranee dovute allo sversamento di inquinanti, l'utilizzo spropositato di energia e sostanze chimiche e la perdita di biodiversità. Negli ultimi anni alcuni Paesi hanno cercato di limitare ogni forma di inquinamento e di danno ambientale causato dall'attività mineraria. Questo però non è ancora accaduto in alcuni Paesi del mondo in cui il governo è concentrato maggiormente su questioni economiche e politiche, mettendo in secondo piano le tematiche ambientali. Per avvicinare le compagnie minerarie al "mondo green", i governi attuano provvedimenti economici come, ad esempio, incentivi per chi cerca di utilizzare metodi estrattivi che rispettano l'ambiente. Inoltre, rendere il sito estrattivo più sostenibile può favorire benefici sociali, contribuendo a ridurre i conflitti e a instaurare un rapporto più pacifico con le comunità locali. Spesso però, alcune compagnie minerarie contestano questo sistema più sostenibile

poiché le quantità minori di materie prime estratte limitano i loro profitti economici.

In primo luogo, le miniere possono avere quindi un notevole impatto negativo sulla qualità delle acque dei territori limitrofi. Ad esempio, nel 2019 uno ricerca condotta dalla Columbia University trovò un'elevata concentrazione di metalli pesanti all'interno dei fiumi vicini alla miniera di Porgera, in Papa Nuova Guinea. Questo perché la compagnia mineraria scaricava i residui delle estrazioni, con l'approvazione del governo locale, direttamente nei fiumi. I risultati dimostrarono livelli oltre la norma di cadmio, piombo, nichel, arsenico e zinco all'interno delle acque. Per questo motivo, i residenti evitano di utilizzare queste acque come fonte primaria di acqua potabile. Tuttavia, è comune vedere bambini giocare nei fiumi contaminati, esponendosi così ai residui tossici, che spesso causano sensazioni di bruciore a contatto con la pelle. Poiché l'estrazione mineraria può avere un impatto negativo sulle risorse idriche, le aziende, in teoria, dovrebbero avere la responsabilità di dimostrare che le loro operazioni non influiscono negativamente sulla qualità dei corpi idrici a valle (RMF, 2021).

In secondo luogo, è utile sottolineare che comunque i metalli pesanti sono elementi naturali e spesso sono fondamentali in piccole quantità per gli organismi in quanto la loro presenza è alla base di funzioni fisiologiche di molti organismi viventi, compreso l'uomo. Tuttavia, eccessi di concentrazione di alcuni metalli pesanti possono causare danni gravissimi agli organismi. Ad esempio, l'eccessiva esposizione al Nichel può provocare danni respiratori gravi e problematiche cutanee. Invece, livelli elevati di Cadmio nell'organismo possono provocare danni a polmoni, reni e problematiche al sistema scheletrico e nervoso. Oppure, l'esposizione al piombo può provocare danni permanenti nei bambini come malformazioni e disfunzioni alla nascita.

2.4 SFRUTTAMENTO COME FORMA DI PARASSITISMO

Come descritto nel capitolo precedente, il parassitismo è un'interazione biologica in cui un organismo, il parassita, trae vantaggio dalla relazione instaurata con un altro organismo che subisce un danno. Analogamente, anche all'interno della popolazione umana si possono verificare casi concreti di situazioni di parassitismo, di sfruttamento. Con il termine sfruttamento si può far riferimento al vantaggio personale acquisito con l'utilizzazione fraudolenta dell'altrui iniziative o capacità, o con l'approfittarsi senza scrupoli dello stato di bisogno o d'inferiorità di chi presta la propria opera (Devoto & Oli, 1971).

In questi casi, è presente una persona definita sfruttatore, che migliora la propria posizione interagendo con lo sfruttato e contestualmente peggiorando la posizione di quest'ultimo, il quale trarrebbe sicuramente vantaggio dall'assenza di qualsiasi relazione con il primo. Questo tipo di dinamica, quando riguarda i rapporti tra esseri umani, è definito sfruttamento interpersonale (Bernardi, 2019).

In primo luogo, come descritto in precedenza, l'uomo saccheggia le risorse abiotiche e sfrutta le risorse biotiche senza imporsi limiti. Purtroppo, però, nel corso della storia, l'essere umano non si è limitato allo sfruttamento di queste risorse. Infatti, esiste la schiavitù, uno sfruttamento interpersonale che ha segnato e continua a segnare la storia della società umana. Infatti, le società schiaviste prosperano sfruttando il lavoro e le risorse degli schiavi senza dare loro alcun vantaggio, mantenendoli in condizioni di dipendenza e privazione. Lo schiavo è quindi in una condizione di schiavitù in cui viene sfruttato e allo stesso tempo danneggiato dal proprio schiavista. In molte civiltà antiche del passato, l'uso di manodopera asservita rappresentava la base della loro economia.

> Fu durante l'espansione della civiltà greco-romana (500 a.C. – 500 d.C) che la schiavitù strutturò profondamente la vita economica e sociale; e il diritto romano, in particolare, lasciò in eredità all'Occidente il principio della legalità dell'istituto schiavile (Delpiano, 2009, p 8).

Tuttavia, nel corso dei secoli, con l'avvento del Medioevo le società schiaviste in senso stretto cominciarono a tramontare, poiché la manodopera schiavile non costituì più il fondamento del sistema economico in nessuna parte d'Europa. La schiavitù antica si era trasformata in un nuovo vincolo di dipendenza personale diventando servaggio medievale, conseguenza della rivoluzione feudale del X-XI secolo (Delpiano, 2009). Questo processo che ha portato alla fine della schiavitù antica è stato molto lento e complesso, legato al cambiamento degli equilibri politici ed economici in parte dovuto alla caduta dell'Impero romano d'occidente nel 476 d.C. Infatti, la fine delle guerre romane impedì il continuo rifornimento di prigionieri di guerra e l'instabilità politica portò ad un minor controllo seguito da fughe di massa da parte degli schiavi (Delpiano, 2009).

Tuttavia, il tramonto della schiavitù e la nascita del servaggio non impedirono affatto lo sviluppo di altre forme di schiavitù nell'Europa mediterranea. Infatti, nell' XI secolo ci fu una notevole rinascita economica, legata ad un aumento demografico, che rilanciò il commercio schiavile in

molte città del mediterraneo. Ad esempio, città come Genoa e Venezia iniziarono ad espandersi verso i Balcani danneggiando le popolazioni slave.

> Non è un caso che, per designare gli schiavi, il termine latino *servus* fosse sostituito, proprio verso l'XI secolo, dalla parola *sclavus*, poi *slavus*, che indicava l'etnia allora prevalente della maggior parte degli schiavi (Delpiano, 2009, p 11).

In aggiunta, alla fine del Quattrocento si diffusa una pratica definita schiavitù atlantica ai danni degli africani che coinvolse le due sponde dell'Atlantico. Le origini di questa schiavitù sono strettamente legate al concetto di tratta, con il quale si fa riferimento al commercio europeo degli schiavi neri (Delpiano, 2009). L'inizio di questa pratica è dovuto all'avvento del colonialismo, quando i paesi della penisola iberica, quali Spagna e Portogallo, intrapresero la politica coloniale.

La svolta che condusse all'ampliamento dell'impiego di lavoro schiavile si deve all'introduzione della produzione di canna da zucchero nelle isole dell'atlantico, ove si sviluppò l'economia di piantagione (Delpiano, 2009, p 13). Questo perché la produzione di questa risorsa necessitava la presenza di una manodopera numerosa utilizzata per il processo di estrazione che richiedeva un'attività ininterrotta. Nel Cinquecento l'instaurarsi di relazioni commerciali con il regno del Congo portarono un aumento del traffico di schiavi. Inoltre, con la tratta atlantica di schiavi, iniziarono a nascere reti commerciali sempre più stabili in risposta ad una richiesta continua connessa allo sviluppo americano dell'economia di piantagione. Tuttavia, la schiavitù e il commercio di schiavi africani era una pratica già diffusa nell'VIII secolo che però coinvolgeva maggiormente donne e bambini utilizzati per servizio domestico. Nonostante ciò, "tra Cinquecento e Ottocento la tratta atlantica diede vita a uno dei più grandi spostamenti forzati di esseri umani" (Delpiano, 2009, p 15). In America, l'uso degli schiavi nelle piantagioni fu una pratica introdotta dagli spagnoli, soprattutto a partire dall'arrivo di Cristoforo Colombo nel 1492.

All'inizio questo fenomeno coinvolse soprattutto gli indios, abitanti delle popolazioni locali che venivano sfruttati e controllati da un colono che si impegnava a convertirli al cristianesimo. Tuttavia, con il passare degli anni, la popolazione di indios subì un grave calo demografico dovuto al lavoro massacrante a cui erano sottoposti e a gravi epidemie. Di conseguenza, si iniziò a prediligere l'utilizzo schiavi neri, ritenuti più robusti e abituati a lavori estenuanti. Oltre al lavoro nelle piantagioni, gli schiavi erano impiegati anche in ambito domestico, svolgendo mansioni come cuochi e giardinieri, oppure in attività artigianali, lavorando come fabbri e falegnami.

Anche il lavoro in miniere, come quelle d'argento in Messico e in Perù, era un'attività in cui venivano sfruttati moltissimi schiavi costretti a svolgere un lavoro logorante. (Delpiano, 2009).

La tratta degli schiavi e la schiavitù, pur non essendo elementi decisivi per la crescita economica delle potenze europee, hanno comunque avuto un ruolo molto importante nel corso dei secoli. Infatti, "furono tra i fattori dello sviluppo economico occidentale" (Delpiano, 2009, p 21).

