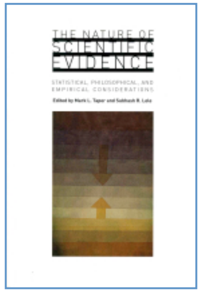
UNA (MUY) BREVE INTRODUCCIÓN A LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA

Aprendemos de nuestros errores
(Karl R. Popper 1962. Conjeturas y refutaciones)

valerio.vega@gmail.com

- El objetivo de la ciencia es acumular información sobre cómo funciona la Naturaleza:
  - ¿Predecir y controlar?
  - ¿Describir y explicar? (Comprender)
    - Factores
    - Mecanismos
- Se pretende aprender reglas básicas de planificación y análisis de experimentos.

Taper, M.L. & S.R. Lele 2004. *The nature of scientific evidence*. University of Chicago Press.



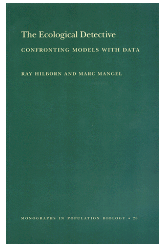
- La ciencia está construida por **teorías**: colección de conceptos o constructos abstractos sobre algún área del mundo real que nos interesa o nos preocupa, que facilita su explicación, predicción o intervención.

- De una teoría se derivan **hipótesis**: Predicciones basadas en la teoría. Tienen valor predictivo, internamente lógicas. Las hipótesis son las que se ponen a prueba, son por tanto teorías sin probar. Hipótesis es un proposición factual (basado en datos) que puede ser formalmente analizada.

- Modelos son descripciones formales que relacionan elementos y que están basados en hipótesis.

- Teorías y **modelos** están interconectados: un modelo es una invención, algo que inventamos para explicar una serie de datos que queremos interpretar. Existen modelos verbales, formales, gráficos, etc.

Hilborn, R. & M. Mangel 1997. *The ecological detective: confronting models with data*. Princeton UP.



- Hipótesis **no** es sinónimo de teoría.

- Hipótesis **no** es sinónimo de postulado (conjetura o idea nueva inexplorada).

  Ej.: *La selección natural ha moldeado el hábito trófico de los insectos,* no es una hipótesis, es un postulado.

- Algunos investigadores igualan postulado a hipótesis de trabajo.

Importancia de los modelos

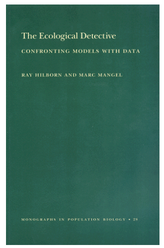
- Los modelos nos ayudan a clarificar nuestras descripciones verbales de la naturaleza y de los mecanismos implicados

- Los modelos ayudan a definir qué parámetros y procesos son importantes y cuáles no.

- Como un modelo NO es una hipótesis, debemos admitir desde el principio que no hay modelos enteramente correctos.

- Los modelos son por tanto herramientas científicas.

- El método científico consiste básicamente en crear, validar y modificar modelos y teorías. El científico representa en forma de teorías y modelos el conocimiento que tiene acerca del mundo que le rodea.



Hilborn, R. & M. Mangel 1997. *The ecological detective: confronting models with data*. Princeton UP.

Generando teorías

- **Razonamiento inductivo** (Bacon 1620): Elaboración de explicaciones mediante generalizaciones a partir de observaciones no experimentales. Se usa la estadística para detectar patrones y decidir si se deben al azar.

- **Razonamiento deductivo** (Galileo 1632): Elaboración de explicaciones mediante conjeturas basadas en teorías existentes.

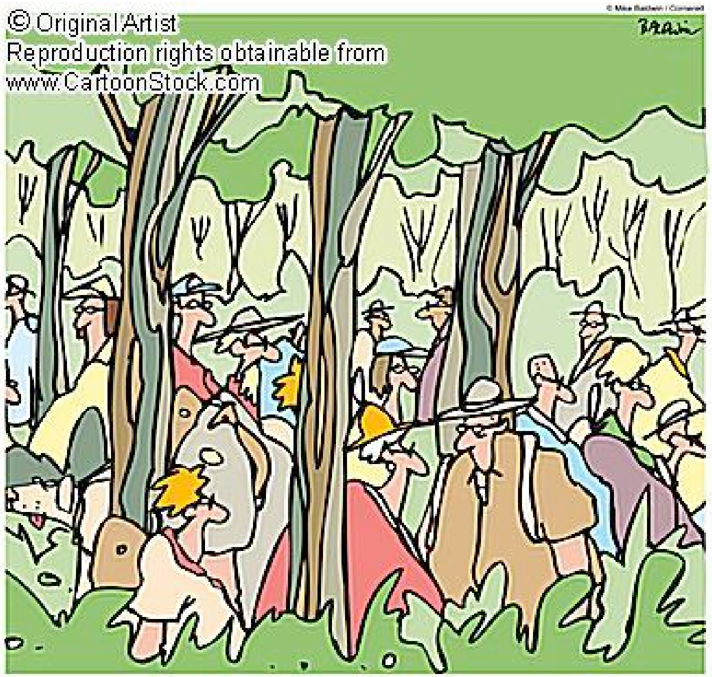
- La cuestión no está clara: inducción se puede hacer a partir de patrones o basada en método hipotético-deductivo.

Poniendo a prueba las teorías

- Si los modelos son correctos, se deben cumplir una serie de consecuencias o efectos concretos.

- Las predicciones se ponen a prueba:
  - Mediante observaciones dirigidas
  - Mediante comparaciones
  - Mediante manipulación experimental.

DINÁMICA DE POBLACIONES



It’s great to get away from it all, except for the crowds.

