

# La població i la dinàmica de poblacions



# La població. Concepte

- **La població és** el conjunt d'individus de la **mateixa espècie** que viuen en un **àrea determinada**.
- La **població** és la **unitat bàsica** per entendre com funcionen els ecosistemes.
- Els membres d'una població depenen dels mateixos recursos, reben la influència dels mateixos factors ambientals i tenen una gran probabilitat d'interactuar i reproduir-se entre ells.

# Dinàmica de poblacions. Concepte.

- Les poblacions no són estàtiques. Canvien amb el temps com a resultat dels naixements, de les morts i del moviment dels individus (migracions).
- **La dinàmica de poblacions** estudia com varia el nombre de components d'una població al llarg del temps i els factors que influeixen en aquest nombre.

# La població: Paràmetres que la caracteritzen.

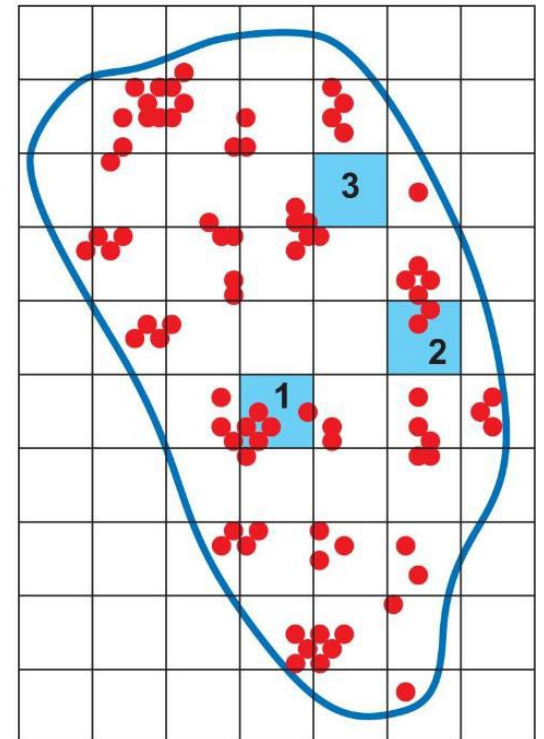
- Efectiu i densitat d'una població.
- Distribució espacial dels individus en una població.
- Natalitat i mortalitat.
- Supervivència. Corbes de supervivència.
- Distribució per edat dels individus.
- Immigració i emigració.
- Creixement.

# L'efectiu i la densitat de població.

- **L'efectiu (N) d'una població** és el nombre total d'individus presents en una població en un moment determinat. Com que de vegades la determinació d'aquest valor és fa difícil, s'utilitza la densitat.
- **La densitat de població (d)** és el nombre d'individus per unitat de superfície o de volum.
  - Si la distribució de la població és homogènia, a partir de la densitat d'una mostra es pot calcular el nombre total de la població (N) si coneixem l'àrea de distribució ( $N = \text{densitat} \times \text{àrea}$ )

- El problema de mesurar la densitat simplement com el nombre d'individus per unitat de superfície (**densitat absoluta**) és que els individus generalment no són igual de nombrosos al llarg de tota la zona de distribució geogràfica de la població.
- Els individus no ocupen tot l'espai disponible perquè no totes les àrees són adequades, i com a resultat, la densitat pot variar àmpliament d'un lloc a un altre.
- La distribució dels individus dins d'una població (és a dir la seva posició relativa respecte els altres), té un efecte important sobre la densitat.

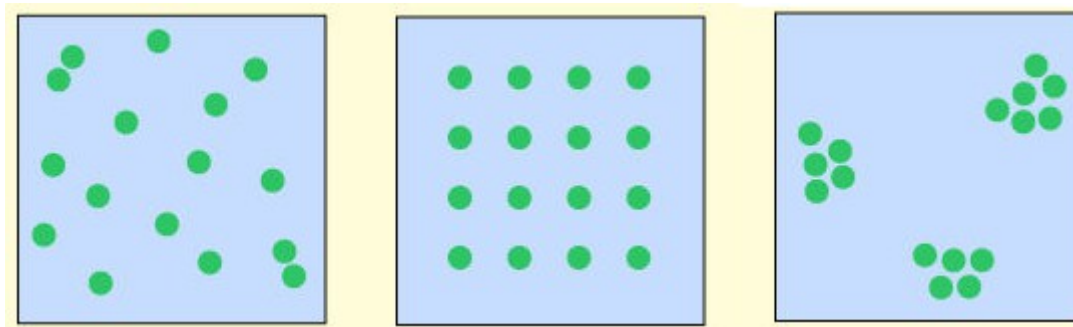
Població hipotètica. La línia blava delimita la superfície sobre la que existeix la població. Cada punt vermell representa un individu. L'efectiu és el nombre total de punts vermells. Si suposem que cada cel·la és d' $1\text{m}^2$ , la densitat de la cel·la 1 és de  $5\text{ individus/m}^2$ , la de la cel·la 2 és de  $2\text{ individus/m}^2$ , i la de la cel·la 3 és de 0.



- Quan la distribució de la població és heterogènia, en lloc d'utilitzar la densitat absoluta, és preferible usar la **densitat específica o ecològica** referida al nombre d'individus per superfície habitable. És però una densitat poc usada perquè determinar quina part de l'hàbitat representa l'espai habitable és generalment una tasca difícil.
- Per als individus que es desplacen (animals), es fan servir tècniques com la de captura, marcatge i recaptura per estimar la població.

# Distribució espacial dels individus

- Els individus ocupen només aquelles zones que poden satisfer les seves necessitats.
- Només quan un organisme es troba dins dels límits de tolerància per a les diferents variables ambientals pot habitar un lloc.
- Dins dels límits geogràfics en els que es troba una població, **els individus poden estar distribuïts a l'atzar, uniformement, o en grups.**

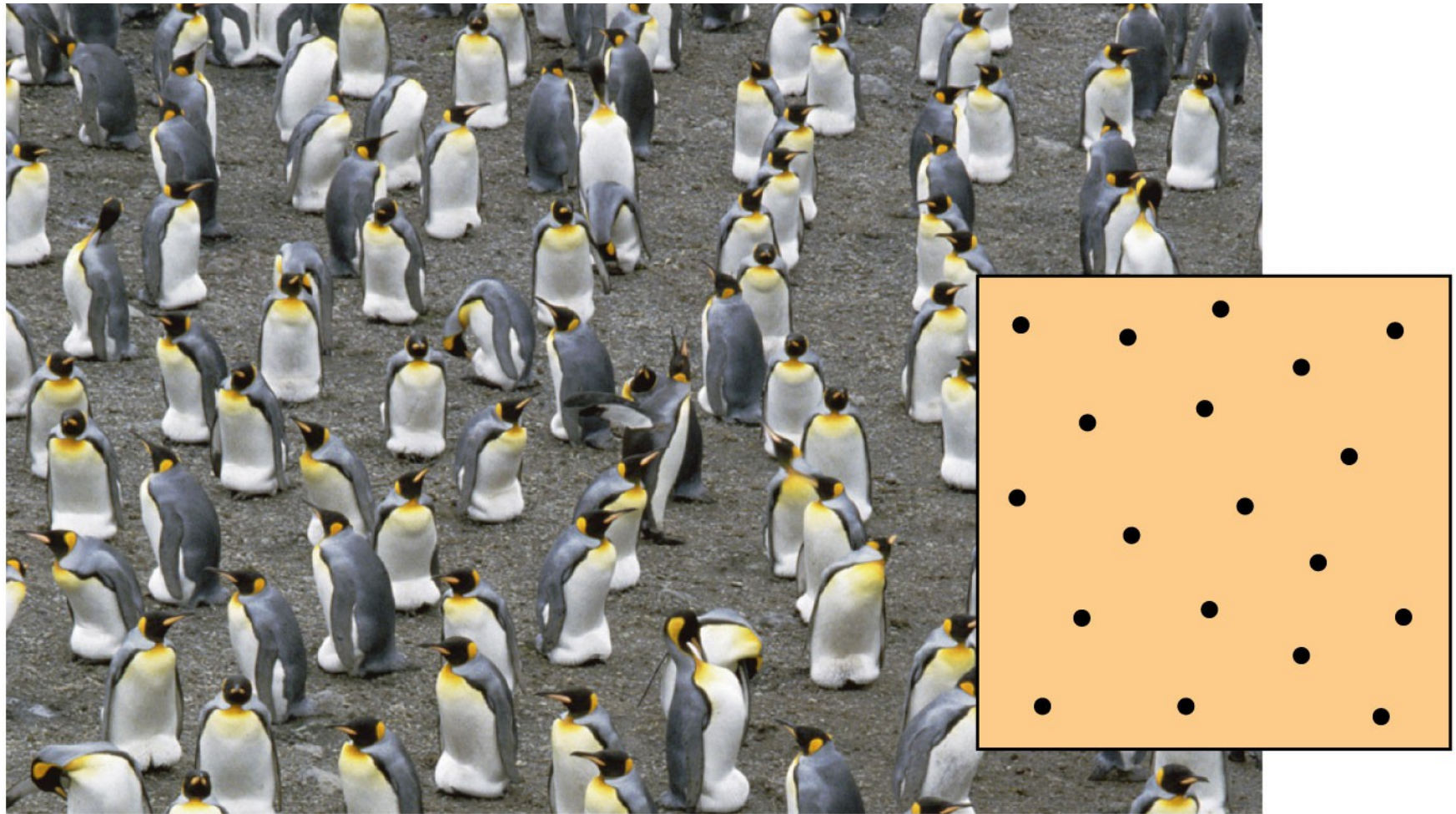


Patrons de distribució espacial dels individus dins d'una població: aleatori, uniforme i agrupat.





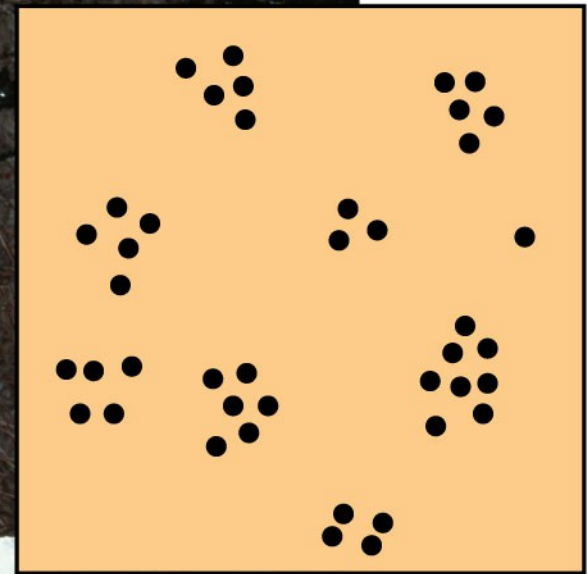
Els individus estan distribuïts a l'atzar si la posició de cadascun és independent de la dels altres. Es dona en espècies amb una gran amplitud de tolerància. Els dents de lleó (*Taraxacum officinale*) creixen a partir de llavors transportades pel vent que cauen aleatòriament i germinen.