Purtroppo, però, la schiavitù non appartiene solo a un barbaro passato, ma è una realtà ancora attuale, in cui molte persone vivono in questa condizione nonostante sia ufficialmente proibita. Come affermato da Amnesty International (2025), "nel 2022, vi erano circa 49,6 milioni di moderni schiavi e che 12,3 milioni erano minori". In questa schiavitù moderna la differenza sostanziale che si ha con la schiavitù del passato è che non si basa più sull'esistenza di uno status giuridico differenziato ufficialmente riconosciuto. La schiavitù non è mai scomparsa; ha preso, piuttosto, una forma diversa (Bales, 2000). Infatti, in passato acquistare e mantenere uno schiavo richiedeva uno sforzo notevole. Al contrario, nell'epoca moderna, i potenziali schiavi sono numerosissimi. Questo perché le condizioni di estrema povertà presenti in molte parti del mondo rendono le persone più vulnerabili allo sfruttamento. Infatti, le vittime del fenomeno fanno parte dei settori più poveri e vulnerabili della società. Generalmente, le persone sfruttate, in maggioranza donne e bambini, appartengono a gruppi con uno status sociale ritenuto inferiore come minoranze etniche o religiose, popolazioni native e gruppi nomadi. (Amnesty International, 2025). Inoltre, come avveniva nel passato, non è più necessario mobilitarsi per importare schiavi dall'estero, evitando così i costi e i rischi associati a tale pratica. Infatti, oggi, le vittime di questa pratica disumana, la maggior parte delle volte, si presenta in maniera spontanea, spesso in una condizione di irregolarità che incrementa la loro vulnerabilità (Bernardi, 2019).

> Sono schiavi 'usa e getta': costano poco, ce ne sono in abbondanza, e quando non 'funzionano' più si abbandonano a sé stessi. Altri li sostituiranno. (Amnesty International, 2025, p 1)

Quindi, proprio come un parassita agisce sul suo ospite, il padrone consuma lo schiavo fino a che è utile per poi dismetterlo nel momento in cui non risulta più conveniente mantenerlo.

Attualmente, esistono diverse forme di schiavitù come: schiavitù per nascita, schiavitù per debiti, tratta e lavoro forzato. In primo luogo, nella condizione di schiavitù per nascita una persona diventa schiavo poiché i loro antenati erano schiavi, quindi questa condizione è tramandata di generazione

in generazione. Questa forma di schiavitù è presente in molti paesi, tra cui Niger, Mali e Sudan dove gli schiavi sono venduti o regalati e i bambini vengono tolti alle madri e costretti a lavorare (Amnesty International, 2025).

Successivamente, un'altra forma di sfruttamento è definita schiavitù per debiti. In questo caso, le famiglie più povere ricevono prestiti da proprietari terrieri, in cambio di lavoro gratuito da parte di uno o più membri della famiglia. Le persone sono tenute sotto sorveglianza, anche armata, e possono subire violenze fisiche e sessuali (Amnesty International, 2025). Inoltre, a causa degli elevati tassi di interesse, questi prestiti sono difficilmente rimborsabili al proprietario terriero, facendo così pesare il debito sulle generazioni successive della famiglia sfruttata.

Un'altra pratica molto diffusa è la tratta di esseri umani. Secondo l'UNODC (United Nations Office of Drugs and Crime) nel 2018 le persone vittime di tratta ammontavano a 49.000, di cui un terzo minori. Questa pratica viene attuata per motivi differenti, in percentuali decrescenti: principalmente per lo sfruttamento sessuale, seguito dal lavoro forzato, per attività criminali, per matrimoni forzati e, infine, per la rimozione e traffico di organi. Solitamente, le vie della tratta percorrono percorsi disagevoli e pericolosi che costituiscono un ulteriore rischio per le vittime coinvolte. Nell'articolo 3 del *Protocollo Opzionale alla Convenzione contro la criminalità organizzata transnazionale delle Nazioni Unite* del 2000 la tratta viene definita come:

> reclutamento, trasporto, trasferimento, l'ospitare o accogliere persone, tramite l'impiego o la minaccia di impiego della forza o di altre forme di coercizione, di rapimento, frode, inganno, abuso di potere o di una posizione di vulnerabilità o tramite il dare o ricevere somme di danaro o vantaggi per ottenere il consenso di una persona che ha autorità su un'altra a scopo di sfruttamento.

Infine, un'altra forma di schiavitù moderna fa riferimento al lavoro infantile forzato e domestico. Ad esempio, per quanto riguarda il lavoro forzato, in Africa Subsahariana e in Asia meridionale, un gran numero di minori lavora ininterrottamente in miniere, piantagioni, alberghi e nell'industria di abbigliamento. Invece, il lavoro domestico, prevede lo svolgimento da parte di minori, nella più parte dei casi di età compresa tra i 5 e gli 11 anni, di mansioni come pulire, stirare e cucinare in condizioni di lavoro disumane. (Amnesty International, 2025). Save the Children definisce questi minori come "piccoli schiavi invisibili" poiché questi bambini e adolescenti vengono privati dei loro diritti fondamentali e costretti a vivere nell'ombra e lontano dagli occhi della società.

Tuttavia, l'articolo numero 4 della Dichiarazione universali dei diritti umani afferma che "Nessun individuo potrà essere tenuto in stato di schiavitù o di servitù; la schiavitù e la tratta degli schiavi saranno proibite sotto qualsiasi forma." Nonostante ciò, come evidenziato in precedenza, nella società moderna esistono ancora molteplici forme di schiavitù. Infatti, come i parassiti sfruttano i loro ospiti, ancora oggi, gli esseri umani utilizzano membri della propria specie come risorse da consumare, privandoli della loro libertà e della loro dignità.

2.5 L'ATTUALE DINAMICA DELLA DEMOGRAFIA UMANA

Un aspetto significativo della dinamica demografica attuale è il declino della fecondità, un fenomeno che sta trasformando profondamente la struttura delle popolazioni. Per un lungo periodo la crescita demografica è stata caratterizzata da alti tassi di natalità. Tuttavia, oggi, in molti paesi la realtà è molto differente, infatti il numero di nascite diminuisce, mentre il peso relativo degli anziani sui giovani aumenta. Questo porta a un progressivo invecchiamento della popolazione, con conseguenze significative sul mercato del lavoro e sull'equilibrio tra generazioni. Quindi, analizzare le proiezioni demografiche future diventa un'azione molto importante che permette di comprendere meglio le sfide che la società dovrà affrontare nei prossimi anni.

2.5.1 Declino della fecondità

La teoria della transizione demografica spiega in termini funzionalistici ed evolutivi il passaggio avvenuto pressoché in tutti i paesi del mondo da livelli di fecondità naturali, cioè non soggetti al deliberato controllo da parte degli individui e della collettività, a livelli molto più moderati (De Rose & Rosina, 2017, p 1273).

Le ragioni di questo passaggio sarebbero legate ai processi di modernizzazione e industrializzazione, sotto la spinta dei quali prima il controllo della mortalità e poi della fecondità avrebbero portato a raggiungere il regime demografico moderno, caratterizzato da moderati tassi di crescita demografica a cui tenderebbero tutte le popolazioni del mondo.

Tuttavia, negli anni Settanta del secolo scorso, a seguito di studi approfonditi, si è capito che gli assunti tradizionali della teoria della transizione demografica non erano sufficienti per spiegare le differenze dei modelli riproduttivi tra diversi contesti e che bisognava cercare più in profondità i fattori del declino della fecondità, esplorando anche le motivazioni e le condizioni delle famiglie e degli individui. Tra la fine degli

anni Settanta e la metà degli anni Ottanta venne avviato un programma denominato World Fertility Survey. Questo programma di indagini è fondato su uno schema concettuale ben preciso che si basa sull'ipotesi che la fecondità realizzata derivi dall'incontro tra offerta e domanda di figli.

L'offerta dipende essenzialmente dalla capacità riproduttiva, a sua volta legata all'età della donna, alla salute fisica, al numero di figli avuti, alle condizioni igienico-sanitarie, all'alimentazione ecc.; la domanda, invece, dipende dal numero di figli desiderato, che è commisurato alle caratteristiche socio-economiche della famiglia, alla condizione della donna, al suo grado di autonomia decisionale e di empowerment, ma anche al valore associato ai figli e alla cura per la loro crescita (De Rose & Rosina, 2017, p 1234).

Gli studiosi coinvolti in questo progetto si sono posti una prima domanda interrogandosi sul perché è in corso una riduzione della fecondità. In primo luogo, l'aumento della sopravvivenza infantile ha consentito alle famiglie di ottenere uno stesso numero di figli viventi fino all'età adulta con una fecondità più bassa. In secondo luogo, nella maggior parte del mondo, il valore economico dei figli ha subito una notevole riduzione. Infatti, nella società preindustriali avere un numero elevato di figli era fondamentale per le esigenze produttive e di sicurezza sociale. Purtroppo, ancora oggi, come già affermato nel corso di questo capitolo, in molti paesi in cui la manodopera minorile è impiegata come risorsa a basso costo, i figli sono considerati una ricchezza per le famiglie e una fonte di sostentamento per la vecchiaia. Al contrario, nelle società moderne "sono i genitori a investire sempre maggiori risorse nella cura e nell'educazione dei propri discendenti, anche senza prospettive certe di un successivo ritorno economico" (De Rose & Rosina, 2017, p 1310). In questo caso le famiglie sarebbero guidate da valutazioni razionali,

> comportandosi anche di fronte alla scelta se avere o no un (altro) figlio, esattamente come fa un consumatore di fronte alla prospettiva di acquisto di un bene, ovvero con l'obiettivo di massimizzare l'utilità legata al possesso di tale bene rispetto all'investimento economico necessario per ottenerlo (De Rose & Rosina, 2017, p 1321).

Secondo questa teoria le dimensioni della famiglia dipendono quindi dal risultato del bilanciamento tra costi e benefici. Tuttavia, questo ragionamento ha dei limiti poiché se tutte le scelte riproduttive delle famiglie si basassero su motivazioni razionali ed economiche nessuno oggi, forse, farebbe figli. Il fatto di "avere un figlio comporta vantaggi emozionali, relazionali, psicologici e affettivi che prevalgono sempre più su quelli materiali" (De Rose & Rosina, 2017, p 1321).