Modelos de crecimiento poblacional

Cuatro parámetros afectan al tamaño de las poblaciones:

1. Natalidad (N)
2. Mortalidad (M)
3. Emigración (E)
4. Inmigración(I)

$$N\ ahora = N\ antes + N - M + I - E$$

$$N\ futuro = N\ ahora + N - M + I - E$$

Crecimiento Poblacional

El cambio temporal en el tamaño de las poblaciones depende de los cuatro parámetros explicados anteriormente

$$N\ ahora = N\ antes + N - M + I - E$$

$$N\ futuro = N\ ahora + N - M + I - E$$

Crecimiento Poblacional Independiente de la densidad

1. La tasa de mortalidad y natalidad per cápita no dependen del tamaño poblacional.
2. La tasa de crecimiento per cápita es constante.
3. La tasa de crecimiento poblacional es proporcional al tamaño poblacional.
4. Existe independencia entre crecimiento poblacional y densidad.

Crecimiento Poblacional Independiente de la densidad: Poblaciones discretas

1) Consideremos una especie semélpara anual, y sea R_o la tasa de reproducción neta.

2) R_o *es constante*.

3) Prescindimos de la demografía, sólo contamos individuos cada año y suponemos que todos son iguales.

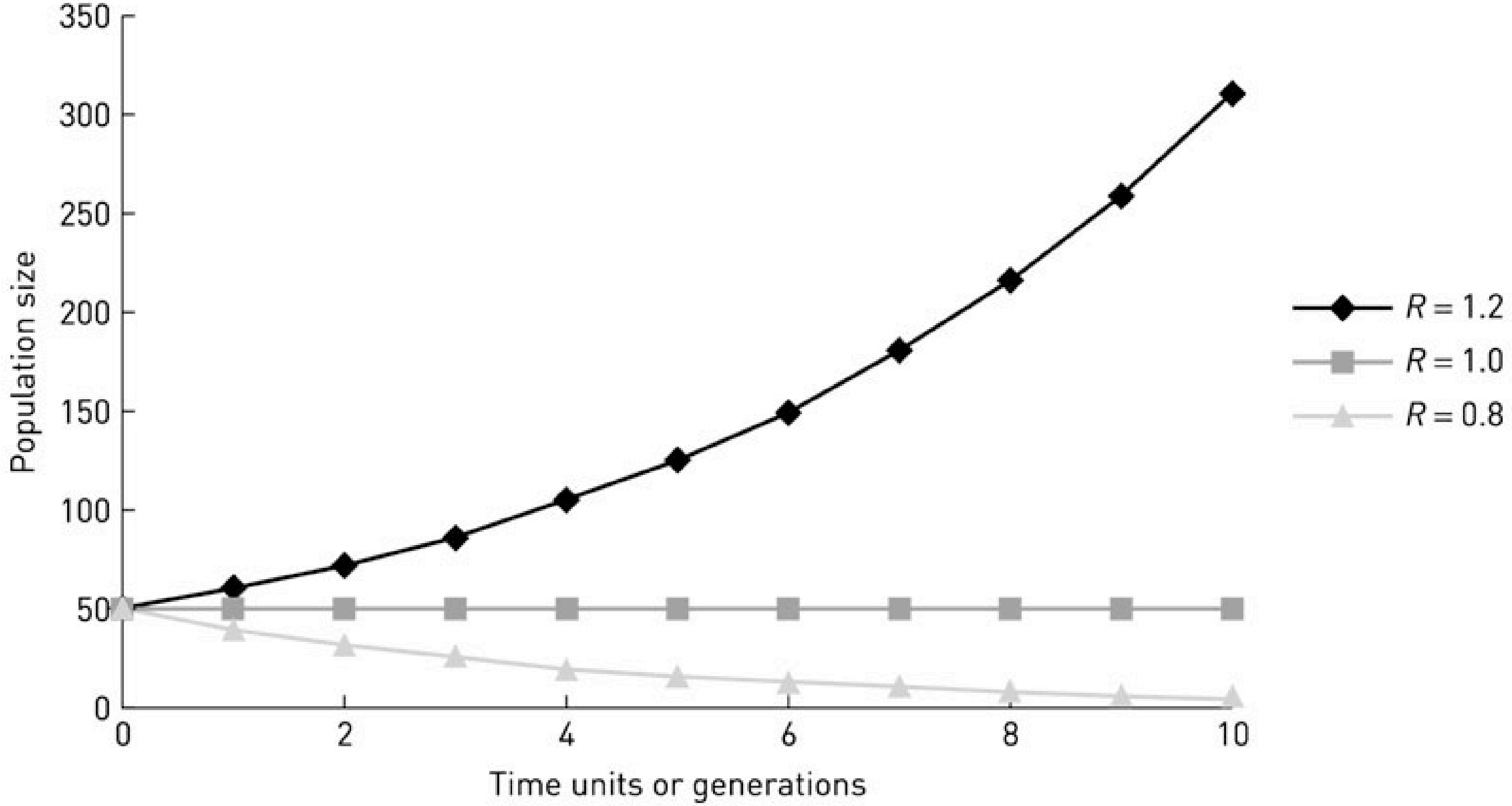
$$N_{t+1} = R_o N_t$$

N_t= tamaño de la población en la generación t.