**Els individus distribuïts uniformement estan espaiats de manera més o menys equitativa.** Una distribució uniforme generalment resulta d'alguna forma d'interacció negativa entre els individus, com la competició. Les distribucions uniformes són comuns en les poblacions d'animals que defensen el seu territori (territorialitat) o en les poblacions de plantes on existeix una forta competència per l'aigua o els nutrients.



Bosc de coníferes, distribució regular o uniforme.



**La distribució més comú es la que disposa els individus en grups.** És la més usual. Les causes poden ser els avantatges que implica el grup pel que fa a la defensa, la reproducció, les migracions, la recerca d'aliment, etc. Aquesta agrupació comporta un efecte negatiu: la competència intraespecífica. El fet que aquesta distribució sigui la més freqüent és indicatiu que els avantatges de la vida en grup superen els inconvenients.

# La natalitat

- **Taxa de natalitat (b)**: Nombre de individus que neixen per unitat de temps ( $dN/dt$ ) respecte la població inicial (N).

$$b = \frac{dN / dt}{N}$$

- La població inicial pot referir-se...
  - al total de la població.
  - per cada 1000 individus.
  - a la població en edat reproductora
  - al total de femelles de la població
  - a la població de femelles en edat reproductora.
  - etc.

- Cal distingir entre:
  - **Natalitat màxima o teòrica:** que és la que hi hauria en condicions ideals, és a dir, sense factors limitadors, tan sols depèn de la capacitat reproductora dels individus.
  - **Natalitat ecològica o real:** què és la natalitat quan els individus estan sotmesos a factors ambientals limitadors.

# Mortalitat (m)

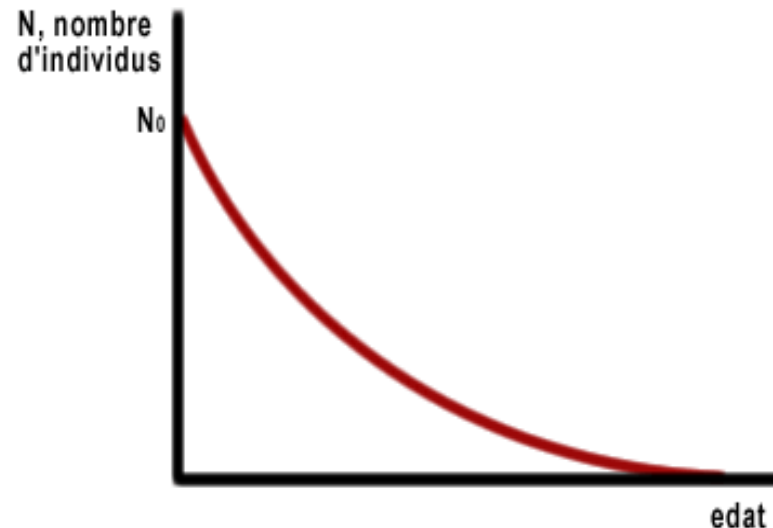
- **Taxa de mortalitat (m)**: nombre de individus que moren per unitat de temps ( $dN/dt$ ) respecte la població inicial (N).

$$m = \frac{dN/dt}{N}$$

- Cal distingir entre:
  - **Mortalitat mínima o teòrica**: és la que es produiria en condicions ideals, és a dir, sense factors limitadors, **tan sols depèn de l'envelliment natural dels individus**.
  - **Mortalitat ecològica o real**: és la que es produeix en les condicions ambientals reals, amb tots els factors que ocasionen morts en la població.
  - **Mortalitat específica de l'edat**: és la que es produeix en una etapa de la vida determinada.

# Corbes de supervivència

- Quan s'estudia una població que es vol recuperar, explotar o combatre, de vegades, té més interès conèixer la taxa de supervivència més que no pas la de mortalitat.
- Les **corbes de supervivència** són una manera d'expressar la disminució numèrica en el temps d'un grup d'individus dintre de la població (extinció gradual amb el temps)
  - Tots els individus d'una població que neixen en el mateix període de temps (**una cohort**) estan afectats al llarg de la seva vida pels mateixos factors. Si es coneix el moment de la mort de tots els individus d'una cohort es pot elaborar la seva corba de supervivència.



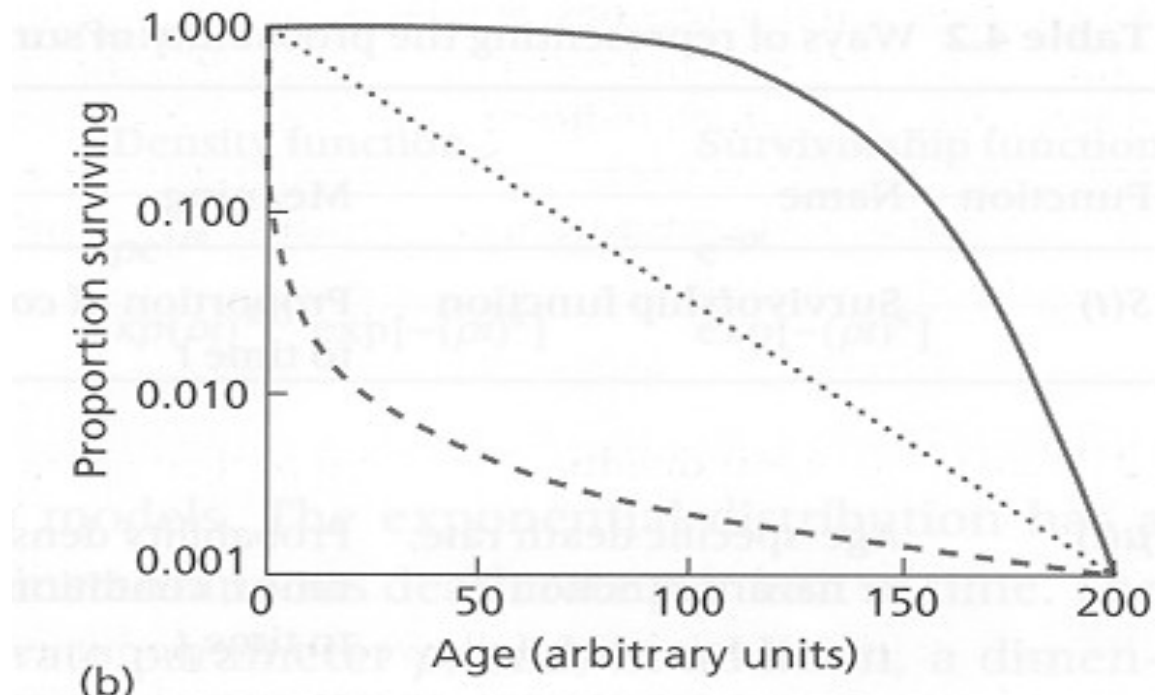


- Si fem la representació del nombre d'individus vius a l'edat  $x$  ( $N_x$ ) respecte el nombre inicial d'individus ( $N_0$ ), podem tenir una funció normalitzada que permet comparar poblacions.

$$l_x = \frac{N_x}{N_0}$$

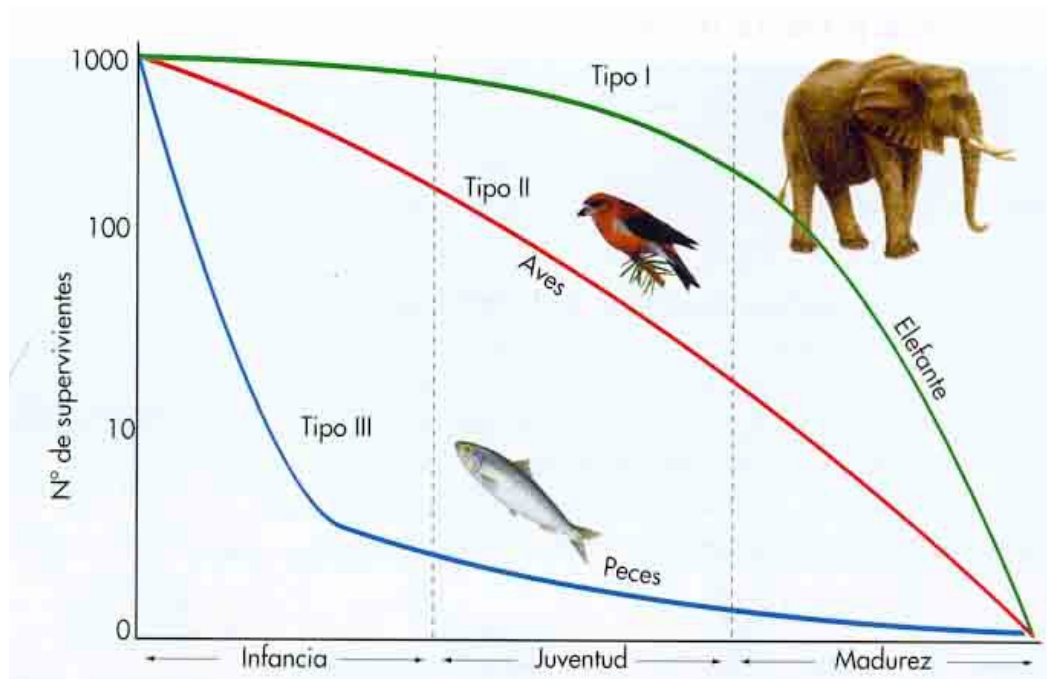
- **La taxa de supervivència ( $l_x$ )** representa la probabilitat que té un nadó de sobreviure fins a alguna edat concreta (varia entre 0 i 1) .
- **Les corbes de supervivència** ens permeten estimar l'esperança de vida de qualsevol individu en qualsevol moment.