In aggiunta, il "costo" di avere un figlio non comprende solo le spese dirette come quelle per l'alimentazione, l'abbigliamento, l'istruzione, ma anche quelle indirette, "i cosiddetti costi-opportunità legati alla rinuncia da parte dei genitori a svolgere altre attività, sia ricreative sia lavorative, per il tempo dedicato ai figli (De Rose & Rosina, 2017, p 1333). Infatti, secondo l'economista Gary Becker i figli dipenderebbe da tre fattori principali: dal reddito del nucleo familiare, dal costo dei figli e dalle preferenze di allocazione delle risorse. In teoria, all'aumento del reddito famigliare dovrebbe anche aumentare la quantità di figli di una famiglia poiché si hanno a disposizione maggiori risorse da investire. Tuttavia, nella realtà ciò non avviene poiché le famiglie a reddito più elevato hanno anche aspettative maggiori in termini di qualità dello standard di vita da assicurare ai figli stessi. Inoltre, per le famiglie più ricche il tempo da dedicare alla cura dei figli risulta più oneroso.

> Con l'aumentare del reddito percepito dai genitori, infatti, cresce anche il valore del tempo dedicato ai figli poiché corrisponde al guadagno potenziale a cui i genitori rinunciano sottraendo ore al proprio lavoro per trascorrerle con i figli (De Rose & Rosina, 2017, p 1348).

Oltretutto, in molti paesi della società moderna, il tempo che la donna dedica alla cura dei figli è in diminuzione. Infatti, con il realizzarsi dell'emancipazione femminile, con l'aumento della scolarizzazione e con l'ingresso delle donne nel mercato del lavoro il costo del tempo della donna è aumentato notevolmente. Il desiderio delle donne di realizzarsi in ruoli diversi da quelli di sposa e di madre si scontra quindi con il desiderio di avere figli, ma non necessariamente si traduce in una rinuncia alla maternità, soprattutto se le condizioni all'interno della coppia in termini di condivisione di compiti e decisioni e le condizioni del contesto in cui la donna vive, in termini di servizi pubblici e privati, consentono un'adeguata conciliazione dei diversi ruoli. Quindi, oltre ai fattori che influiscono sulla riduzione della domanda di figli vanno quindi considerati anche quelli che portano ad avere meno figli rispetto a quanto desiderato.

Un'altra prospettiva, in linea con quanto descritto precedentemente, è quella che collega il livello di fecondità della donna al sistema di genere. Infatti, due elementi molto importanti da considerare sono il complesso della stratificazione di genere, "vale a dire il sistema di disuguaglianze istituzionalizzate tra membri maschi e femmine di una società" (De Rose & Rosina, 2017, p 1373) e i ruoli di genere "vale a dire la divisione del lavoro tra uomini e donne, all'interno della famiglia, in termini di tempo dedicato

alle cure domestiche e ai figli" (De Rose & Rosina, 2017, p 1373). Spesso, nei paesi in cui non è presente alcuna forma di emancipazione femminile, i valori della fecondità sono generalmente più elevati. Al contrario, quando il meccanismo di emancipazione femminile comincia ad avviarsi, la maternità entra in competizione con altri ruoli. Tuttavia, esistono paesi con livelli di status femminile apparentemente simile che presentano livelli di fecondità molto differenti. Per comprendere questa particolare dinamica

> si deve guardare non tanto al grado di equità complessivamente raggiunto quanto alla presenza di gradi di equità diversi all'interno di istituzioni diverse, cioè nella società nel suo complesso e nel sistema familiare (De Rose & Rosina, 2017, p 1373).

Infatti, in molti paesi il livello di istruzione e di occupazione femminile ha raggiunto quello maschile, quindi dovrebbe anche verificarsi una parità di condizioni non solo in ambito lavorativo ma in tutte le sfere di vita. Eppure, in ambito domestico la divisione dei compiti è ancora sbilanciata a favore degli uomini. Di conseguenza, vista la mancanza di sostegno da parte del partner e delle istituzioni, le donne sono costrette a ridurre il numero di figli per poter realizzare le proprie aspirazioni professionali e personali.

È bene sottolineare, infatti, che il numero ideale (o desiderato) di figli in tutti i paesi sviluppati e anche in Italia è pari a due, se non più elevato: ciò vuol dire che esiste una quota non trascurabile di fecondità non realizzata che sarebbe possibile recuperare con politiche efficaci (De Rose & Rosina, 2017, p 1385).

Oltretutto, l'invecchiamento demografico sta colpendo gran parte dei paesi del mondo ed è un fenomeno accentuato soprattutto nei paesi in cui da più tempo è iniziato il declino delle nascite, compresa l'Italia, e in cui si stanno raggiungendo traguardi di longevità prima inimmaginabili. L'aumento del numero delle persone anziane e la loro prolungata permanenza in vita, richiede un impegno crescente dal punto di vista sanitario, monetario e di investimento di tempo. Spesso tutto questo carico, lasciato alle famiglie e in particolare alle donne, rimette in discussione gli equilibri di una coppia e certo non favorisce l'ampliamento della dimensione familiare con nuove nascite. Infine, in assenza di politiche che favoriscano l'ingresso dei giovani nella vita adulta, il percorso di entrata in unione stabile e di formazione di una famiglia è molto rallentato e rarefatto (De Rose & Rosina, 2017, p 1422). Di conseguenza, aumenta l'età della prima maternità

e si riduce la quantità di figli con una conseguente compromissione del rimpiazzo delle generazioni.

2.5.2 La popolazione umana sta invecchiando?

Negli ultimi anni, la struttura della popolazione umana ha subito un cambiamento notevole che, come approfondito precedentemente, è in parte causato dal declino della fecondità e dall'invecchiamento demografico. "Se le popolazioni del passato erano ricche di giovani, ora sono sempre più ricche di persone mature" (De Rose & Rosina, 2017, p 1696).

Innanzitutto, è utile comprendere la differenza presente tra longevità e invecchiamento della popolazione. Il termine invecchiare fa riferimento allo scorrere in avanti dell'età, senza necessariamente arrivare lontano. Al contrario, con il termine longevità si intende che la vita dei singoli tende a diventare sempre più lunga. A differenza di un uomo e di una donna, la popolazione umana può invece sia invecchiare sia ringiovanire. Essa ringiovanisce quando le nascite aumentano. Invece, può invecchiare tramite due azioni differenti. La prima azione viene definita invecchiamento dal basso o degiovanimento. In questo caso "il peso relativo degli anziani sui giovani aumenta per riduzione di questi ultimi dovuta alla riduzione della fecondità" (De Rose & Rosina, 2017, p 1709). La seconda azione è invece definita invecchiamento dall'alto o invecchiamento in senso proprio e avviene quando

> aumenta il numero di anziani sul resto della popolazione come conseguenza del fatto che si vive più a lungo (quindi più persone arrivano ad entrare nello stadio anziano rispetto al passato, e più a lungo vi permangono) (De Rose & Rosina, 2017, p 1709).

Di conseguenza, l'invecchiamento di una popolazione non implica necessariamente che le persone vivano più a lungo, ma semplicemente che le vecchie generazioni presentano un numero più elevato di individui rispetto a quelle più giovani. Questo invecchiamento della popolazione può avere un impatto notevole sul sistema economico poiché le nuove generazioni non riescono più a subentrare completamente alle età anziane nelle attività produttive. Senza interventi compensatori che incentivino le persone a rimanere economicamente e socialmente attive più a lungo questo meccanismo deprimerà la crescita economica e il benessere sociale. Quindi,

> una popolazione con meno persone in età riproduttiva tende a produrre meno nascite e quindi a ridurre il contingente delle generazioni future,

> accentuando di conseguenza l'invecchiamento (De Rose & Rosina, 2017, p 1721).

Ne consegue che, a fronte degli anziani che aumentano e delle nascite che diminuiscono, l'indice di dipendenza della popolazione anziana continua a crescere. Un essere umano consuma per tutta la sua vita ma produce solamente per una parte limitata. Infatti, un individuo in età infantile e anziana dipende da risorse che sono fornite da altri o accumulate in altre fasi della vita. Questo significa che la fase centrale della vita, quella produttiva è l'asse portante che sostiene tutto il resto.

> Se l'età matura equivale a un terreno dal quale non si riescono a ottenere frutti adeguati, ne deriva che la crescente popolazione che vive tale fase della vita dipende nel suo sostentamento da quello che producono le età precedenti. (De Rose & Rosina, 2017, p 1783).

Fortunatamente, il cambiamento connesso con il processo di invecchiamento non è solo quantitativo ma anche qualitativo. Attualmente, l'essere umano riesce a raggiungere l'età matura in condizioni fisiche e capacità cognitive sempre migliori. Pertanto, il fatto di vivere sempre più a lungo e in buona salute, sono diventati temi centrali nei dibattiti pubblici, spingendo alla formulazione di politiche volte a favorire l'occupabilità e la produttività degli over 55. Infatti, in molti paesi del mondo sviluppato, tra cui l'Unione Europea, è in corso la promozione dell'invecchiamento attivo, un processo che mira a garantire che l'aumento della longevità sia accompagnato da una migliore qualità della vita, nonché da una partecipazione più prolungata e appagante alla società e al mercato del lavoro. Quindi, l'invecchiamento individuale non viene considerato come un problema, ma come l'evoluzione della persona nelle varie fasi della vita ciascuna delle quali ha specificità proprie da valorizzare e presenta potenziali rischi da gestire (De Rose & Rosina, 2017).

Le ricerche fatte dal *Department of Economic and Social Affairs of the United Nations* mostravano che nel 2019 le persone di 65 anni o più erano 703 milioni. Nei prossimi tre decenni le previsioni mostrano come le persone all'interno di questo range di età saranno più del doppio, più di 1,5 miliardi nel 2050. L'incremento maggiore si verificherà nel sud est asiatico dove il valore di 261 milioni del 2019 arriverà a 573 milioni di individui. Invece, l'incremento più veloce si verificherà nel nord Africa e nell'Asia Occidentale con un aumento degli individui anziani del 226 per cento. Infine, aumenterà notevolmente anche il numero di individui di 80 anni o più.

The number of people worldwide who are aged 80 years or over is growing faster than the number aged 60 years or over. Projections indicate that the number of persons aged 80 or over will increase almost threefold between 2019 and 2050, rising from 143 million to 426 million (United Nation, 2020).