N_{t+1}= tamaño de la población en la generación t+1.

$$N_{t+2} = R_o N_{t+1} = R_o(R_o N_t) = R_o^2 N_t$$

$$\boldsymbol{N_t = R_o^t N_o}$$


350
300
250
200
150
100
50
0
Population size
0
2
4
6
8
10
Time units or generations
R = 1.2
R = 1.0
R = 0.8

Propiedades

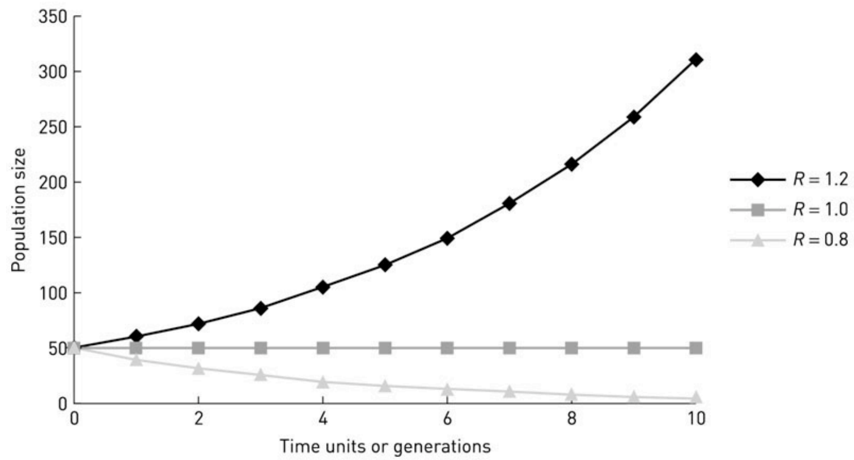
1. Esta ecuación liga el tamaño poblacional, la tasa de reproducción neta y el tiempo, medido en generaciones que aquí coincide con el año.

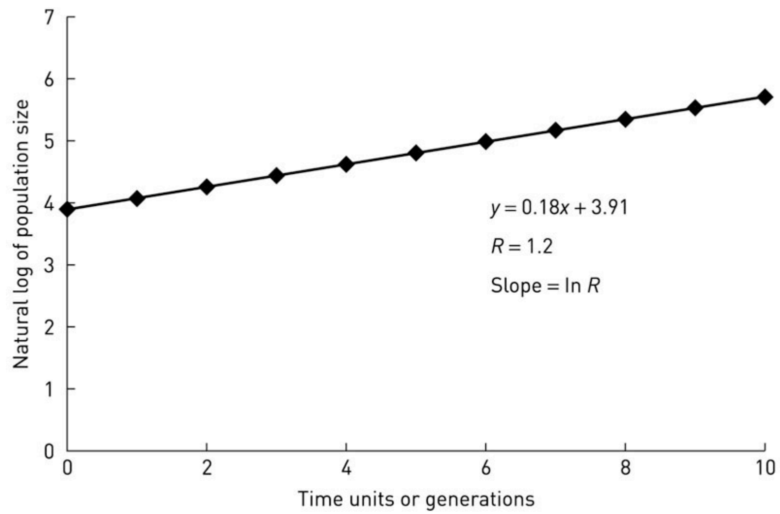
2. Esta ecuación es logarítmica, por lo que gráficamente será una curva logarítmica o geométrica (*Crecimiento geométrico).*

3. Para averiguar si una población crece de forma exponencial, pasar los datos a logaritmos y dará una línea recta.

4. El comportamiento cualitativo de la curva de crecimiento viene determinado tan sólo por la diferencia entre Ro y 1, de tal forma que si Ro>1, la curva crece sin barrera, si Ro=1, no hay crecimiento y el tamaño poblacional permanece constante, y si Ro<1, la curva se aproxima a 0.

5. La tasa de crecimiento poblacional depende del número de individuos preexistentes en la población.


350
300
250
200
150
100
50
0
Population size
0
2
4
6
8
10
Time units or generations
R = 1.2
R = 1.0
R = 0.8


7
6
5
4
3
2
1
0
Natural log of population size
0
2
4
6
8
10
Time units or generations
y = 0.18x + 3.91
R = 1.2
Slope = ln R

Crecimiento Poblacional Independiente de la densidad: Poblaciones continuas

1) Consideremos una especie con reproducción continua.

2) R_o es sólo la tasa reproductiva neta.

3) La tasa de recambio poblacional se denomina tasa de crecimiento innato o la *capacidad innata de aumento* r. Empíricamente podíamos calcular r a través de una tabla de cohorte como lnRo/T, donde T era el tiempo de generación = $\sum l_x b_x x / R_o$.