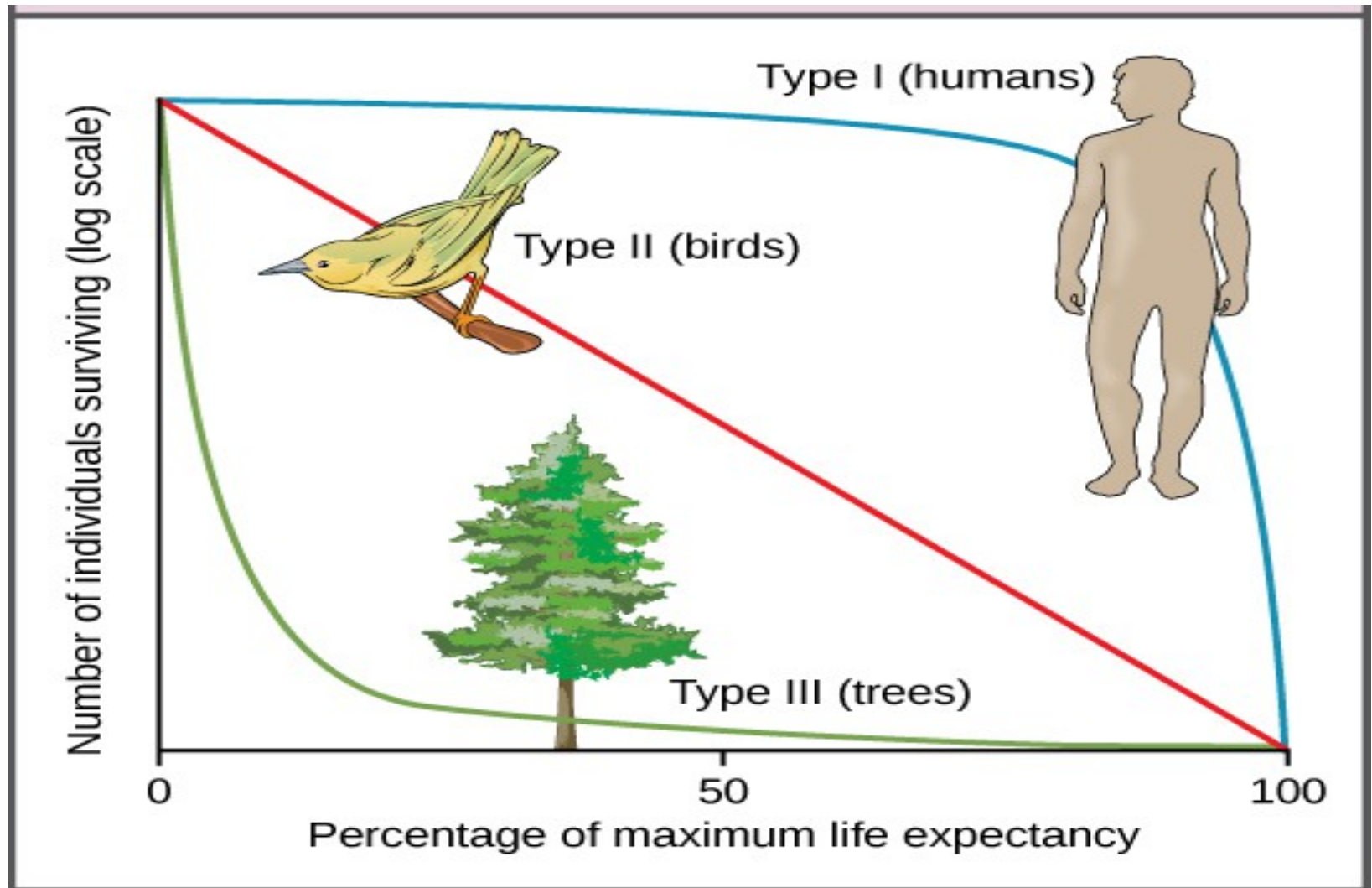
- Les corbes de supervivència es representen amb la  $l_x$  en l'eix vertical i el temps o la classe d'edat en l'eix horitzontal (la supervivència es sol representar a escala logarítmica)
- **Les espècies mostren diferents comportaments respecte a la supervivència.**



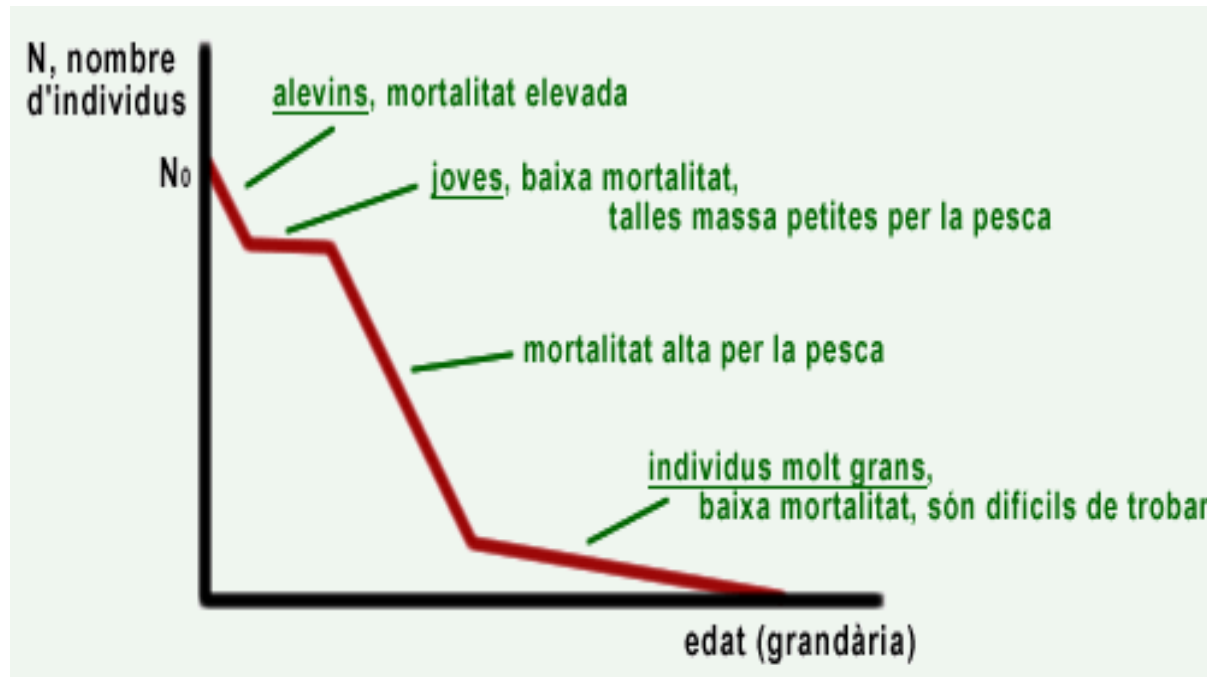
## Les corbes de supervivència es divideixen en tres tipus generals:

- **Tipus I:** els individus tendeixen a viure fins al final de la seva esperança de vida fisiològica. La mortalitat es prou baixa fins que s'arriba a la maduresa. La corba és convexa. Típica dels humans i altres mamífers (espècies amb baixa natalitat i pocs descendents, que tenen cura de les cries.)
- **Tipus II:** la taxa de supervivència no varia amb l'edat, la mortalitat es manté constant. La corba és recta. Característica d'ocells, rosegadors, rèptils i algunes plantes anuals.
- **Tipus III:** La mortalitat és extremadament elevada al començament de la vida. Cas de les ostres, peixos, molts invertebrats i moltes espècies vegetals, com la majoria d'arbres (espècies amb molt descendents, amb escassa o nul·la atenció per part dels progenitors). La corba és còncava.





- Nombroses corbes de supervivència mostren formes intermèdies respecte els 3 models presentats.
- Exemple: **població sotmesa a explotació pesquera**
  - Els alevins petits tenen taxes elevades però en arribar a una certa grandària, no són encara pescats (passen pels forats de la xarxa) i, en canvi, les causes de mort natural són baixes.
  - A partir del moment en què poden ser pescats, la mortalitat augmenta molt.
  - Els pocs individus grans que no han estat pescats poden viure molts anys ja que la probabilitat de què siguin pescats és molt baixa.



## Activitats:

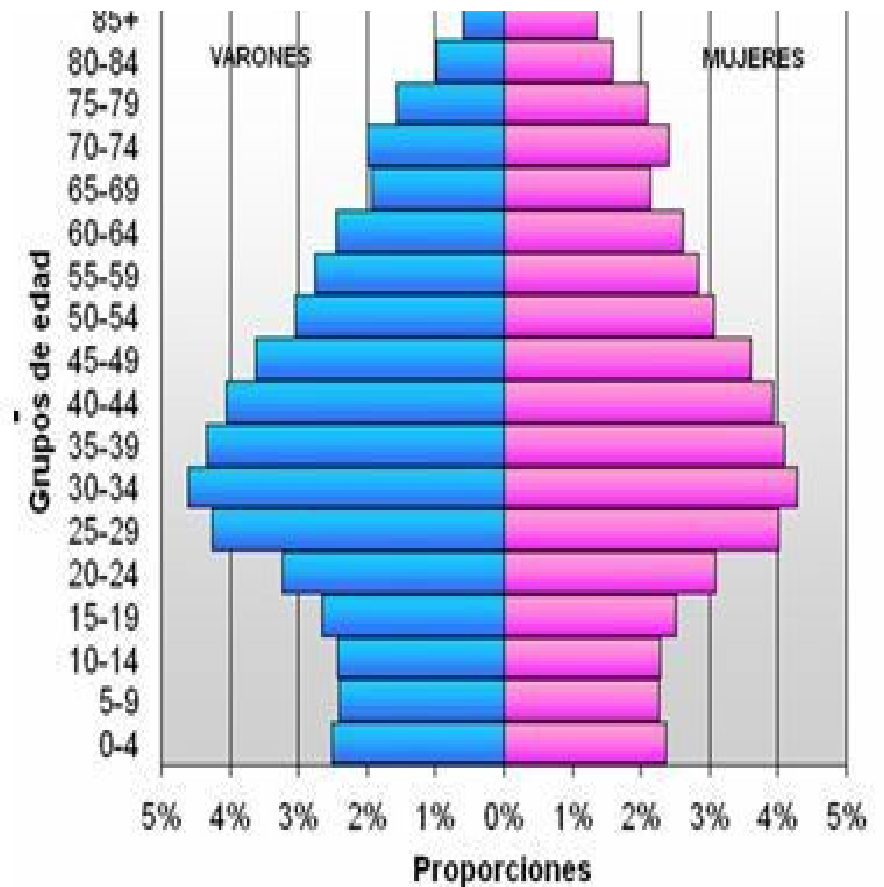
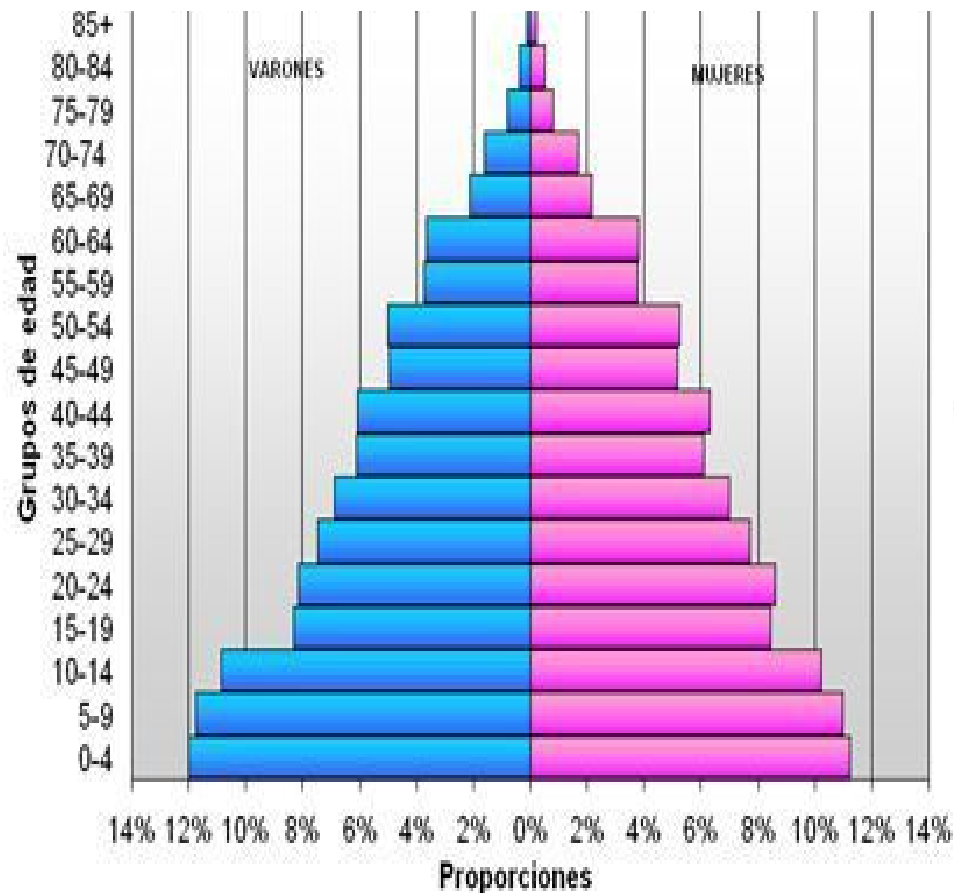
- Càlcul de la taxa de creixement d'una població a partir d'una taula de vida
- Construcció d'una corba de supervivència a partir d'una taula de vida