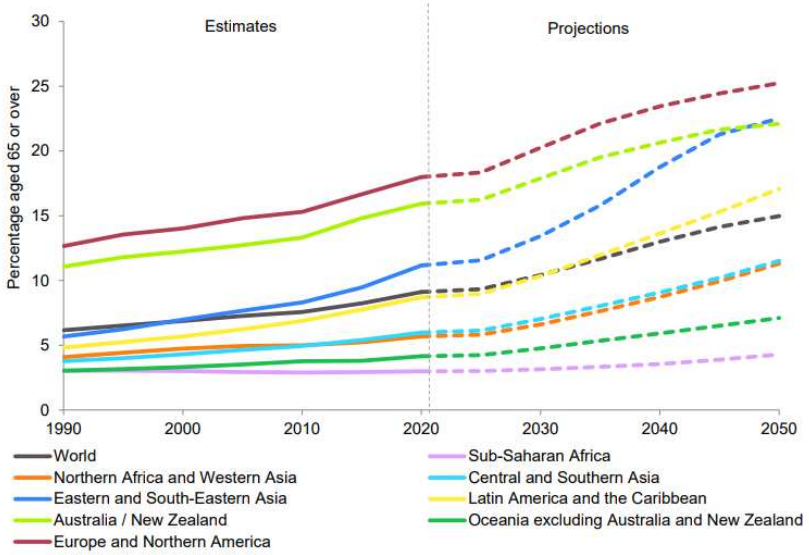

Figura 2.4 Percentuali della popolazione totale di 65 anni o più, per paesi, 1990-2050. Fonte: United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2019

2.5.3 I numeri del futuro

Nell'ultimo secolo la popolazione mondiale è cresciuta notevolmente. Essa ha toccato il miliardo quando le macchine a vapore hanno cominciato a rivoluzionare i trasporti, il secondo miliardo a seguito della Prima guerra mondiale ed il terzo miliardo all'inizio delle esplorazioni spaziali. Invece, i miliardi successivi sono stati raggiunti molto rapidamente ad intervalli di 11-12 anni fino a raggiungere gli 8 miliardi nel 2022.

Molte persone paragonano questa crescita demografica ad una molla che si carica progressivamente e che prima o poi scaricherà la forza dinamica accumulata. Infatti,

> sul versante economico i rendimenti decrescenti non possono prima o poi non deteriorare il benessere acquisito perché terra acqua aria minerali sono risorse fisse o limitate solo in parte sostituibili e destinate a porre un limite alla crescita (Bacci, 2024b, p 313)

Oltretutto, come analizzato nel corso di questo capitolo, la crescita demografica influisce notevolmente sul deterioramento ambientale provocato dall'espansione delle industrie e dall'occupazione dello spazio da attività umane, agricole, industriali e residenziali. Questa crescita può anche minacciare elementi essenziali come la salute e la stabilità nei rapporti sociali, a causa dell'incapacità di garantire a lungo termine una produzione alimentare sufficiente e accessibile per tutti.

"La crescita della popolazione è stata vista come un continuo compromesso tra le forze della costrizione e quelle della scelta" (Bacci, 2024b, p 314). Ad esempio, le costrizioni poste dall'ambiente ostile, dall'aggressione delle malattie, dalla limitazione di una risorsa come il cibo, dall'energia a disposizione e da un ambiente minacciato dall'essere umano. Le scelte, invece, "fatte di strategie flessibili di matrimonio e riproduzione, di mobilità, migrazione e insediamento, di difesa dalla malattia (Bacci, 2024b, p 314). Questo meccanismo è un processo faticoso di adattamento che favorisce le popolazioni più flessibili e penalizza quelle più rigide e fragili. Le popolazioni in cui questo meccanismo di adattamento è mancato hanno subito gravi conseguenze, tra cui elevati tassi di mortalità, declino demografico e, in alcuni casi, persino l'estinzione. Di conseguenza, facendo riferimento al futuro, "occorre riflettere se i meccanismi di scelta a disposizione dell'umanità siano adeguati rispetto alle costrizioni esterne e più, o meno, efficienti rispetto al passato" (Bacci, 2024b, p 315). In aggiunta, un problema molto importante riguarda la percezione degli elementi di costrizione. Infatti, nella società moderna, molti segnali di pericolo vengono codificati con ampio ritardo. Il deterioramento ambientale viene spesso percepito a danno avvenuto: il lento processo di disboscamento di una valle porterà a delle rovinose piene del fiume ma solo con grande ritardo rispetto all'inizio del processo di disboscamento. Si può quindi affermare che la percezione dei problemi posti dalla crescita demografica era molto più diretta e immediata nelle società rurali tradizionali. Ad esempio, gli abitanti di un villaggio riuscivano a rendersi subito conto delle possibili conseguenze dell'insediamento di nuove famiglie in un'area già satura. Nella società moderna

> l'espansione e l'integrazione dei mercati e lo sviluppo del commercio hanno contribuito a nascondere, alla percezione dell'individuo, il

legame esistente tra risorse naturali (terra, ad esempio) e beni consumati (Bacci, 2024b, p 339).

Infatti, Hong Kong e Singapore sono paesi che possono crescere a dismisura utilizzando risorse provenienti dal mercato estero, senza interrogarsi ad esempio, sul legame presente tra i cereali e l'ambiente rurale che li produce. Oppure, la Cina può allevare mezzo miliardo di maiali senza interessarsi al continuo disboscamento che avviene in Brasile per coltivare la soia per questi animali. Queste sono conseguenze dello sviluppo economico che spesso rompono "il legame diretto tra il protagonista di scelte demografiche (l'individuo) e l'ambiente, inteso in senso lato, produttore di forze costrittive" (Bacci, 2024b, p 340).

Infine, per quanto riguarda l'evoluzione numerica della popolazione mondiale, secondo le accurate previsioni condotte dalle Nazioni Unite la popolazione mondiale raggiungerà i 9 miliardi di individui nel 2036 e i 10 miliardi nel 2062. Inoltre, il tasso di incremento della popolazione che attualmente è pari allo 0,8 ‰, risulterà dimezzato nel 2050 e il numero medio di figli per donna subirà una diminuzione, da 2,35 nel 2020 a 2,15 nel 2050. Per quanto riguarda i paesi sviluppati la loro popolazione resterà approssimativamente invariata e quindi tutto l'aumento demografico mondiale sarà attribuibile alla crescita nei paesi in via di sviluppo. Facendo sempre riferimento alle previsioni delle Nazioni Unite, il livello massimo di individui, 10,3 miliardi, sarà raggiunto nel 2079 e scenderà a 10 miliardi nel 2100, in uno stato di oscillante stazionarietà.

	1950	2000	2020	2050	2100
Mondo	2.525	6.172	7.887	9.657	9.969
Paesi più sviluppati	812	1.191	1.284	1.275	1.201
Altri paesi	1.713	4.981	6.563	8.382	8.768
Africa	228	831	1.381	2.457	3.627
Asia	1.368	3.748	4.688	5.280	4.580
Cina	544	1.270	1.426	1.261	638
India	346	1.058	1.403	1.679	1.506
Resto dell'Asia	478	1.420	1.859	2.340	2.436
Europa	549	728	750	704	597
America del Nord	168	312	378	428	478
America Latina e Caraibi	168	521	647	731	614
Oceania	13	31	44	58	72
	2.494	6.171	7.888	9.658	9.968

Tabella 2.1 Popolazione del mondo e dei continenti, secondo le stime e le proiezioni delle Nazioni Unite (1950-2100; dati in milioni) Fonte: Bacci, 2024b

In aggiunta, la dinamica demografica dei prossimi anni avrà un effetto notevole sulla classifica dei paesi più popolosi del mondo. Infatti, nel 1950, quattro paesi europei e due altri paesi sviluppati quali Stati Uniti e Giappone si trovavano nei primi 10 paesi con più abitanti. Tuttavia, entro il 2050, solo gli Stati Uniti rimarranno in questa lista, mentre altri paesi emergenti, in particolare paesi africani come Nigeria, Repubblica Democratica del Congo ed Etiopia, vi faranno ingresso. Anche il Pakistan entrerà a far parte di questa classifica, che continuerà a vedere l'India al primo posto come paese più popoloso del mondo. È importante sottolineare il fatto che tutte queste previsioni della popolazione si basano su un insieme di ipotesi circa l'andamento futuro della fecondità, della sopravvivenza e delle migrazioni. Queste proiezioni delle Nazioni Unite si basano in parte sull'ipotesi che sia in corso un lento processo di convergenza dei comportamenti demografici dei vari paesi:

la fecondità tenderebbe a crescere dove è molto bassa e a diminuire dove è alta; la sopravvivenza migliorerebbe ovunque ma con un passo lento dove adesso è alta e uno più veloce dove è bassa; i tassi migratori si ridurrebbero ovunque, sia nei paesi di immigrazione che in quelli di emigrazione (Bacci, 2024b, p 320).

CAPITOLO 3

POPULAZIONI E DEMOGRAFIA UMANA NELLA SCUOLA PRIMARIA

Nel corso dei primi due capitoli è emersa con chiarezza l'importanza del concetto di popolazione, poiché esso fornisce le basi per comprendere le dinamiche degli organismi viventi in relazione all'ambiente e alle interazioni tra gli individui di una stessa specie e di specie diverse. In particolare, è stato approfondito il concetto di popolazione umana, esaminando anche il complesso rapporto tra l'uomo e l'ambiente, con un'analisi delle interazioni reciproche e delle loro conseguenze.

La maggior parte di questi aspetti è importante affrontarli già a partire dalla scuola primaria, soprattutto attraverso lo studio della geografia e in particolare il modo in cui questa disciplina si interseca con una prospettiva ecologica. Infatti, come viene citato all'interno delle Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione del 2012, la geografia è fondamentale poiché studia i rapporti delle società umane tra loro e con il pianeta che le ospita. Essa viene definita una disciplina "di cerniera" poiché consente di mettere in relazione temi economici, giuridici, antropologici, scientifici e ambientali di rilevante importanza per ciascuno di noi. Altra irrinunciabile opportunità formativa offerta dalla geografia è quella di abituare a osservare la realtà da punti di vista diversi, che consentono di considerare e rispettare visioni plurime, in un approccio interculturale dal vicino al lontano. Per di più, la conoscenza geografica riguarda i processi di trasformazione progressiva dell'ambiente ad opera dell'uomo.