$dN/dt = bN - mN \rightarrow$ $\mathit{dN/dt = rN} \rightarrow dN/N = rdt$

integrando entre t=0 y t=T

$\int dN/N = \int rdt$

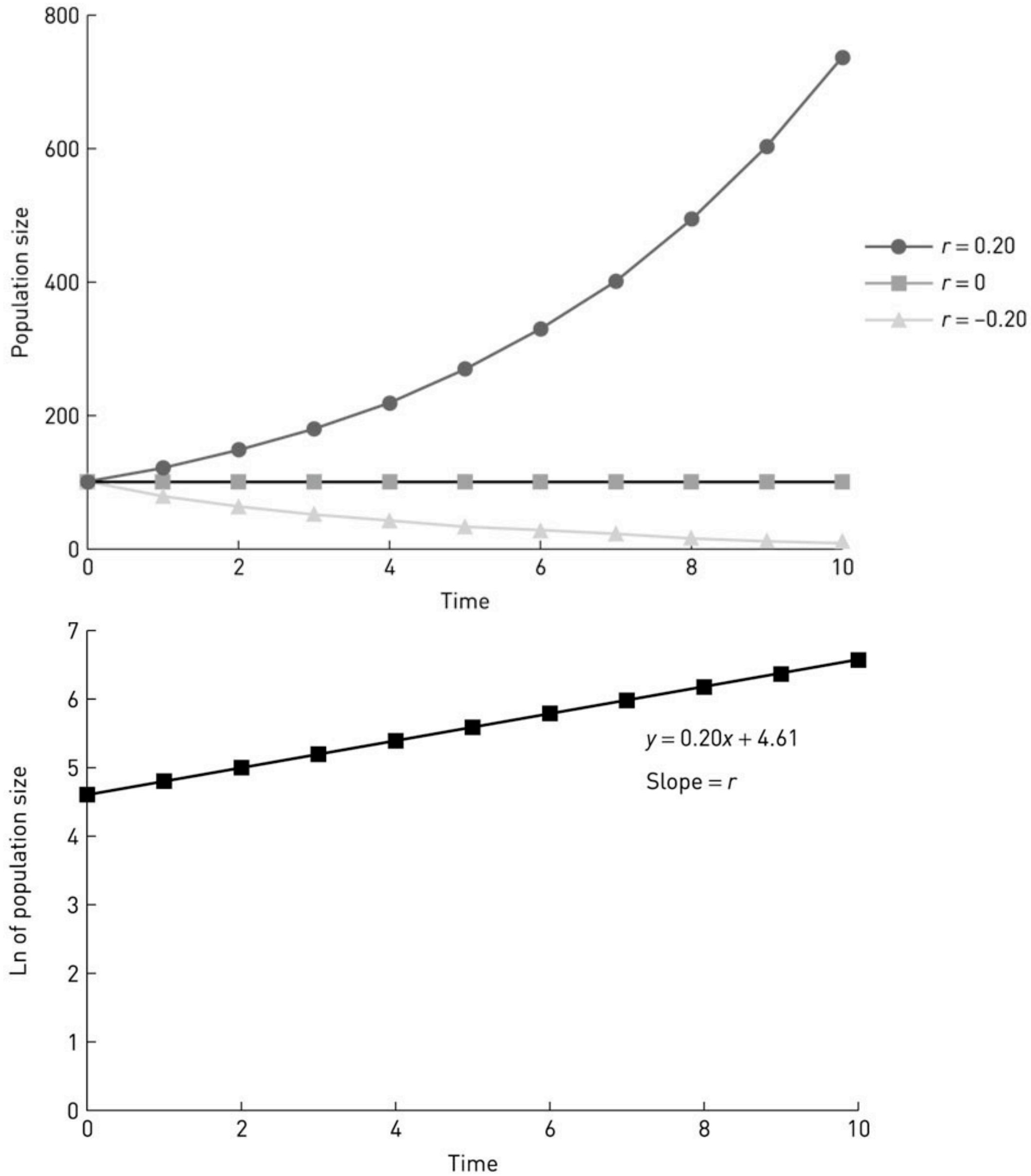
Resolviendo mediante logaritmos

$\ln N_T - \ln N_0 = rT$

Tomando exponenciales en ambos lados

$N_T/N_0 = e^{rT}$

$\boldsymbol{N_T = N_0\, e^{rT}}$


800
600
400
200
0
Population size
0
2
4
6
8
10
Time
r = 0.20
r = 0
r = −0.20
7
6
5
4
3
2
1
0
Ln of population size
y = 0.20x + 4.61
Slope = r
0
2
4
6
8
10
Time

Propiedades

1. El resultado es análogo al anterior. Obtenemos un crecimiento ilimitado de la población de tipo exponencial o geométrico cuando $r>0$, un tamaño poblacional estacionario cuando $r=0$, y una aproximación a 0 cuando $r<0$.

2. Este crecimiento sólo es posible si la tabla de vida es fija y la estructura de edad de la población es estable con el tiempo.

3. La fórmula primera es igual a la usada para generaciones discretas, pero en ese caso el término "-mN" era cero, porque ningún individuo sobrevivía al siguiente evento de reproducción.

4. e^r se denomina *tasa finita de incremento*, λ= la tasa de incremento por individuo y por unidad de tiempo (directamente el número de hijos por individuo y año). En una población sin estructuras de edades, λ es análoga a R_o ($R_o=\lambda-1$).

5. No confundir las dos ecuaciones, dN/dt mide el crecimiento (= rN, una recta con pendiente r e intercepto 0), mientras que N mide el número de individuos. La tasa de cambio es constante, r.

Crecimiento Poblacional Dependiente de la densidad

1. La tasa de mortalidad y natalidad per cápita dependen del tamaño poblacional.
2. No existe independencia entre crecimiento poblacional y densidad