# Distribució per edats dels individus

- La distribució per edats d'una població expressa el grau d'evolució d'aquesta.
- Ja que la capacitat reproductora i la mortalitat són funció de l'edat, **les proporcions relatives dels grups d'edat influiran en el creixement, en el manteniment o en el retrocés d'una població.**
- Podem distingir tres grups d'individus segons les edats:
  - els que es troben en l'etapa pre-reproductiva.
  - els que es troben en l'etapa reproductiva.
  - els que es troben en l'etapa post-reproductiva.

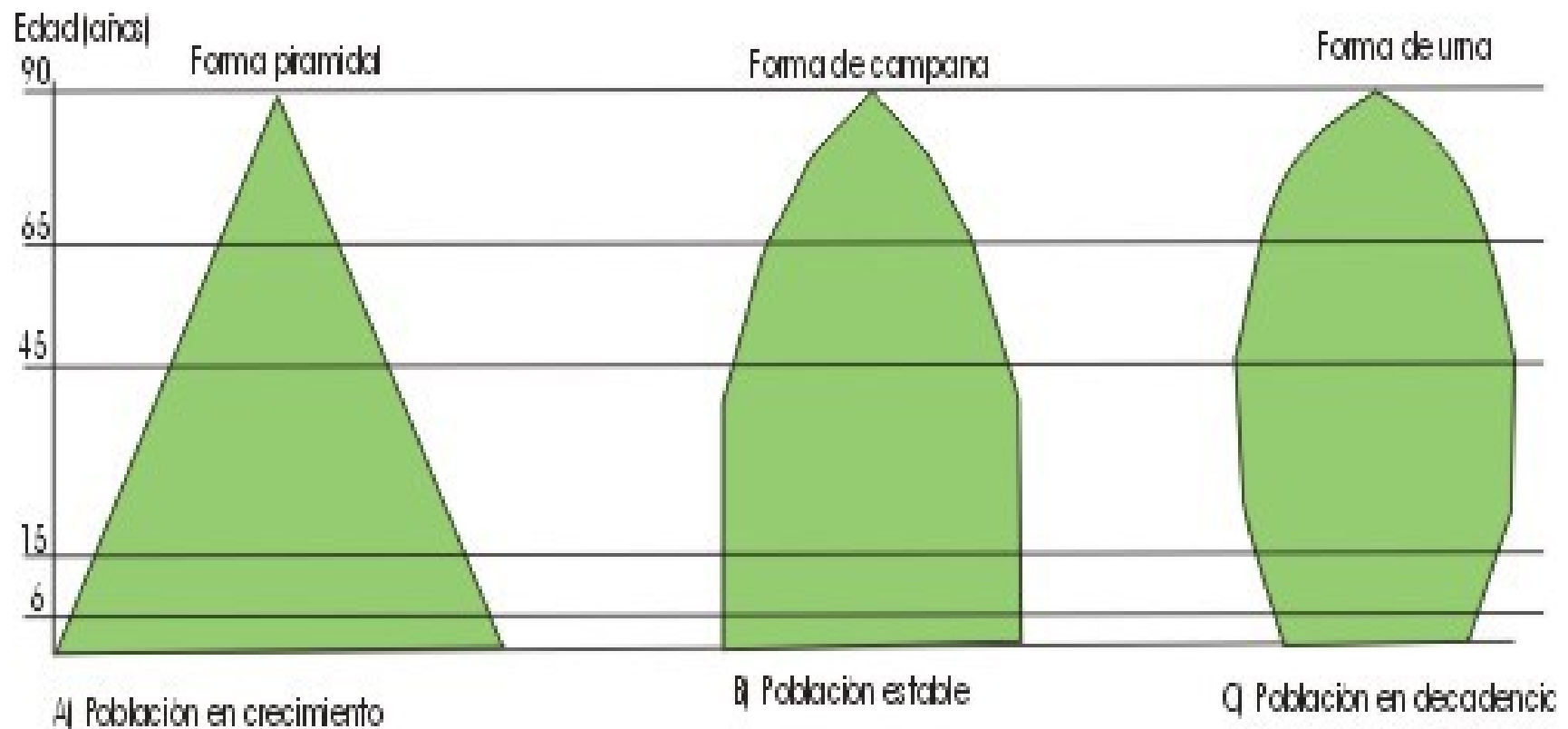
*(La durada de cadascuna d'aquestes etapes així com el nombre d'individus en cadascuna d'elles depèn de cada espècie i de les condicions ambientals.)*

- La representació gràfica de la distribució per edats de la població és fa mitjançant les **piràmides d'edat**.





- **Població en creixement:** piràmides de forma *triangular*. Taxa de natalitat alta, amb domini d'individus prereproductius i reproductius.
- **Població estable:** piràmides en *forma de campana*. Les morts es produeixen principalment en etapa postreproductiva.
- **Població en decadència:** piràmides en *forma d'urna*. Taxa de natalitat baixa, amb alta proporció d'individus postreproductius.