Tuttavia, la storia della natura e quella dell'uomo si svolgono con tempi diversi: i tempi lunghi della natura si intrecciano, spesso confliggendo, con quelli molto più brevi dell'uomo, con ritmi che a volte si fanno più serrati in seguito a rapide trasformazioni, dovute a nuove prospettive culturali o all'affermarsi di tecnologie innovative. Inoltre, la geografia è attenta al presente, che studia nelle varie articolazioni spaziali e nei suoi aspetti demografici, socioculturali e politico-economici. Altri temi fondamentali affrontati all'interno di questa materia sono, ad esempio, il riciclaggio e lo

smaltimento dei rifiuti, la lotta all'inquinamento, lo sviluppo delle tecniche di produzione delle energie rinnovabili, la tutela della biodiversità, e l'adattamento al cambiamento climatico.

> La presenza della geografia nel curricolo contribuisce a fornire gli strumenti per formare persone autonome e critiche, che siano in grado di assumere decisioni responsabili nella gestione del territorio e nella tutela dell'ambiente, con un consapevole sguardo al futuro (MIUR, 2012, p. 46).

La scuola deve quindi educare alla consapevolezza che ogni bambino e bambina tiene nelle sue mani una responsabilità unica nei confronti del futuro dell'umanità. In questo modo, la scuola potrà perseguire alcuni obiettivi, come ad esempio, il diffondere la consapevolezza che i grandi problemi dell'attuale condizione umana (il degrado ambientale, il caos climatico, le crisi energetiche, la distribuzione ineguale delle risorse, la salute e la malattia, l'incontro e il confronto di culture e di religioni, i dilemmi bioetici, la ricerca di una nuova qualità della vita) possono essere affrontati e risolti attraverso una stretta collaborazione non solo fra le nazioni, ma anche fra le discipline e fra le culture (MIUR, 2012).

Tutti questi temi e la consapevolezza necessaria per comprenderli e affrontarli richiedono una prospettiva ecologica, partendo dalla definizione dell'ecologia come lo studio delle interazioni fra gli organismi viventi e gli ambienti fisici in cui vivono. Oltre che con la geografica, questa prospettiva si interseca con il curricolo di scienze e i seguenti obiettivi di apprendimento:

> Riconoscere in altri organismi viventi, in relazione con i loro ambienti, bisogni analoghi ai propri.
> Riconoscere, attraverso l'esperienza di coltivazioni, allevamenti, ecc. che la vita di ogni organismo è in relazione con altre e differenti forme di vita.
> Elaborare i primi elementi di classificazione animale e vegetale sulla base di osservazioni personali.
> Proseguire l'osservazione e l'interpretazione delle trasformazioni ambientali, ivi comprese quelle globali, in particolare quelle conseguenti all'azione modificatrice dell'uomo.
> MIUR, 2012, p.55-56).

Inoltre, all'interno di questo lavoro di tesi si evidenzia come il mondo sia ricco di culture molto differenti tra loro, con ogni società che possiede tradizioni, usanze e valori unici. Tuttavia, accanto a questa ricchezza,

emergono anche sfide differenti che variano da un contesto all'altro, come, ad esempio, le migrazioni, spesso legate a guerre, crisi economiche o cambiamenti climatici e lo sfruttamento. È, quindi, fondamentale che la scuola primaria diventi un luogo di scoperta e di confronto, dove i bambini e le bambine possano avvicinarsi fin da piccoli alla comprensione delle differenze culturali e delle diverse realtà che caratterizzano il pianeta Terra.

Per questo motivo, la scuola italiana sviluppa la propria azione educativa in coerenza con i principi dell'inclusione delle persone e dell'integrazione delle culture, considerando l'accoglienza della diversità un valore irrinunciabile che deve essere riconosciuto e valorizzato. La scuola ha, quindi, come obiettivo quello di valorizzare l'unicità e la singolarità dell'identità culturale di ogni studente. Tuttavia, non basta riconoscere e conservare le diversità preesistenti, nella loro pura e semplice autonomia. Bisogna, invece, sostenere attivamente la loro interazione e la loro integrazione attraverso la conoscenza della nostra e delle altre culture, in un confronto che non eluda questioni quali le convinzioni religiose, i ruoli familiari, le differenze di genere (MIUR, 2012). Si può quindi parlare di educazione interculturale, un tentativo pedagogico di creare nella realtà multiculturale un rapporto e un'interazione costruttiva e produttiva tra persone e cittadini socializzati in altre culture o appartenenti a culture diverse.

> L'approccio interculturale impone di non limitarsi a mere strategie di integrazione dei soggetti stranieri, ma di assumere la diversità come paradigma educativo, nonché come occasione per valorizzare tutte le differenze (Catarci & Macinai, 2015, p 9).

In quest'ultimo capitolo di questa tesi verranno descritte alcune proposte didattiche per la scuola primaria riguardanti alcuni temi affrontati nel corso dei primi due capitoli.

3.1 ATTIVITÀ 1: PROTEGGERE LE FORESTE

Una prima proposta didattica è stata ideata per una classe di quarta primaria. Lo scopo di questa simulazione è far comprendere ai bambini e alle bambine cosa succede quando la domanda di legno è maggiore dell'offerta disponibile. È chiaro come il legno delle foreste ricopre un ruolo fondamentale perché è utile per riscaldare le case, per cucinare il cibo e per fornire materiali da costruzione e carta per case, scuole e aziende. Inoltre, le foreste sono fondamentali per regolare il clima, per pulire l'aria e filtrare l'acqua e conservare terreni preziosi. Le attività proposte sono state ideate per far

comprendere che più persone ci sono, maggiore è la domanda di legname e che mentre ci vogliono solo pochi secondi per tagliare un albero, ci vogliono anni per coltivarne uno nuovo.

Al termine di queste attività gli studenti dovrebbero essere capaci di:

- Analizzare l'effetto provocato su una risorsa naturale quando la domanda supera l'offerta.
- Determinare i modi per preservare le foreste influenzando l'offerta e/o la domanda.
- Riuscire a spiegare almeno due motivi per cui è importante proteggere le foreste.

Le fasi dell'attività:

1. Dividere la classe in gruppi di quattro studenti e chiedere agli studenti di pensare ai modi in cui le persone utilizzano il legno.

2. Per ogni gruppo, assegnare i seguenti ruoli: boscaiolo, foresta, gestore della foresta, cronometro.

3. Consegnare una borsa con 120 bastoncini per ogni studente che rappresenta la foresta. Questi bastoni rappresentano gli alberi nella foresta, cioè la quantità di alberi disponibili per il boscaiolo.

4. Distribuire 32 bastoncini agli studenti che rappresentano i gestori della foresta. Questi bastoni rappresentano gli alberi che cresceranno durante la simulazione.

5. Il boscaiolo registra nella tabella il trasferimento degli alberi, sia quelli aggiunti alla foresta che quelli abbattuti, ogni minuto.

MINUTI	NUMERO DI ALBERI ALL'INIZIO DEL MINUTO	NUMERO DI NUOVI ALBERI	NUMERO DI ALBERI TAGLIATI	NUMERO DI ALBERI AL TERMINE DEL MINUTO
1	120	+4	-1	123
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Tabella 3.1 Tabella in cui vengono registrati i dati. Fonte: Elaborazione personale

6. La simulazione inizia quando il cronometro dà il segnale. Ogni 15 secondi, per il resto della simulazione, il cronometro dice al gestore della foresta di introdurre un albero (un bastoncino) nella foresta, (quattro alberi al minuto). Così facendo, il gestore della foresta simula la velocità media alla quale gli alberi raggiungono la maturità e diventano riserve di legname nel mondo reale.

7. Successivamente, al termine del primo minuto, verrà dato uno stop, e il taglialegna avrà il compito di rimuovere un albero dalla foresta. L'albero rappresenta la quantità di legno necessaria al mondo per il riscaldamento, la cottura e i materiali da costruzione nella sua popolazione attuale.

8. La simulazione continua e al termine di ogni minuto successivo, la domanda mondiale di legno raddoppia come risultato di una popolazione in crescita. Quindi, al termine del secondo minuto, il boscaiolo taglierà due alberi dalla foresta, al termine del terzo minuto il boscaiolo taglierà quattro alberi dalla foresta, alla fine del quarto minuto, il boscaiolo taglierà otto alberi dalla foresta; poi 16, 32, 64, 128, e così via.

9. La simulazione termina quando le riserve di legno della foresta non possono più soddisfare le esigenze del boscaiolo. Alla fine di ogni minuto, da 1 a 8, gli studenti dovrebbero aver trovato il seguente numero di alberi disponibili: 123, 125, 125, 121, 109, 81, 21,0.

10. Terminata la simulazione viene fatta una discussione collettiva, riflettendo, ad esempio, sull'andamento del numero di alberi nel corso degli otto minuti. Si può quindi riflettere su come all'aumento della domanda e, quindi, all'aumento della popolazione umana, aumenta anche la domanda di legname. Inoltre, è utile sottolineare il fatto che, mentre ci vogliono solo pochi secondi per tagliare un albero, ci vogliono anni per coltivarne uno nuovo.

11. Infine, ogni studente, con i dati ricavati dalla simulazione, dovrà creare un grafico in cui inserirà sull'asse y "Numero di alberi" e sull'asse x "Tempo in minuti". Per facilitare la creazione del grafico gli studenti potranno usufruire di un programma apposito per la creazione di grafici presente sul sito del *National Center for Education Statistics* (NCES).