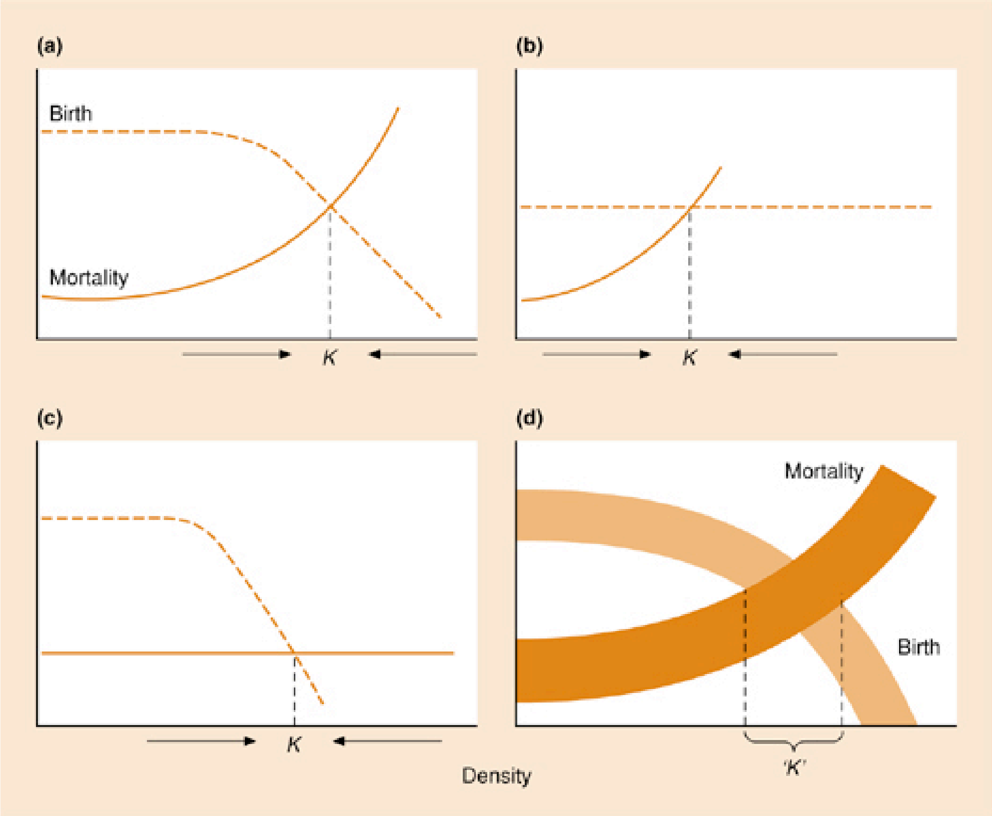


Figure 5.7 Density-dependent birth and mortality rates lead to the regulation of population size. When both are density dependent (a), or when either of them is (b, c), their two curves cross. The density at which they do so is called the carrying capacity (*K*). Below this the population increases, above it the population decreases: *K* is a stable equilibrium. However, these figures are the grossest of caricatures. The situation is closer to that shown in (d), where mortality rate broadly increases, and birth rate broadly decreases, with density. It is possible, therefore, for the two rates to balance not at just one density, but over a broad range of densities, and it is towards this broad range that other densities tend to move.