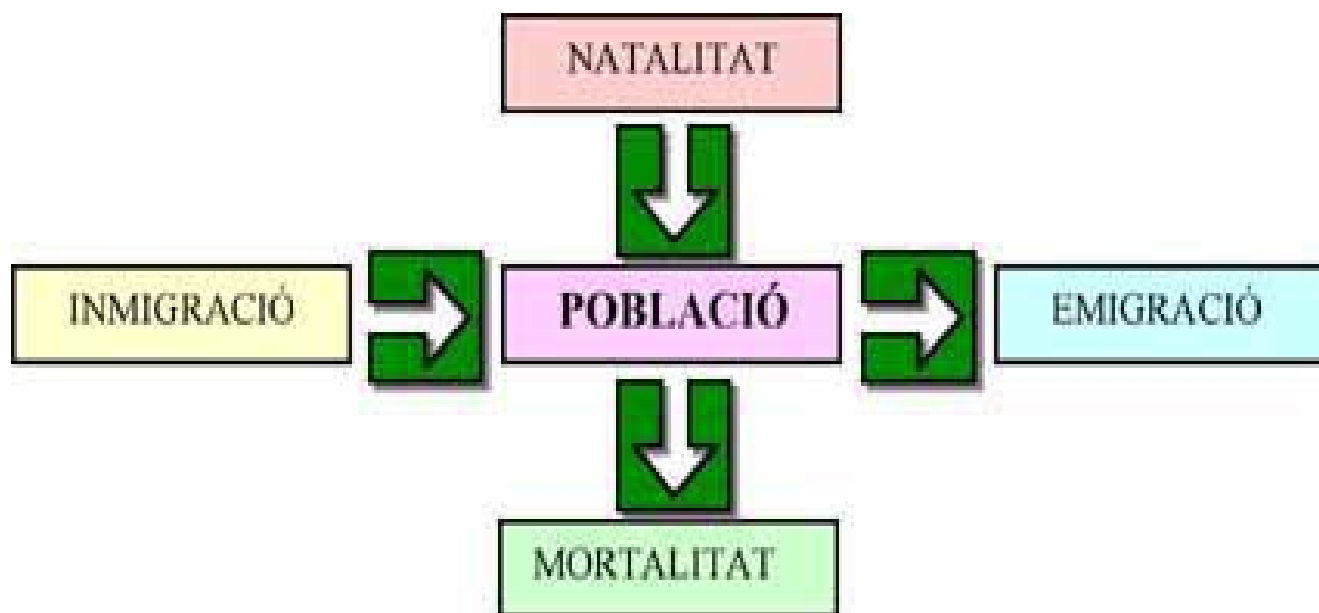


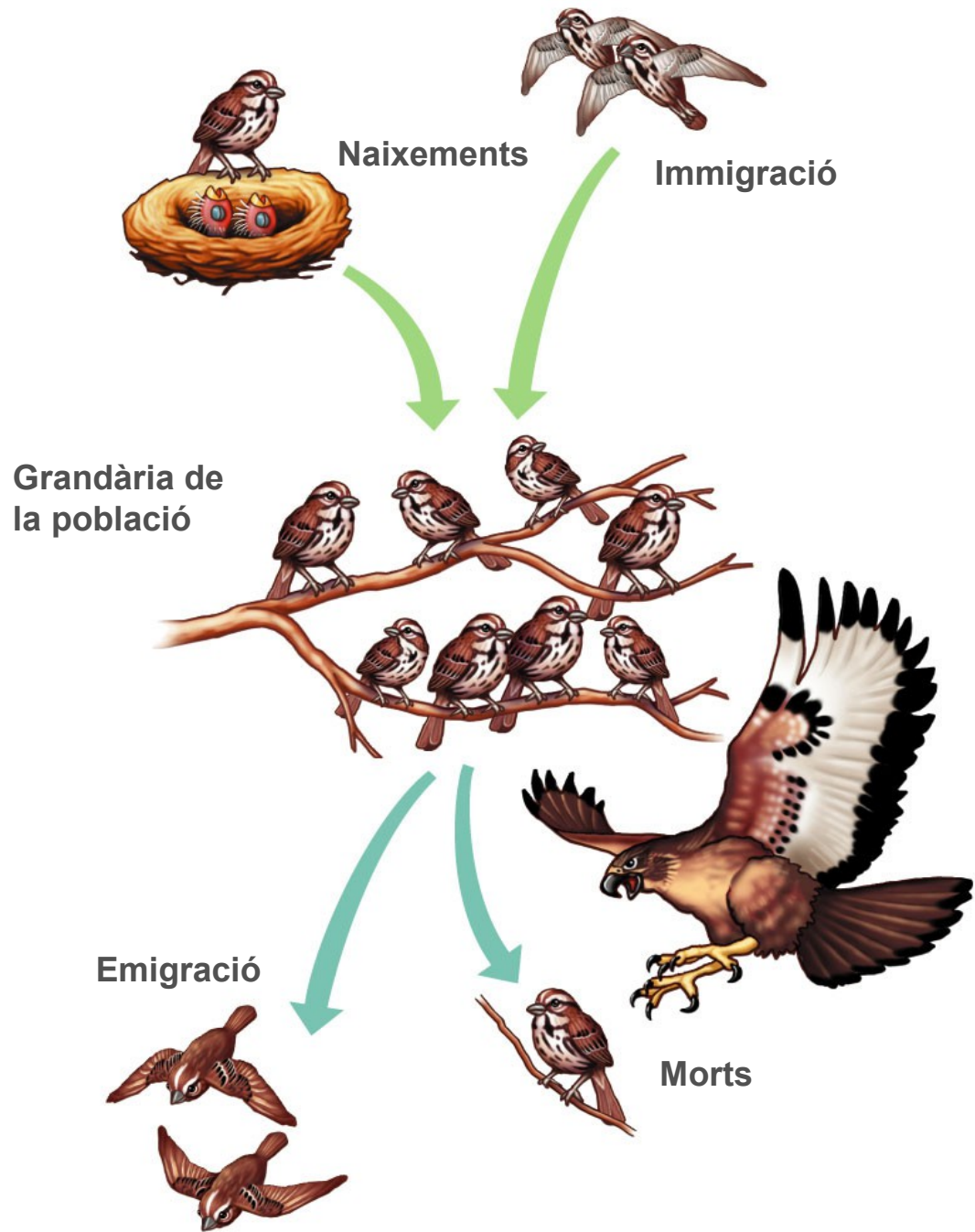
# Les migracions

- **Taxa d'immigració (i)**: nombre d'individus que ingressen a la població, procedents d'altres poblacions, per unitat de temps ( $dN/dt$ ), respecte la població inicial (N).
- **Taxa d'emigració (e)**: nombre d'individus que abandonen la població per unitat de temps, respecte la població inicial (N).

# Creixement d'una població

- El creixement d'una població és la variació en el nombre d'individus en un determinat període de temps
- Hi ha 4 paràmetres que afecten la grandària d'una població:
  - Els **naixements** i la **immigració** afegeixen individus a la població.
  - Les **morts** i les **emigracions** n'eliminen.





- **La taxa de creixement ( $r$ )** és la variació del nombre d'individus d'una població per unitat de temps respecte la població inicial.

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

- La taxa de creixement és funció de les taxes de natalitat ( $b$ ), de mortalitat ( $m$ ), d'immigració ( $i$ ) i d'emigració ( $e$ ).

$$r = b - m + i - e$$

- La taxa de creixement serà positiva ( $r > 0$ ) quan augmenti el nombre d'individus de la població, negativa ( $r < 0$ ) quan en disminueixi, i nul·la ( $r = 0$ ) quan la població es mantingui constant.

# De què depèn la taxa de creixement ( $r$ ) i el nombre total d'individus d'una població?

- De molts factors, entre altres:
  - **Edat.** Els individus es reproduïxen o moren segons la seva edat.
  - **Recursos.** Més o menys menjar o aigua pot afectar a la natalitat i la mortalitat.
  - **Immigració/emigració.** Si arriben individus augmentarà i si emigren, disminuirà.
  - **Presència d'altres espècies,** que utilitzin els mateixos recursos o que siguin depredadors de l'espècie en qüestió.
  - **Factors externs.** La temperatura, el vent o altres factors de l'ambient que afecten positiva o negativament la natalitat, la mortalitat o la supervivència de l'espècie.

# Creixement exponencial d'una població

(Considerem una població tancada, és a dir, sense migracions)

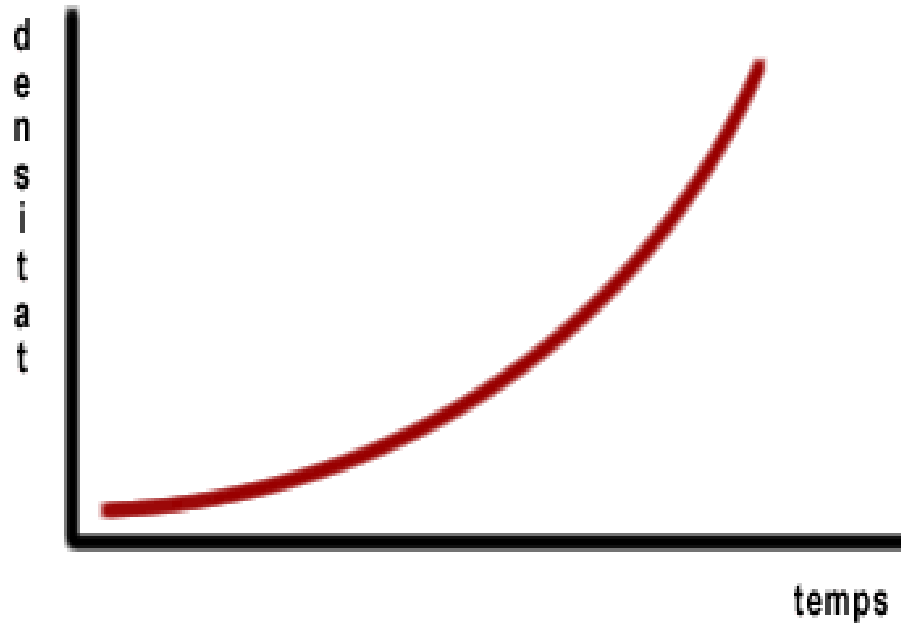
- **Quan les condicions ambientals són òptimes i no hi ha cap limitació** d'espai, d'aliment, no hi ha malalties ni depredadors, s'assoleix el **valor màxim de r**. En aquest cas la natalitat és màxima i la mortalitat mínima.
- La **taxa de creixement màxima** que pot assolir una població s'anomena **potencial biòtic o reproductiu**.
  - Les variacions produïdes en el número d'individus d'una població al llarg del temps ve definida per l'equació següent:

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

- Equació diferencial la solució de la qual *ens permet calcular el nombre d'individus de la població en qualsevol instant*:

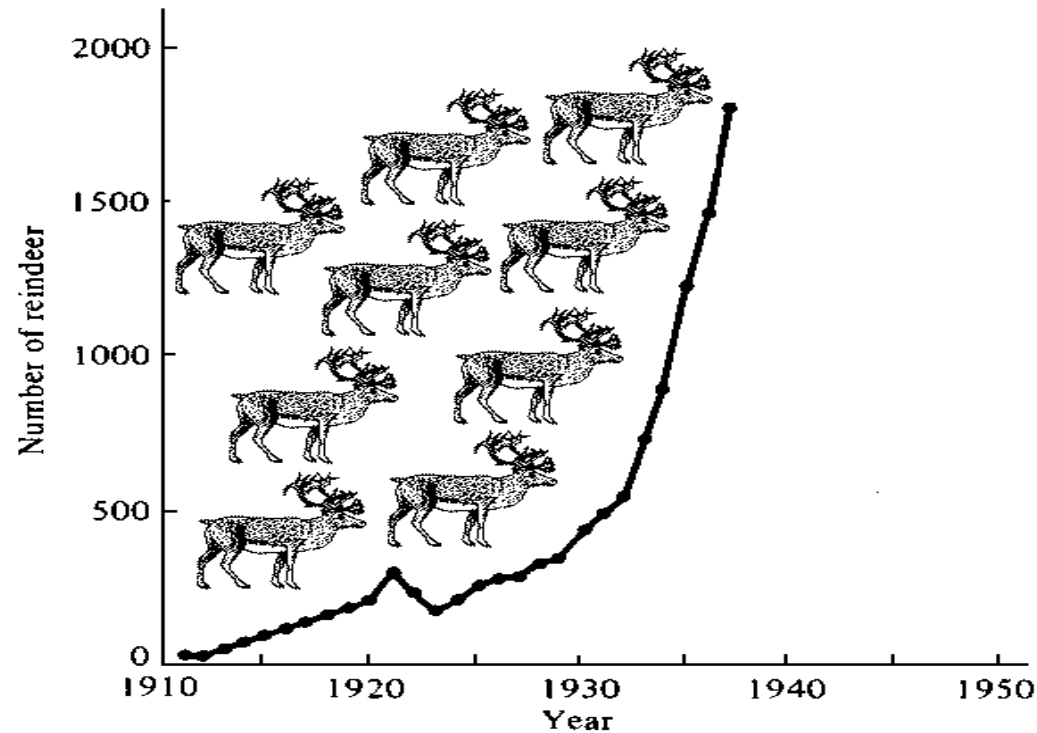
$$N_t = N_0 e^{r \cdot t}$$

- Si la població no tingués limitacions, creixeria indefinidament de forma exponencial:
  - **Corba exponencial o en forma de J:**





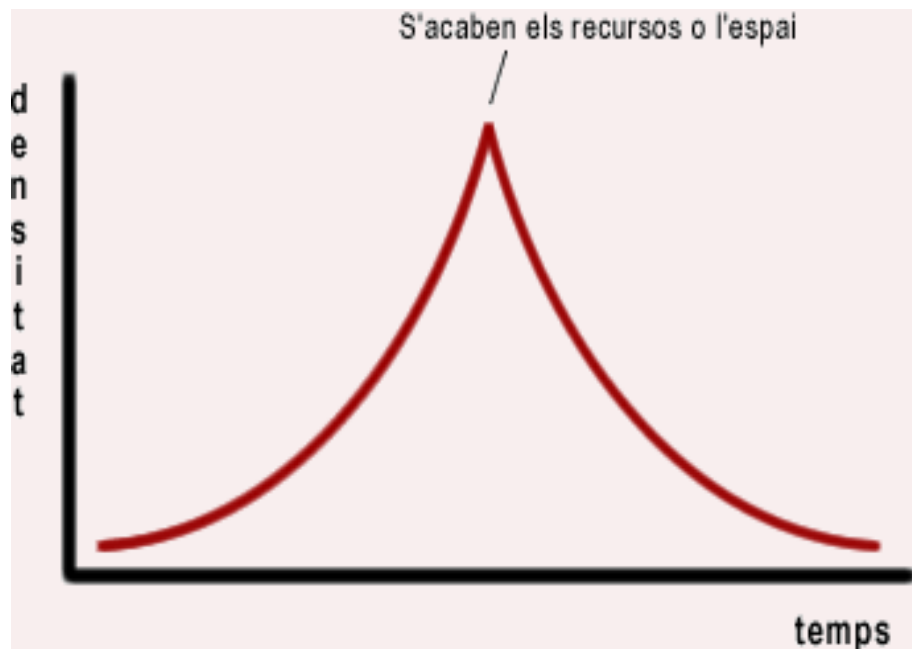
- En la natura el **creixement exponencial** d'una població **només** és possible en **situacions molt concretes**, per exemple quan un organisme envaeix un medi sense explotar, en el que no hi troba competidors.