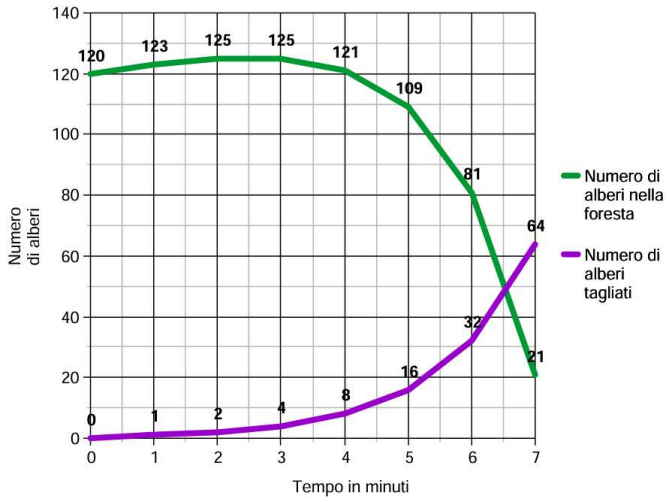

Figura 3.1 Grafico che mostra l'andamento del numero di alberi durante la simulazione. Fonte: NCES (adattamento personale)

12. Infine, per concludere questa attività si può fare una riflessione, utilizzando la tecnica del *brainstorming,* su come nel concreto ogni persona, a partire dai bambini e dalle bambine, possa riuscire a risparmiare carta per combattere il fenomeno della deforestazione. Tutte le idee potranno essere scritte sulla lavagna così da poter averle a disposizione per avviare una discussione collettiva.

In aggiunta, questa attività potrebbe essere ampliata collegandosi alla materia di scienze proponendo un approfondimento più specifico sugli alberi, esplorandone il ruolo ecologico, la capacità di regolazione del clima e la loro importanza per la biodiversità. Questo consentirebbe di collegare il tema della deforestazione a una comprensione più approfondita degli ecosistemi e dell'impatto delle attività umane sulla natura.

3.2 ATTIVITA 2: COMPETIZIONE E PREDAZIONE

Una seconda proposta didattica è stata ideata per una classe di quinta primaria. Le attività proposte possono essere utili per introdurre il concetto di capacità portante, facendo riferimento a due tipi di interazione biologiche: la competizione e la predazione. Come descritto nel corso dei capitoli tutte le popolazioni hanno un limite di dimensione influenzato dalla quantità di risorse disponibili. Il numero massimo di specie che possono vivere in modo sostenibile in una determinata zona, in base alle risorse disponibili, è chiamato capacità di carico.

Per una specie animale, la capacità di carico dipende da molti fattori differenti, tra cui la disponibilità di cibo e la competizione con altri animali, nonché l'accesso a riparo, acqua e aria pulita. Inoltre, anche gli esseri umani possono essere un fattore che incide sulla capacità portante di un habitat. Se l'invasione umana influisce sulla quantità di prede disponibile, riduce il riparo o inquina l'acqua o l'aria, la capacità di carico può diminuire. Tutti questi elementi verranno in parte approfonditi grazie a questa proposta didattica.

Al termine di queste attività gli studenti dovrebbero essere capaci di:

- Definire il concetto di capacità portante in relazione ad una popolazione.
- Comprendere in che modo le azioni umane possono influire sulla capacità portante di un habitat.
- Definire in generale il concetto di predazione e di competizione.

Le fasi dell'attività:

1. Per iniziare l'attività bisogna aver già preparato un numero di bicchieri equivalente al risultato della moltiplicazione per 8 degli alunni e alunni della classe. Questi bicchieri dovranno essere già marcati con le iniziali delle lettere delle prede della pantera, che in questo caso sono scoiattolo, coniglio, pavone, istrice, antilope. L'insegnante dovrà marcare il 40 per cento del totale dei bicchieri con la lettera S, il 30 per cento con un C, il 18 per cento con una P, l'11 per cento con una I e l'1 per cento dei bicchieri con una A.

2. Successivamente, il maestro o la maestra scrive alla lavagna il valore del peso medio di ogni preda della pantera.

   S = Scoiattolo (1 kg)
   C = Coniglio (2 kg)
   P = Pavone (7.5 kg)
   B = Istrice (20 kg)
   D= Antilope (75 kg)

Figura 3.2 Bicchieri marcati Fonte: Population Education (n.d.)

3. Prima di cominciare questa simulazione vengono sparsi per la classe o per un altro ambiente scelto dall'insegnante, che rappresenta l'habitat delle pantere, i bicchieri, che rappresentano le prede delle pantere. Quest'ultime sono impersonificate dai bambini e dalle bambine della classe. L'insegnante spiega agli alunni e alle alunne che al segnale d'avvio della simulazione

devono cercare di predare un numero sufficiente di kg per poter sopravvivere un mese che corrisponde circa a 50 kg.

4. Per riuscire a svolgere la simulazione, senza creare troppa confusione all'interno della classe, l'insegnante deve fornire istruzioni precise. Ad esempio, che ogni pantera deve camminare nell'habitat (la classe) per cacciare poiché correndo potrebbero far fuggire la preda. Inoltre, quando una pantera trova una preda, la raccoglie e la trasporta nella sua tana. Di conseguenza, ogni pantera può portare solo una preda alla volta. Infine, che la caccia finisce quando non sono più disponibile prede.

5. Una volta terminato questo momento di "caccia" gli studenti e le studentesse possono ritornare ai loro banchi. Successivamente, i bambini e le bambine calcolano quanti kilogrammi sono riusciti a cacciare, facendo riferimento ai valori mostrati sulla lavagna. In seguito, l'insegnante chiede di alzare la mano a tutte le pantere che sono riuscite a cacciare i 50 kg richiesti ad inizio simulazione. Tuttavia, il numero di pantere sopravvissute non è il numero massimo che avrebbe potuto sopravvivere nell'habitat poiché alcune pantere hanno cacciato molto probabilmente più di 50 kg.

6. Verrà poi domandato alla classe di calcolare il numero massimo di pantere che possono sopravvivere con il valore totale di risorse disponibili che corrisponde a 1060 kg (1060 kg / 50 kg = circa 21). Con questa richiesta, l'insegnante può introdurre il concetto di competizione, di predazione e di capacità portante, vale a dire il numero massimo di individui di una specie che un ambiente può sostenere in modo sostenibile in base alle risorse disponibili (in questo caso il cibo).

7. Infine, l'insegnante può fare una riflessione generale andando ad interrogare la classe su quali altri risorse possono essere fondamentali per la sopravvivenza della pantera (acqua, ripari, spazio…)

Questa attività potrebbe essere ampliata con un approfondimento sugli effetti delle attività umane sugli ecosistemi naturali. Si potrebbe mostrare ai bambini e alle bambine come la costruzione di infrastrutture come autostrade e dighe, la deforestazione e l'inquinamento delle acque modificano profondamente gli habitat degli animali, riducendo le risorse disponibili e

mettendo a rischio la loro sopravvivenza. Per mostrare l'effetto dell'attività umana sull'habitat della pantera, si potrebbe riproporre la simulazione precedente andando però a tracciare con del nastro una strada immaginaria che divide in due la classe. Attraverso questa nuova simulazione, gli studenti potrebbero osservare come l'impossibilità o la difficoltà di attraversare questa barriera ostacoli la ricerca di cibo evidenziando così il problema della frammentazione degli habitat e le sue conseguenze sugli equilibri naturali.

3.3 ATTIVITÀ 3: LE TRASFORMAZIONI DEMOGRAFICHE

Una terza proposta didattica è stata ideata per una classe di quinta primaria. Essa è stata creata per approfondire il concetto di evoluzione numerica della popolazione umana nel corso della storia, analizzando le principali tappe della sua crescita e le tendenze future. Queste attività integrano diverse discipline, tra cui la geografia per l'analisi della distribuzione e delle dinamiche della popolazione, la storia per comprendere le trasformazioni demografiche nel tempo e la matematica per interpretare dati, grafici e proiezioni future.

Al termine di queste attività gli studenti dovrebbero essere capaci di:

- Interpretare un grafico delle proiezioni delle popolazioni.
- Creare grafici per rappresentare le dimensioni della popolazione di diverse regioni del mondo nel tempo.
- Comprendere i fattori che influenzano la crescita e la diminuzione di una popolazione (fertilità e mortalità).

Le fasi dell'attività:

1. In questa proposta didattica gli alunni e le alunne devono interpretare un grafico che mostra le proiezioni della popolazione mondiale fino al 2100. Successivamente, l'insegnante aiuta gli studenti a comprendere ciò che stanno osservando attraverso l'utilizzo di alcune domande guida come ad esempio:

- Qual è la differenza tra la stima bassa e quella alta per il 2100?
- Tutti e tre gli scenari mostrano una crescita sostenuta della popolazione mondiale fino al 2100?

- Secondo voi quali sono i fattori che influenzano la crescita e la diminuzione di una popolazione?

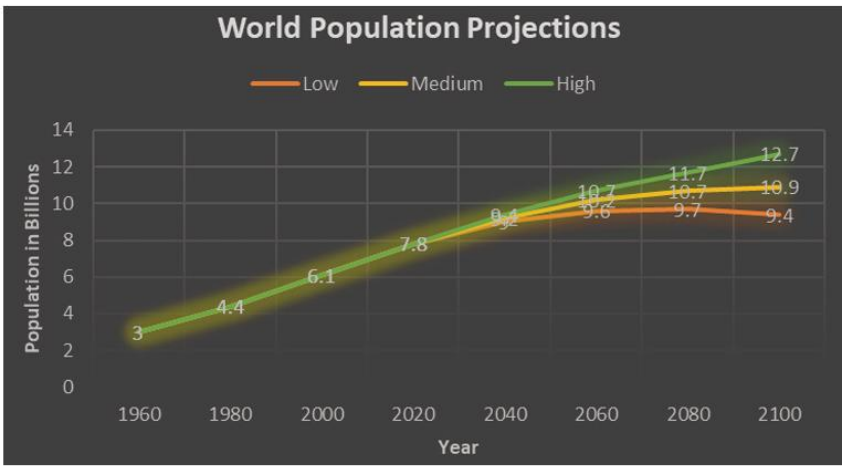

Figura 3.3 Grafico che mostra le proiezioni della popolazione umana dal 1960 al 2100 Fonte: Population Education (n.d.)