Begon, M, C. Townsend y J. Harper 2006. *Ecology. 4ª edición*. Blackwell

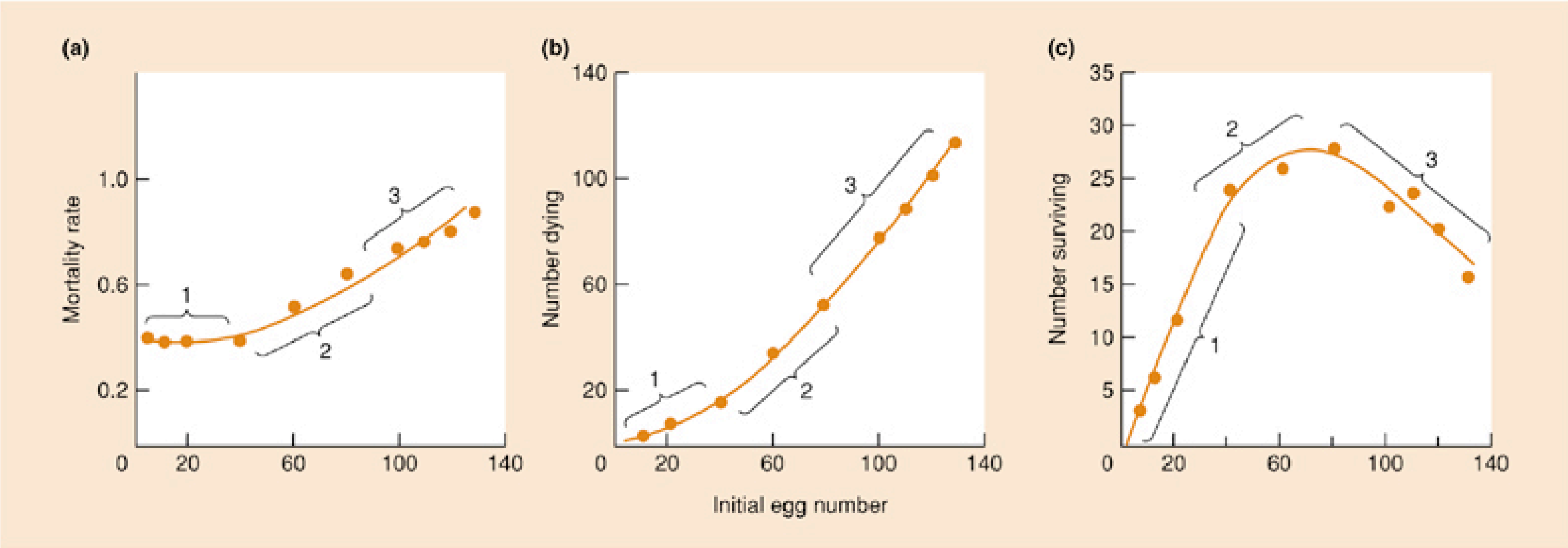


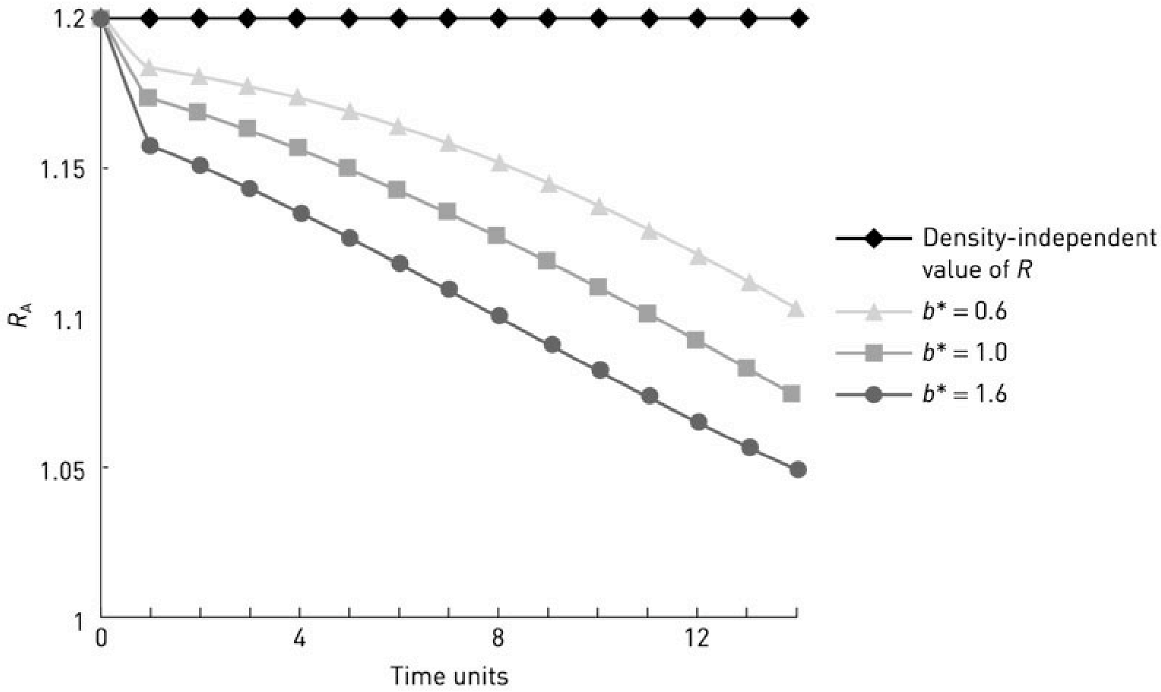
Figure 5.3 Density-dependent mortality in the flour beetle *Tribolium confusum*: (a) as it affects mortality rate, (b) as it affects the numbers dying, and (c) as it affects the numbers surviving. In region 1 mortality is density independent; in region 2 there is undercompensating density-dependent mortality; in region 3 there is overcompensating density-dependent mortality. (After Bellows, 1981.)

Bellows, T.S. Jr 1981. Journal of Animal Ecology 50:139-156

Crecimiento Poblacional Dependiente de la densidad: Poblaciones discretas

Asumimos que R_o decrece linealmente con la densidad.

Cuando N pasa un determinado valor, R_o se hace menor que 1. El punto donde N genera un R_o = 1 se denomina *punto de equilibrio* (Ro=1 ⇨ crecimiento 0).



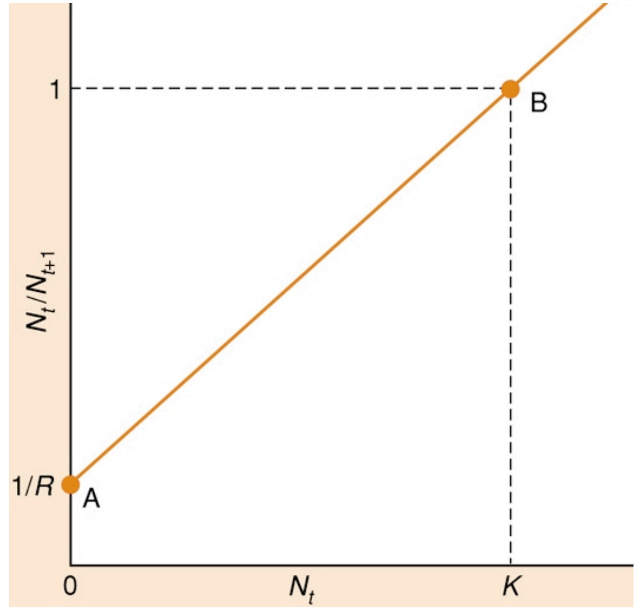
Para ver mejor esto, representamos N_t/N_{t+1} frente a N_t.

Cuando N_t es muy pequeño, $N_t/N_{t+1}=1/R$ (porque hay crecimiento independiente de la densidad)

Cuando N_t es muy grande, $N_{t+1}=N_t$, y $N_t/N_{t+1}=1$ (porque hay tanta mortalidad dependiente de la densidad que R=1). Es el punto de equilibrio, que se denomina K.