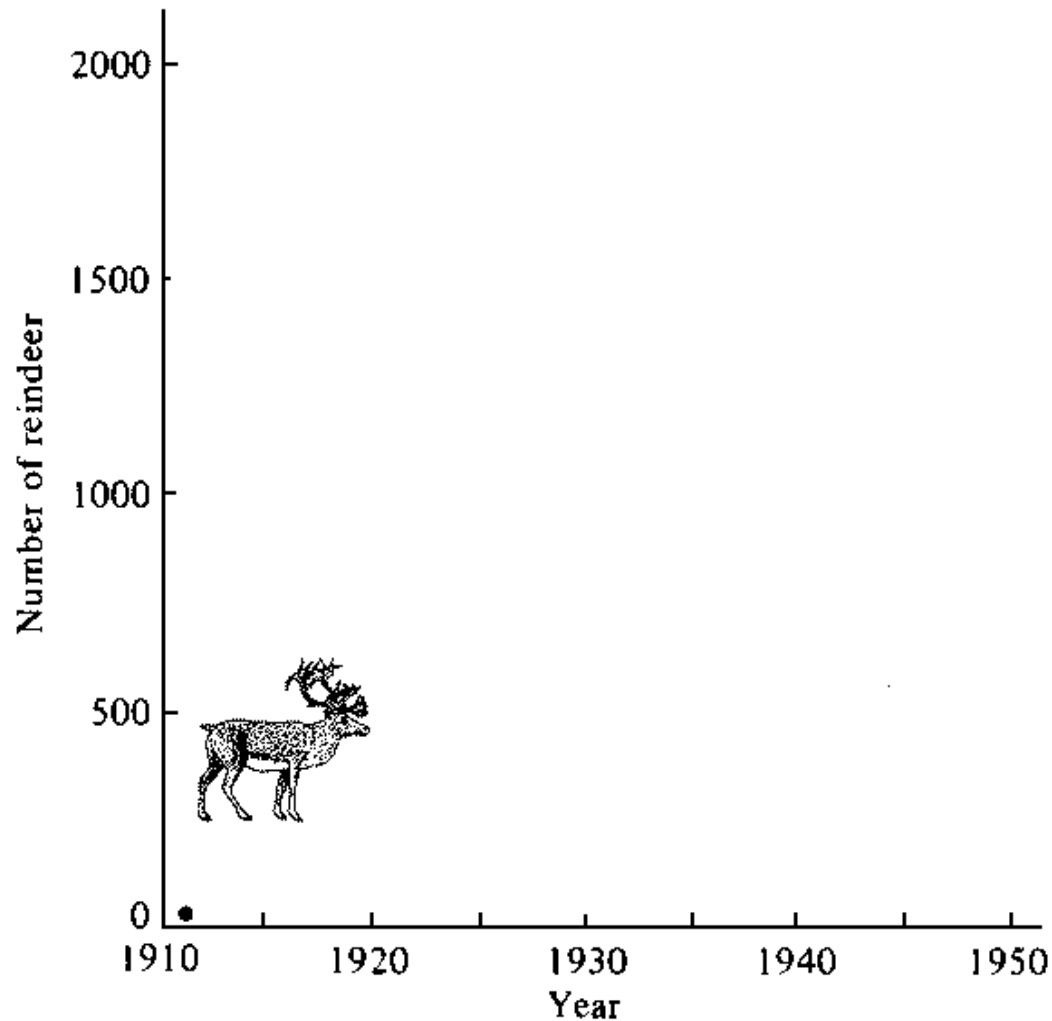
Un exemple d'una població sotmesa a un creixement exponencial és l'augment del ramat de rens introduït a *San Pablo*, una de les *illes de Pribilof*, Alaska.

Introduït el 1910, la població de rens es va multiplicar ràpidament de 4 mascles i 22 femelles introduïdes a un ramat de més de 2000 individus en tan sols 30 anys.

- Lo normal en la natura és que l'ambient freni el creixement d'una població (esgotament de nutrients, falta d'espai, malalties, condicions ambientals desfavorables, sobreexplotació, etc.), i la població pateixi una davallada.

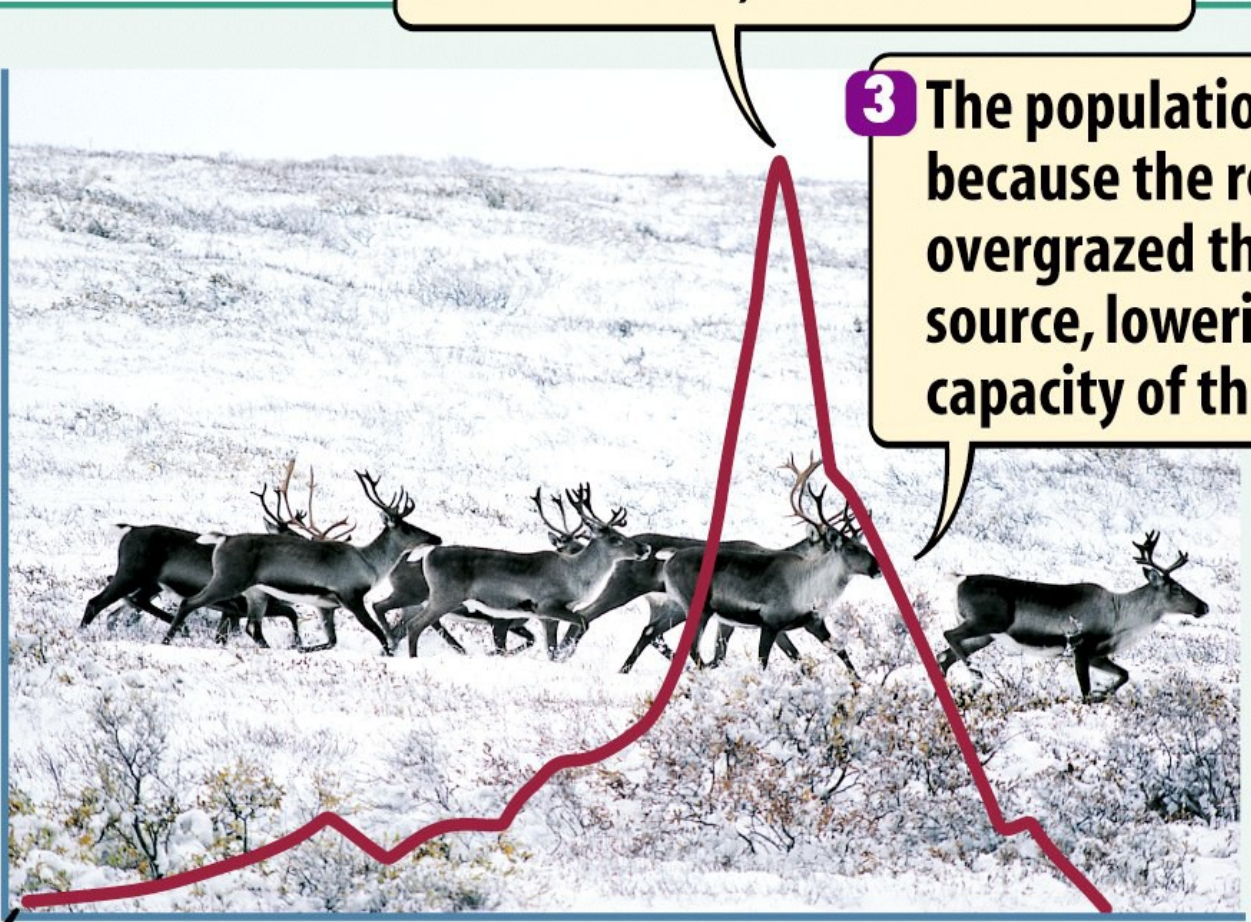


(Aquesta però no sol ser tampoc la situació habitual, tot i que en alguns casos pot assemblar-s'hi, com en el cas de les plagues que proliferen sense fre, fins a acabar amb el recurs.)



Després del període de creixement, la població de rens pasturà tan intensament que el ramat va disminuir de forma abrupta des de més de 2000 exemplars al 1938 a 8 animals al 1950. La sobreexplotació dels recursos de l'entorn (en aquest cas el menjar) per part de l'espècie és la responsable de que el creixement s'aturi de cop i disminueixi de forma pronunciada fins gairebé l'extinció de la població.

**Number of reindeer**



**2** The population rose rapidly to more than 2,000 individuals.

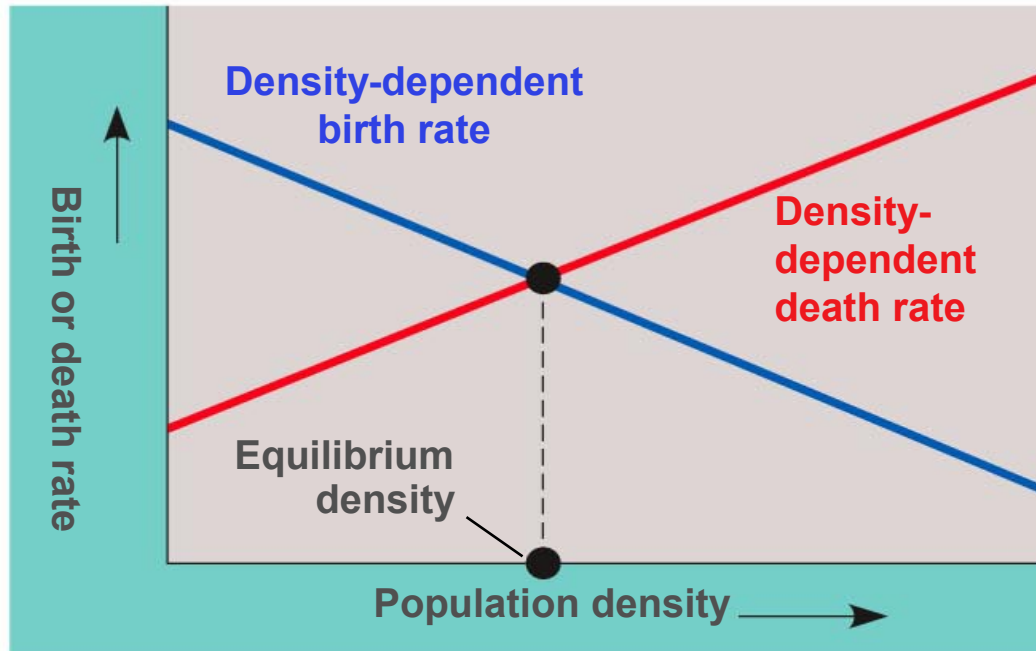
**3** The population crashed because the reindeer heavily overgrazed their winter food source, lowering the carrying capacity of the environment.

**1** In 1911, 25 reindeer were introduced to the island.

Figure 34-8 Discover Biology 3/e  
© 2006 W. W. Norton & Company, Inc.

- Normalment abans d'arribar a una densitat crítica, comencen a donar-se **mecanismes de control de la població** que fan que disminueixi la seva taxa de creixement.
  - Per exemple:
    - Si escasseja el menjar, pot haver-hi més morts que naixements, per tant, el valor de  **$r$**  es farà més baix o negatiu.
    - Si l'espai es limitat, la pròpia interacció entre els individus pot frenar el procés de creixement, les molèsties d'uns individus respecte als altres poden, per exemple, disminuir la taxa de fertilitat.