2. In seguito, viene mostrata agli alunni una tabella in cui sono riportati dati differenti riguardanti l'evoluzione numerica della popolazione umana nel tempo nei diversi continenti. Ogni studente dovrà trascrivere questi dati su un foglio a quadretti, colorando i quadretti del foglio in base ai valori riportati nella tabella, ripetendo l'operazione per ciascuno dei quattro periodi, in modo da visualizzare chiaramente l'evoluzione della popolazione nel tempo. Questo esercizio aiuterà a comprendere come i numeri degli abitanti del globo siano cambiati e cambieranno nel corso del tempo e come la distribuzione della popolazione sia variata e varierà da un continente all'altro.

Region	# Grid Squares 1980	% World Population 1980	# Grid Squares 2021	% World Population 2021	# Grid Squares 2050	% World Population 2050	# Grid Squares 2100	% World Population 2100
Africa	19	11	55	17	100	26	171	39
Asia	105	59	187	59	211	54	189	43
Europe	28	16	30	10	28	7	25	6
Latin Am.	15	8	26	8	30	8	27	6
Northern Am.	10	6	15	5	17	4	20	5
Oceania	1	<1	2	1	2	1	3	1
TOTAL	178		315		388		435	

Figura 3.3.1 Tabella con i dati relativi alla popolazione umana in quattro periodi differenti (1980-2021-2050-2100) Fonte: Population Education (n.d.)

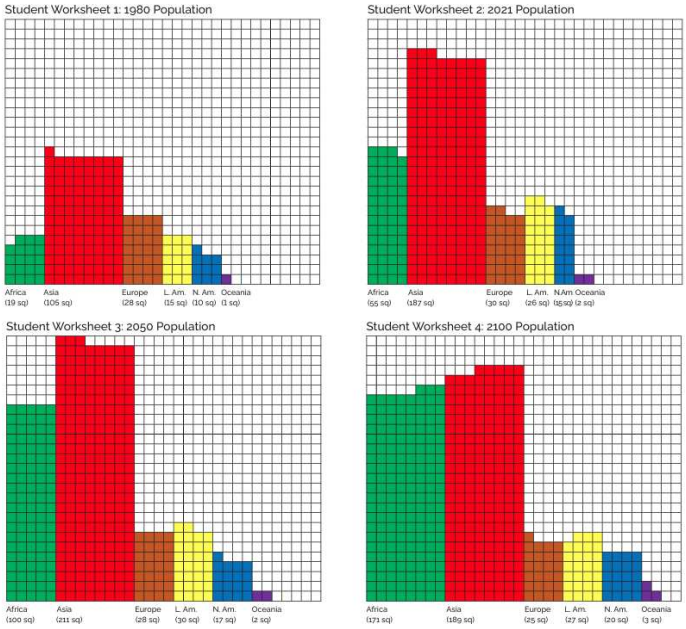

Figura 3.3.2 Grafici con i dati relativi alla popolazione umana in quattro periodi differenti (1980-2021-2050-2100) Fonte: Population Education (n.d.)

3. Una volta terminato il completamento dei quattro grafici viene fatta una riflessione collettiva insieme agli alunni e alle alunne riguardo ai risultati ottenuti nei grafici. Gli studenti probabilmente

riconosceranno che dal 1980 al 2021 ogni regione ha registrato una crescita della popolazione e che dal 2021 al 2050, si prevede che tutte le regioni, tranne l'Europa, registreranno una crescita della popolazione. Infine, potrebbero osservare che dal 2050 al 2100, l'Africa sarà l'unica regione a registrare una crescita demografica significativa, mentre per Asia, America Latina ed Europa si prevede una diminuzione della popolazione.

4. Successivamente, viene chiesto ai bambini e alle bambine quale, tra la tabella e i quattro grafici, sia stato per loro il metodo più efficace per comprendere l'andamento numerico della popolazione. Le risposte potranno variare. Tuttavia, è probabile che molti studenti trovino i dati visualizzati sui quattro grafici più efficaci per cogliere le differenze di popolazione tra le regioni e i cambiamenti nel tempo. Infatti, è dimostrato come la visualizzazione dei dati attraverso grafici e mappe possa facilitare la comprensione dei dati da parte della mente umana.

5. Infine, all'interno della riflessione finale è utile analizzare le tendenze future per comprendere quali regione dovrebbero crescere di più tra il 2021 e il 2100. Ad esempio, si può approfondire l'andamento demografico del continente africano, che si prevede triplicherà la sua popolazione, facendo comprendere ai bambini che questa rapida crescita demografica può avere impatti negativi sull'ambiente, tra cui l'inquinamento dell'aria e dell'acqua e la riduzione dell'habitat della fauna selvatica.

3.4 ATTIVITÀ 4: LE FORME MODERNE DI SCHIAVITÙ

Un ulteriore proposta didattica è stata elaborata per approfondire un tema delicato come quello delle forme moderne di schiavitù all'interno di una classe terza primaria. Questa proposta didattica è stata divisa in due parti: la prima parte riguarda lo sfruttamento presente all'interno delle piantagioni di cacao e la seconda parte, invece, si focalizza sullo sfruttamento presente all'interno dell'industria della moda.

La storia del cioccolato

Questa proposta didattica inizia con un'introduzione generale sul processo di produzione del cioccolato, esplorando i luoghi in cui si trovano le

piantagioni di cacao. Successivamente, l'attenzione si concentra sulle persone, adulti e bambini, che lavorano in queste piantagioni.

Al termine di queste attività gli studenti dovrebbero essere capaci di:

- Comprendere i processi di lavorazione e trasformazione del cioccolato.
- Acquisire consapevolezza riguardo ai problemi della schiavitù moderna nella coltivazione del cacao.

Le fasi dell'attività

1. L'insegnante comincia mostrando agli studenti una foto (Fig. 3.4) dei semi di cacao, domandando ai bambini e alle bambine di provare ad indovinare a che pianta appartengono quei semi. Successivamente, una volta definita l'appartenenza di quei semi alla pianta di cacao, si può domandare agli alunni della classe di enunciare il loro gusto preferito di cioccolato.

Figura 3.4 Immagine raffigurante i semi di cacao Fonte: Be Slavery Free (n.d.)

2. In seguito, tramite l'utilizzo della strategia didattica del *brainstorming*, si invita la classe a immaginare l'aspetto della pianta di cacao e a riflettere sul possibile processo di produzione del cioccolato. Una volta raccolte tutte le idee, l'insegnate mostra agli alunni un video in cui viene spiegato come avviene la raccolta del cacao e la produzione del cioccolato. (https://www.youtube.com/watch?v=fZHyx0L7HZk)

3. Al termine della visione del filmato, si avvia una discussione collettiva per riflettere sui contenuti del video, guidando i bambini e le bambine a comprendere come il guadagno dei coltivatori sia

estremamente basso rispetto al valore finale del prodotto. Per facilitare la comprensione di questo concetto, l'insegnante mostra agli alunni un'immagine che illustra, in modo semplificato, come vengono distribuiti i guadagni effettivi derivanti dalla vendita del prodotto. (Fig 3.4.1)

Figura 3.4.1 Distribuzione dei guadagni effettivi derivati dalla vendita del cacao Fonte: Be Slavery Free (n.d.)

4. Appare quindi evidente come ai coltivatori di cacao rimanga ben poco guadagno, nonostante il lavoro intenso che svolgono ogni giorno. L'insegnante potrà quindi spiegare alla classe come, spesso, anche i bambini vengano costretti a lavorare nelle piantagioni di cacao, nel tentativo di aumentare i guadagni familiari.

5. Successivamente viene letta alla classe una storia riguardante Karim, un bambino del Burkina Faso, paese dell'Africa occidentale, costretto a lavorare nelle piantagioni di cacao del Ghana. Al termine della lettura, l'insegnante propone una discussione collettiva per raccogliere le riflessioni e le considerazioni che potrebbero emergere dai bambini e dalle bambine. Infine, dopo la discussione, l'insegnante invita gli studenti a scrivere una lista di domande che farebbero a Karim.

6. Per concludere, l'insegnante divide la classe in piccoli gruppi chiedendo di creare un lapbook riassuntivo che sintetizzi i concetti appresi durante la lezione.

La storia della moda

Questa proposta didattica inizia con un'introduzione generale sull'industria della moda, esplorando il ciclo di vita dei vestiti, dalla produzione delle materie prime fino alla loro distribuzione. Successivamente, l'attenzione si sposta sulle condizioni di lavoro all'interno delle fabbriche tessili, mettendo in luce lo sfruttamento di adulti e bambini impiegati nella produzione di abbigliamento a basso costo.

Al termine di queste attività gli studenti dovrebbero essere capaci di:

- Comprendere i meccanismi generali che stanno alla base della produzione di vestiti.
- Acquisire consapevolezza riguardo ai problemi della schiavitù moderna nell'industria della moda.

Le fasi dell'attività

1. L'insegnante avvia la lezione ponendo la domanda a scelta multipla seguente: quante magliette vengono vendute nel mondo ogni anno?

   A- 2 milioni
   B- 20 milioni
   C- 200 milioni
   D- 2 miliardi

   La risposta corretta è l'opzione D

2. Successivamente, viene fornita agli alunni una tabella in cui devono elencare tutti i tipi di abbigliamento che conoscono.

Maglia		
Felpa		
Calze		
...		
...		

Tabella 3.4 Tabella in cui ogni alunno inserisce i tipi di abbigliamento da lui conosciuti Fonte: Elaborazione personale

3. In seguito a queste attività introduttive, viene mostrato alla classe un video che mostra il "ciclo di vita" di una maglietta (https://www.youtube.com/watch?v=BiSYoeqb_VY). Terminata la visione del video viene fatta una discussione collettiva, sui temi principali del video, per raccogliere le riflessioni e le considerazioni che potrebbero emergere dai bambini e dalle bambine.