La pendiente de la recta es

$$\beta = \frac{1-\frac{1}{R}}{K-0}$$



$$\frac{N_t}{N_{t+1}} = \frac{1-\frac{1}{R}}{K} N_t + \frac{1}{R}$$

$$N_{t+1} = \frac{N_t R}{1+\frac{(R-1)N_t}{K}}$$

Si denominamos a a *R-1/K*, entonces*:*

$$N_{t+1} = \frac{N_t R}{1+aN_t}$$

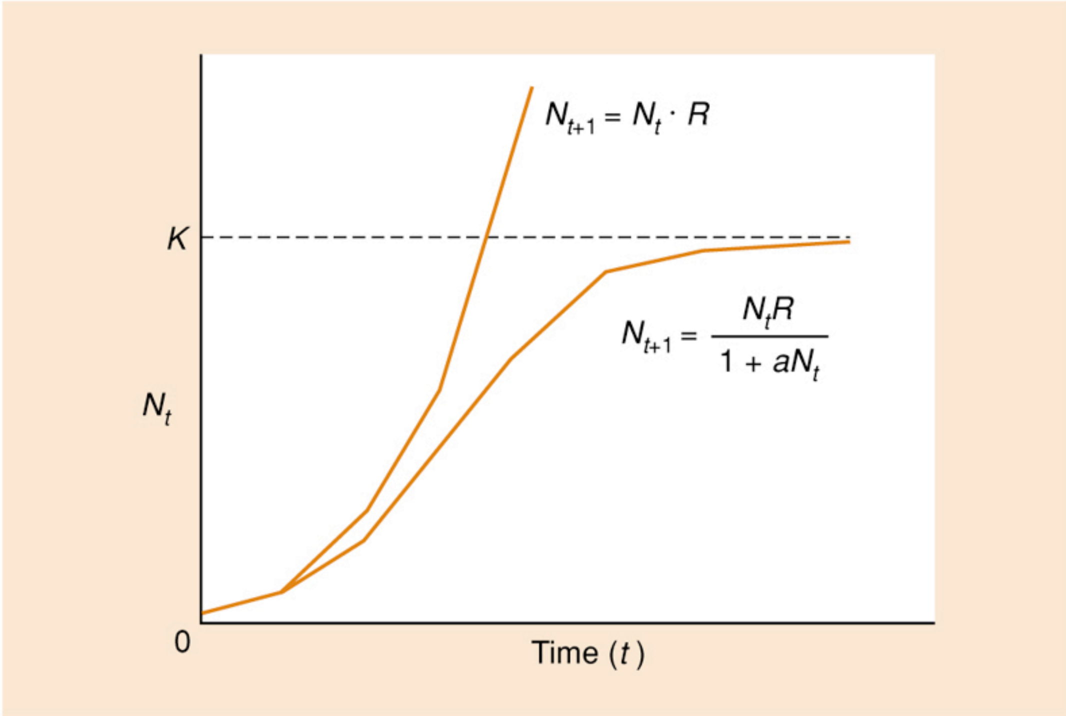
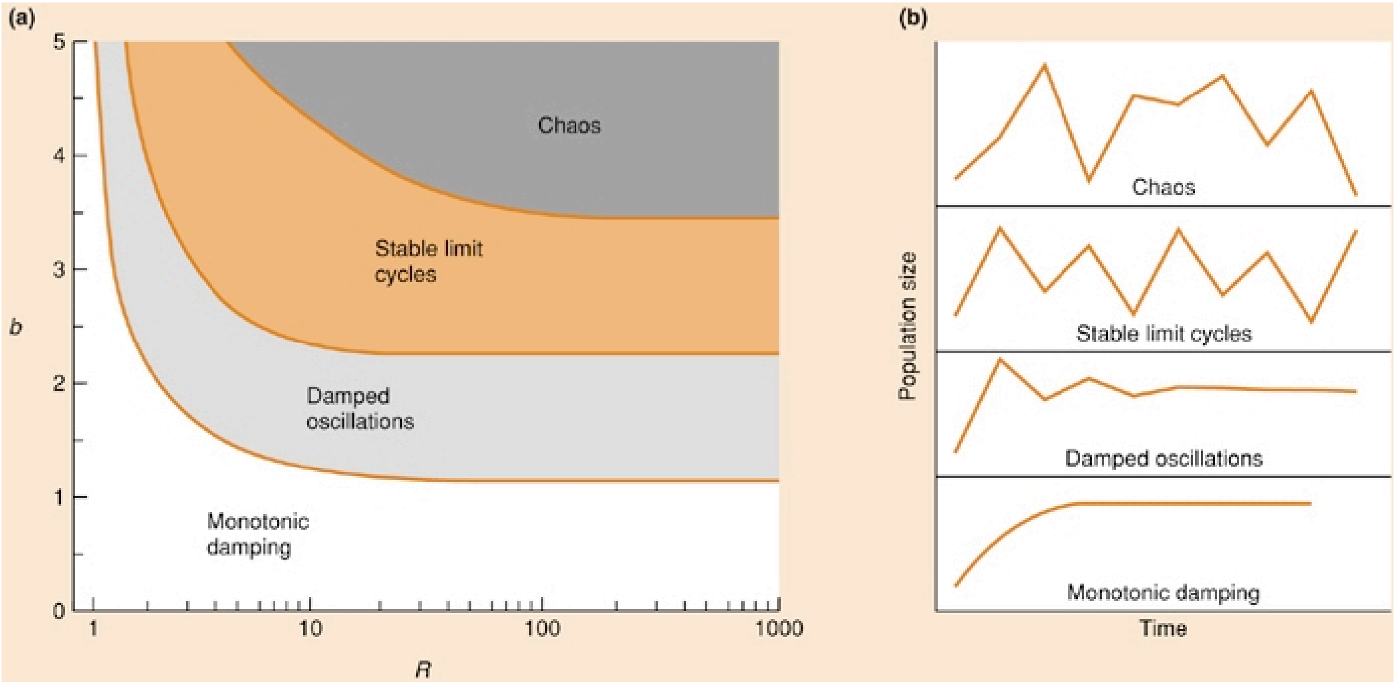


Figure 5.18 Mathematical models of population increase with time, in populations with discrete generations: exponential increase (left) and sigmoidal increase (right).