- En la natura, l'ambient no és constant i els recursos són limitats. A mesura que augmenta la densitat d'una població, la demanda de recursos s'incrementa.
- Una població per tant no pot créixer indefinidament, ja que al cap d'un temps començaran haver limitacions de recursos i espai, augmentarà el nombre de morts i disminuirà el de naixements.
- **El conjunt de tots els factors que limiten el creixement d'una població rep el nom de resistència ambiental.**



- A mesura que augmenta la densitat d'una població, la natalitat disminueix i la mortalitat s'incrementa. Com a resultat, s'alentirà la taxa de creixement ( $r$ ).
  - Si la mortalitat excedeix la natalitat ( $m > b$ ), el creixement serà negatiu ( $r < 0$ ) i la població es reduirà.
  - Quan la natalitat iguali la mortalitat ( $b = m$ ), el creixement serà 0.

$$\frac{dN}{dt} = 0$$

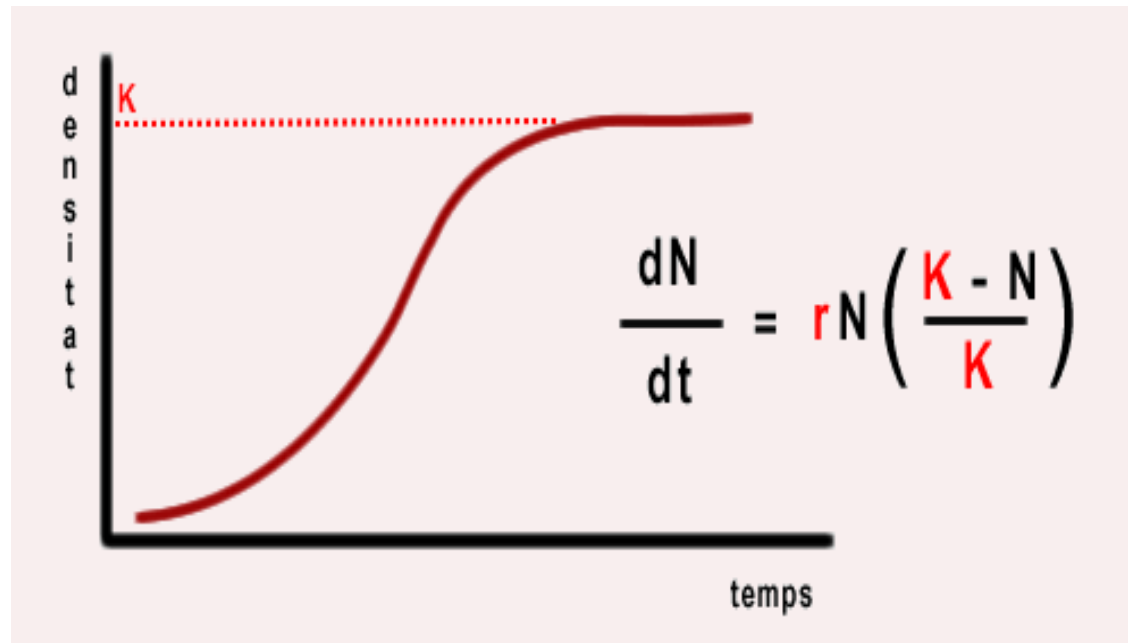
- El nombre d'individus ( $K$ ) per al qual la taxa de natalitat sigui igual al de la mortalitat representa la grandària màxima de la població que pot mantenir-se sota unes condicions ambientals determinades.

# Creixement sigmoïdal o logístic d'una població

- **Per un espai determinat i amb un nivell de recursos limitat**, la població arribarà a un **nivell d'equilibri**, un valor màxim de la població ( $K$ ), que s'adequarà a l'espai i els recursos disponibles.
- El nombre d'individus d'una població determinada que pot mantenir-se en l'ambient on viu sota unes determinades condicions ambientals, rep el nom de **capacitat de càrrega ( $K$ )**.
  - Si la població excedeix aquest límit màxim, la mortalitat augmenta de seguida i la població començarà a minvar.



- Quan hi ha limitacions en el creixement, arriba un moment en què aquest és més lent i s'estabilitza en la capacitat de càrrega.
  - **Corba sigmoïdal o en forma de S.**

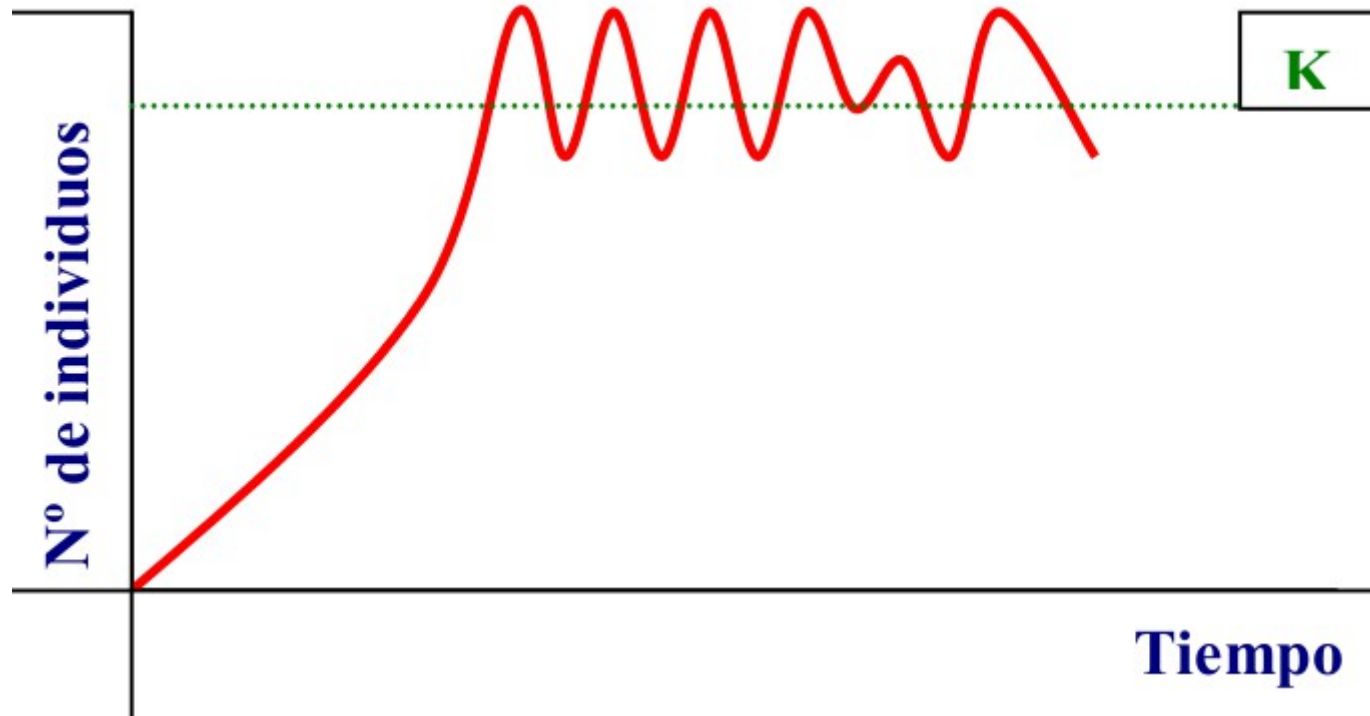


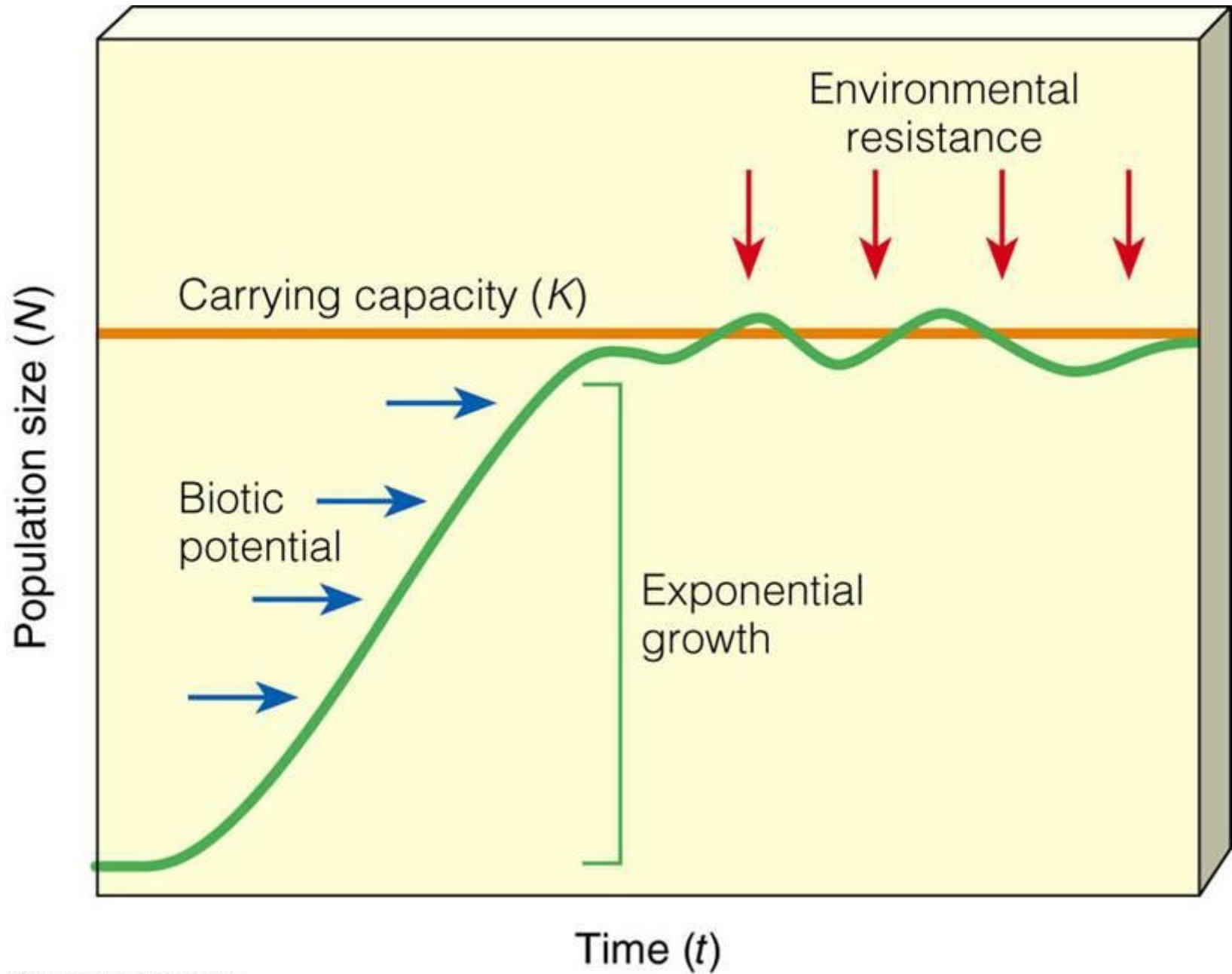
La **població màxima** que pot contenir s'anomena **K**. A mesura que el nombre d'individus (**N**) es va apropant a **K**, augmenta la **resistència ambiental** al creixement. Aquesta resistència ambiental s'expressa com un factor que multiplica a *r*.