4. Successivamente, l'insegnante invita gli alunni e le alunne a osservare l'etichetta di uno dei loro capi d'abbigliamento per individuare il nome della marca, il materiale del tessuto e il paese di produzione. Questa semplice attività permette di riflettere su quante informazioni utili siano contenute in un'etichetta e su come ogni capo abbia una storia che attraversa diversi luoghi del mondo. Per approfondire, la classe utilizza Google Earth per localizzare i paesi indicati sulle etichette, esplorando così la geografia dei principali centri di produzione tessile a livello globale.

5. Poi, l'insegnante domanda ai bambini chi solitamente, secondo loro, si occupa della produzione di vestiti. Da questa domanda, l'insegnante può spiegare che, in molte fabbriche tessili, donne e bambini sono spesso sfruttati, costretti a lavorare per molte ore in condizioni precarie, all'interno di strutture non a norma, con macchinari pericolosi e con stipendi bassissimi. Per approfondire questo tema viene letta la storia di Aditi, una bambina di 14 anni del nord dell'India che, dopo aver lasciato il suo villaggio in seguito a false promesse di un futuro migliore, si ritrovò vittima di sfruttamento e costretta a lavorare in condizioni disumane.

6. Come attività conclusiva, l'insegnante propone un esercizio di scrittura creativa, invitando i bambini e le bambine a immaginare e raccontare la storia dell'origine di un loro vestito preferito. Attraverso questo breve paragrafo, dovranno descrivere il percorso che ha portato quel capo d'abbigliamento fino a loro, considerando aspetti come la produzione del tessuto, il lavoro delle persone coinvolte e il viaggio del vestito prima di arrivare nel loro armadio. Questa attività aiuta a riflettere in modo creativo e consapevole sul processo di produzione dell'abbigliamento.

3.5 ATTIVITÀ 5: LE MIGRAZIONI

Questa proposta didattica offre spunti e strategie per introdurre o approfondire il tema della migrazione e dei rifugiati in una classe di quarta primaria. Prima di avviare qualsiasi attività didattica su questi temi, è fondamentale considerare se all'interno della classe siano presenti bambini o bambine con esperienze dirette di migrazione. Questo permette di adottare un approccio inclusivo, dando spazio alle loro prospettive ed esperienze. Inoltre, coinvolgere le famiglie, previo consenso, può arricchire le attività con racconti e testimonianze che favoriscono una comprensione più autentica e rispettosa del tema. Inoltre, questa proposta didattica è un'opportunità per espandere gli orizzonti dei bambini analizzando le somiglianze e le differenze che esistono in diverse culture e paesi.

Al termine di queste attività gli studenti dovrebbero essere capaci di:

- Comprendere che le persone in diverse parti del mondo hanno diversi modi di interagire e di esprimersi.
- Comprendere che queste differenze sono ciò che rende il nostro mondo vario e ricco.
- Esplorare, scoprire e discutere di nuove culture nella propria vita quotidiana.

Le fasi dell'attività

1. L'attività inizia con un *brainstorming*, durante il quale l'insegnante invita la classe a pensare a quante più possibili espressioni di saluto in diverse lingue (ad esempio: "ciao", "buongiorno", "hello", "good morning", "buenos días"...). Tutte le risposte fornite dagli alunni e

dalle alunne vengono annotate alla lavagna, creando così un primo spunto di riflessione sulla diversità linguistica e culturale presente nel mondo. Utilizzando Google Earth, l'insegnante può guidare la classe in un'esplorazione interattiva dei luoghi di origine dei diversi saluti, mostrando le località geografiche in cui vengono utilizzati.

2. Successivamente, l'insegnante farà ascoltare alla classe diversi tipi di musica, provenienti da paesi differenti. Per ogni musica, i bambini e le bambine devono rispondere alle domande seguenti:

   - Quale emozione hai provato ascoltando la canzone?
   - Quale colore potrebbe rappresentare al meglio la canzone?
   - Se dovessi immaginare la musica come un animale, quale animale sarebbe?

   Gli studenti e le studentesse possono poi condividere le risposte con il resto della classe. In seguito, la classa verrà divisa in piccoli gruppi. I membri del gruppo dovranno confrontarsi, scambiarsi opinioni e lavorare insieme per cercare di indovinare il paese di provenienza delle canzoni ascoltate, tenendo conto di elementi come il ritmo, gli strumenti utilizzati e lo stile musicale. Ogni gruppo avrà a disposizione una lista di possibili paesi da cui scegliere, e dovrà giustificare la propria scelta.

3. Dopo queste attività introduttive, l'insegnante legge alla classe un album illustrato chiamato *Il viaggio* scritto da Francesca Sanna per far comprendere come, in alcuni casi, tutte queste identità culturali affrontate precedentemente, vengano trasformate e messe alla prova dalle esperienze dei migranti e dei rifugiati. Per questo motivo è stato scelto questo album che parla di una bambina che è costretta ad abbandonare il proprio paese a causa della guerra. Con la mamma e il fratellino intraprende, quindi, un lungo viaggio verso un paese sconosciuto dove vivere e crescere al sicuro. Esso permette di introdurre il concetto di migrante e di rifugiato in maniera diretta ma allo stesso tempo delicata, grazie all'utilizzo di colori che bilanciano l'oscurità e uno stile grafico che restituisce una leggerezza di fondo. Seguirà una discussione collettiva in cui l'insegnante può affrontare eventuali domande e riflessioni sulla storia. Inoltre, l'insegnante può utilizzare la tecnica del *brainstorming* per stimolare una riflessione condivisa con gli alunni

e le alunne sulle possibili ragioni che spingono una persona a lasciare il proprio paese d'origine.

Figura 3.5 Copertina dell'album "Il viaggio" di Francesca Sanna

4. Come ultima parte di questa proposta didattica l'insegnante mostra agli alunni e alle alunne un filmato che parla della storia di una bambina di nome Rafh, scappata dalla Siria al Lussemburgo (https://www.youtube.com/watch?v=ksJDb-at5hY). Terminata la visione del filmato, la classe viene divisa in piccoli gruppi che dovranno rispondere alle domande seguenti:

   - Da dove proviene Rahf?
   - Quanti anni ha?
   - Che lingue parla?
   - Con chi parla mentre è sul letto?
   - Che sport pratica?
   - Quale sarà la sua professione una volta diventata grande?
   - Quali sono i suoi ricordi della casa in Siria?
   - Cosa le piace del Lussemburgo?

   Successivamente, ogni membro del gruppo deve rispondere alle domande come se fossero indirizzate a lui, e non più a Rafh.

5. Infine, verrà fatta una discussione finale dove l'insegnante cerca di far comprendere agli alunni che ogni persona che migra o scappa da situazioni difficili non è diverso da loro: anche queste persone hanno sogni, aspirazioni e passioni.

BIBLIOGRAFIA

Amnesty international. (2025). Le forme moderne di schiavitù. https://www.amnesty.it/pubblicazioni/le-forme-moderne-schiavitu-scheda-didattica/#:~:text=Gli%20ultimi%20dati%20globali%20disponibili,delle%20autorit%C3%A0%20che%20dovrebbero%20combatterlo.
Bacci M. (2014). *Il pianeta stretto*. Il Mulino.
Bacci M. (2024a). *La geodemografia*, Il Mulino.
Bacci M. (2024b). *Storia minima della popolazione del mondo*. Il Mulino.
Bales K. (2000). *I nuovi schiavi. La merce umana nell'economia globale.* Feltinelli.
Bernardi S. (2019) *NON COACTUS NEQUE VOLUIT? Il consenso della vittima al proprio sfruttamento e la vulnerabilità individuale nel diritto penale.* https://air.unimi.it/handle/2434/711544
Bowman & Hacker. (2021). *Ecology* (fifth edition). Oxford University Press.
Catarci & Macinai. (2015). *Le parole chiave della pedagogia interculturale.* Edizioni ETS
Dasgupta P. (2021) *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. HM Treasury. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/602e92b2e90e07660f807b47/The_Economics_of_Biodiversity_The_Dasgupta_Review_Full_Report.pdf
Delpiano P. (2009). *La schiavitù in età moderna*. Laterza.
De Rose & Rosina (2017) *Demografia*, EGEA.
Devoto e Oli (1971) *Dizionario della lingua italiana*. Le Monnier.
Giangrande A. Gravina M. (2000) *Simbiosi*, UTET libreria.
Harari Y. (2017) *Sapiens. Da animali a dèi*. Giunti / Bompiani.
Krebs C. (1988) *The Message of Ecology*, Harper & Row Publishers.
Krebs C. (2014) *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Pearson.
Lucifredi A. (2024) *Troppi. Conversazioni sulla sovrappopolazione e sul futuro del pianeta.* Codice.
Meadows D., Meadows D & Jorgen R. (2022*) I nuovi limiti dello sviluppo*, Mondadori.
MIUR. (2012). Indicazioni nazionali per il curricolo. https://www.mim.gov.it/documents/20182/51310/DM+254_2012.pdf

myZanichelli. (n.d.) *L'ecologia di popolazione*. https://staticmy.zanichelli.it/catalogo/assets/9788808175625_04_CAP.pdf

Pusceddu et al. (2020). *Ecologia.* De Agostini Scuola.

Richerson P. (1996). *Principles of Human Ecology*. Pearson.

RMF (n.d.) *Harmful Impacts of Mining; when extraction harms people, environments and economies.*
https://www.responsiblemininggfoundation.org/app/uploads/RMF_Harmful_Impacts_Report_EN.pdf

Smith, T.M. & Smith, R.L. (2015), *Elements of ecology*, Pearson.

Smith, T.M. & Smith, R.L. (2023), *Elementi di Ecologia*, Pearson.

UNICEF (n.d.), *Child Labour. Global estimates 2020, trends and the road forward.* https://data.unicef.org/resources/child-labour-2020-global-estimates-trends-and-the-road-forward/#:~:text=63%20million%20girls%20and%2097,first%20time%20in%2020%20years.

United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division. (2024). *World Population Prospects.* https://www.un.org/development/desa/pd/world-population-prospects-2024

UNODC. (2020). *Global report on trafficking in persons.* /https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/tip/2021/GLOTiP_2020_15jan_web.pdf

WWF. (2022). *Living Planet Report*. https://www.wwf.it/uploads/WWF-LivingPlanetReport2022.pdf