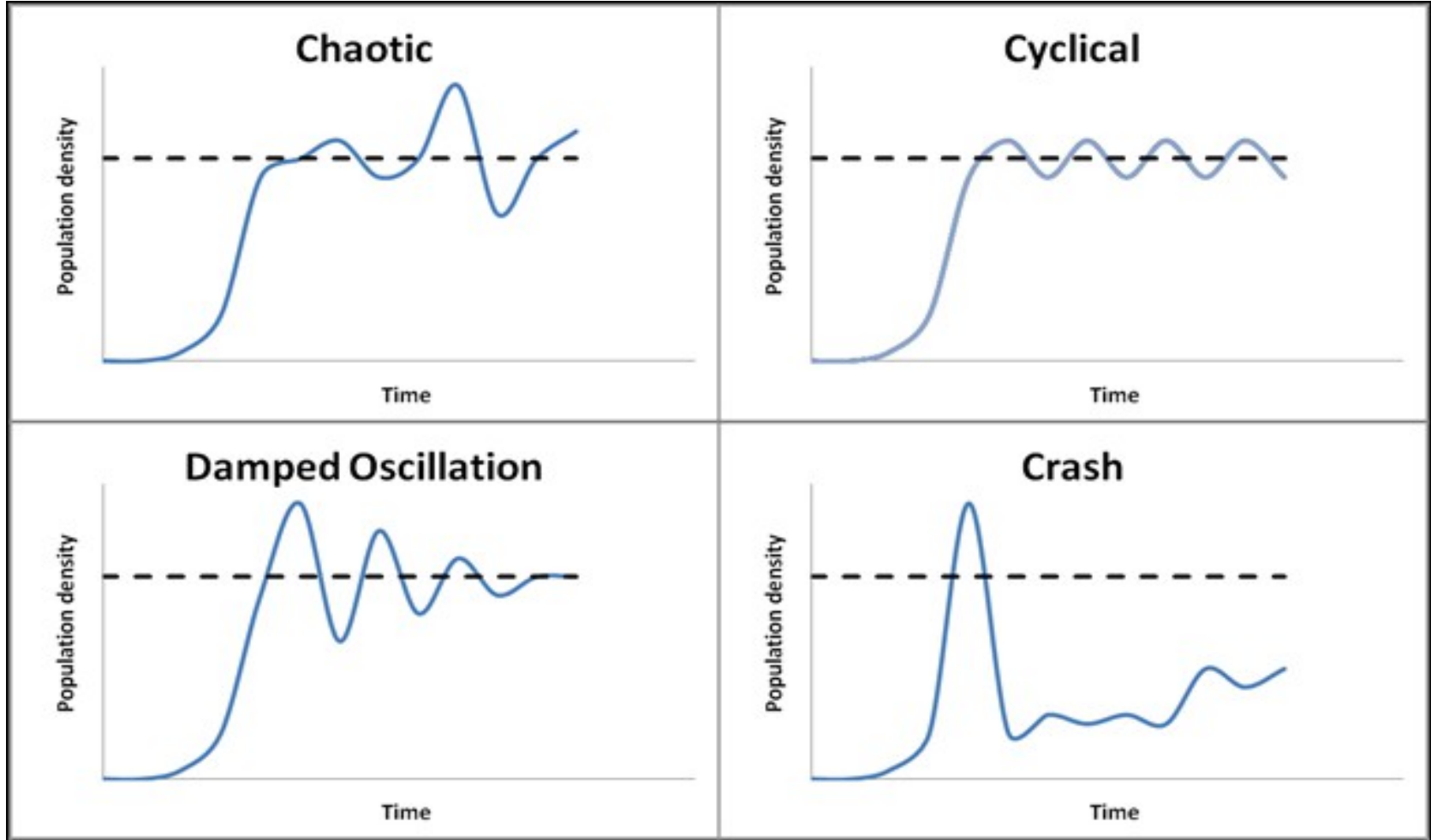
$$\text{Resistència ambiental} = \frac{K - N}{K}$$

# Fluctuacions

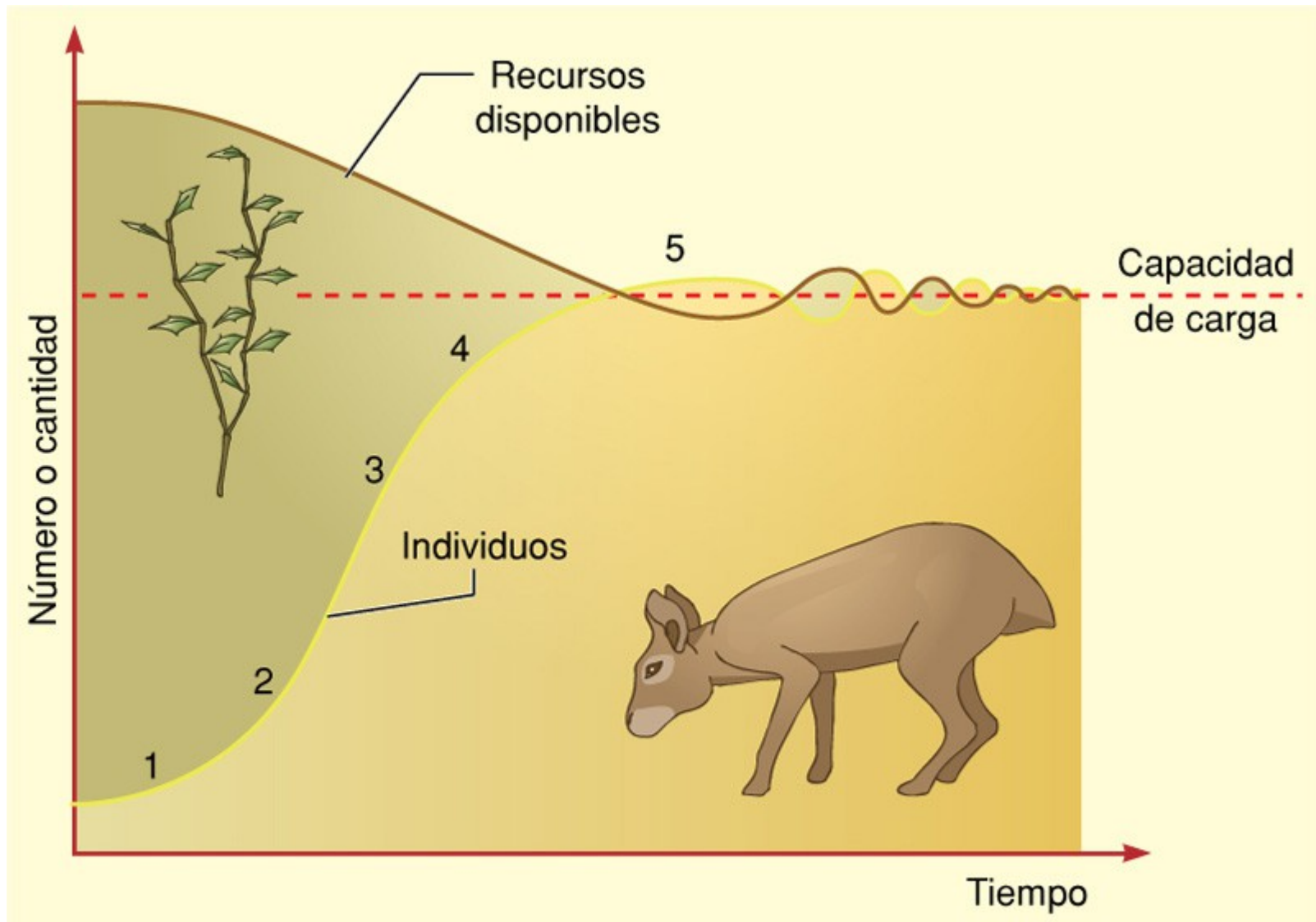
- Generalment, els creixements de les poblacions reals no s'ajusten del tot a la corba de creixement sigmoide, que es manté estable en el valor màxim ( $K$ ), sinó que presenten períodes en què disminueix, seguits de períodes en què augmenta, fins i tot superant la població màxima, i així successivament. Aquestes oscil·lacions són les anomenades fluctuacions.







- La corba de creixement d'una població passa doncs per una sèrie de fases:
  - **Fase 1**, d'establiment, caracteritzada per un creixement relativament lent.
  - **Fases 2 i 3**: fases de creixement ràpid, gairebé exponencial.
  - **Fase 4**: fase de creixement lent, la població s'aproxima a la capacitat de càrrega.
  - **Fase 5**: d'equilibri dinàmic al voltant de la capacitat de càrrega, amb fluctuacions.



# Estratègies de supervivència

- Una forma de classificar els ambients (hàbitats de les espècies) és en relació amb la variabilitat amb el temps.
- Hi ha dos tipus d'hàbitats totalment oposats:
  - Els que són variables en el temps, o de vida curta.
  - Els que són relativament estables (de vida llarga i constant), amb poques fluctuacions ambientals aleatòries.
- Les espècies que s'adapten a aquest dos ambients diferents diferiran en les característiques del seu cicle vital (nombre de descendents, edat mitjana, mortalitat, supervivència...).

- L'objectiu d'una població és la seva supervivència al llarg del temps. Aquesta persistència s'aconsegueix si cada generació deixa un nombre de descendents viables suficient per a garantir-la.
- Les espècies segueixen dues estratègies diferents però igualment efectives.
  - Espècies que tenen molts descendents i molta mortalitat infantil (**estrategues de la r o organismes oportunistes**)
  - Espècies amb pocs descendents però amb mecanismes que fan molt probable que visquin molt de temps (**estrategues de la K o organismes especialistes**).

# Característiques

	<b>Estratègia de la r</b>	<b>Estratègia de la K</b>
<b>Grandària corporal</b>	Petita	Gran
<b>Taxa de natalitat</b>	Alta	Baixa
<b>Taxa de mortalitat</b>	Alta, sovint catastròfica	Baixa
<b>Nombre d'ous, cries, llavors...</b>	Molts (però poca supervivència)	Pocs
<b>Taxa de desenvolupament</b>	Ràpida	Lenta
<b>Edat 1a reproducció</b>	Aviat	Retardada
<b>Posició a la xarxa tròfica</b>	Baixa	Alta
<b>Temps de vida mitjana</b>	Relativament curt	Llarg
<b>Condicions ambientals</b>	Canviants, no previsibles	Constants o regularment variables.
<b>Cura de la descendència</b>	Mínima o nul·la	Sí
<b>Bons colonitzadors d'hàbitats nous i desocupats</b>	Sí	No
<b>Exemples</b>	Conills, rates, sardines, gramínies...	Elefants, foques, àligues, roures...