El comportamiento dependerá de la pendiente de la recta de R_o frente a densidad de población (b) multiplicado por el tamaño poblacional en el equilibrio (Neq):



bNeq >2.57

2< bNeq < 2.57

1< bNeq < 2

0< bNeq < 1

Crecimiento Poblacional Dependiente de la densidad: Poblaciones continuas

Asumimos que la tasa de crecimiento per cápita decrece linealmente con la densidad (= es función de N)

$$dN/dt = N\, f(N)$$

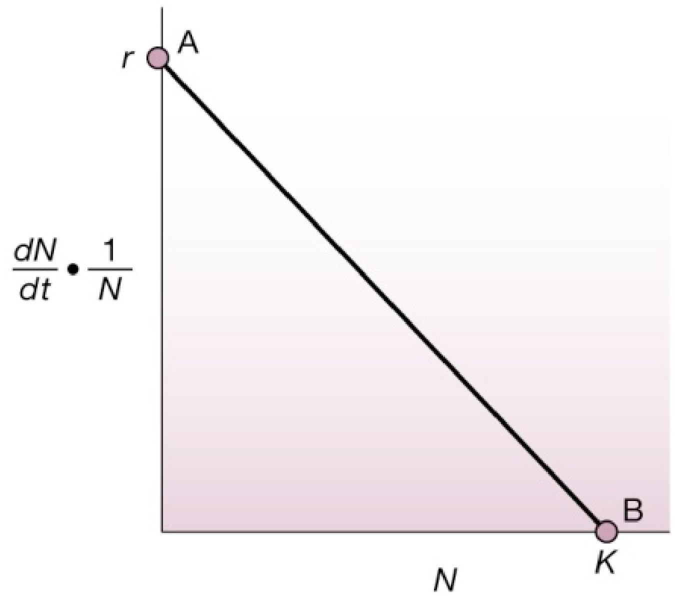
Sea f(N) una línea recta.

1.Cuando N=0 (densidad poblacional baja), f(N)= r (tasa intrínseca de crecimiento).

2.Cuando N sobrepasa un determinado valor, f(N) = 0 y no hay más crecimiento poblacional. Este valor de N se llama capacidad de carga de la población y se nota como K.

3.La ecuación que describe esta línea recta es:

$$f(N) = r(1 - N/K).$$



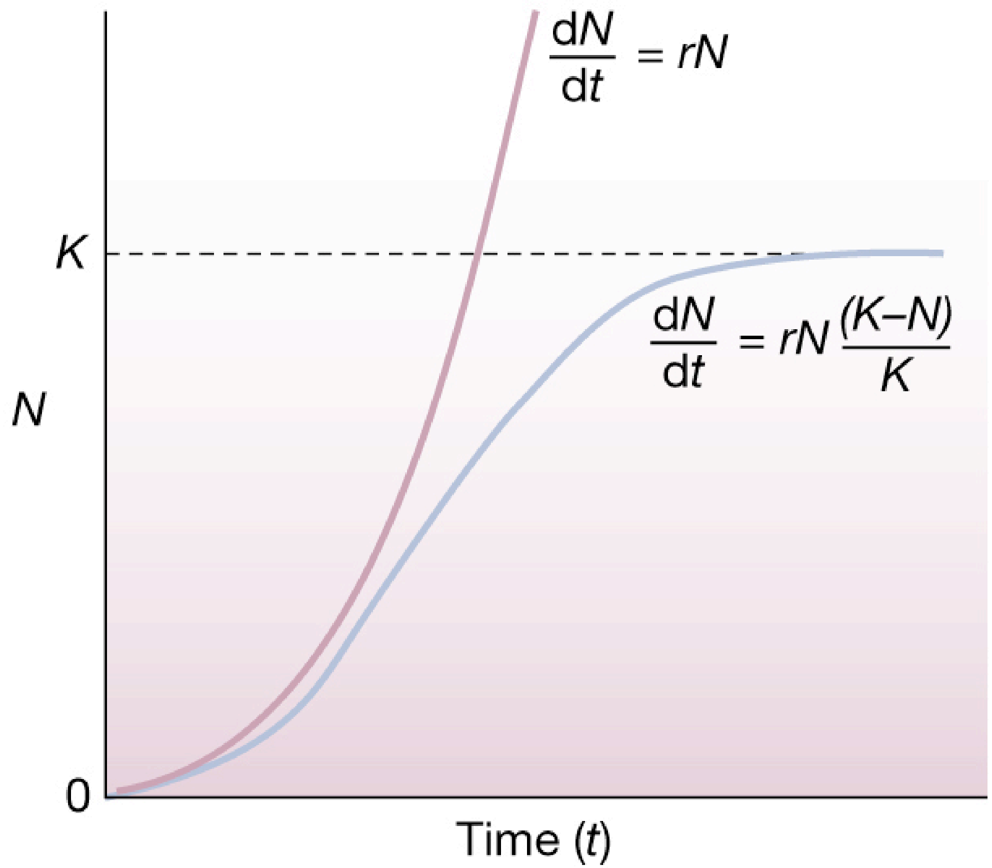
Sustituyendo *f(N)* en la ecuación, tenemos:

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

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

Este modelo es denominado *modelo logístico*, que tras integrarlo da:

$$N_t = N_0 \frac{K}{1 + e^{-rt}}$$



Propiedades

1. La tasa de crecimiento per cápita no es constante, sino que es dN/dt 1/N= r(K-N)/N.

2. La curva logística difiere de la curva geométrica en : 1) tiene una asíntota superior, y 2) se acerca a esta asíntota suavemente, no bruscamente.

3. La curva predice un *equilibrio dinámico estable* de la población cuando N=K.

4. Hay dos atributos de la curva logística que la hacen muy atractiva: 1) su simplicidad matemática, y 2) su aparente realidad. Sólo contiene dos constantes, K y r.

5. La curva es simétrica respecto a su punto central= K/2.

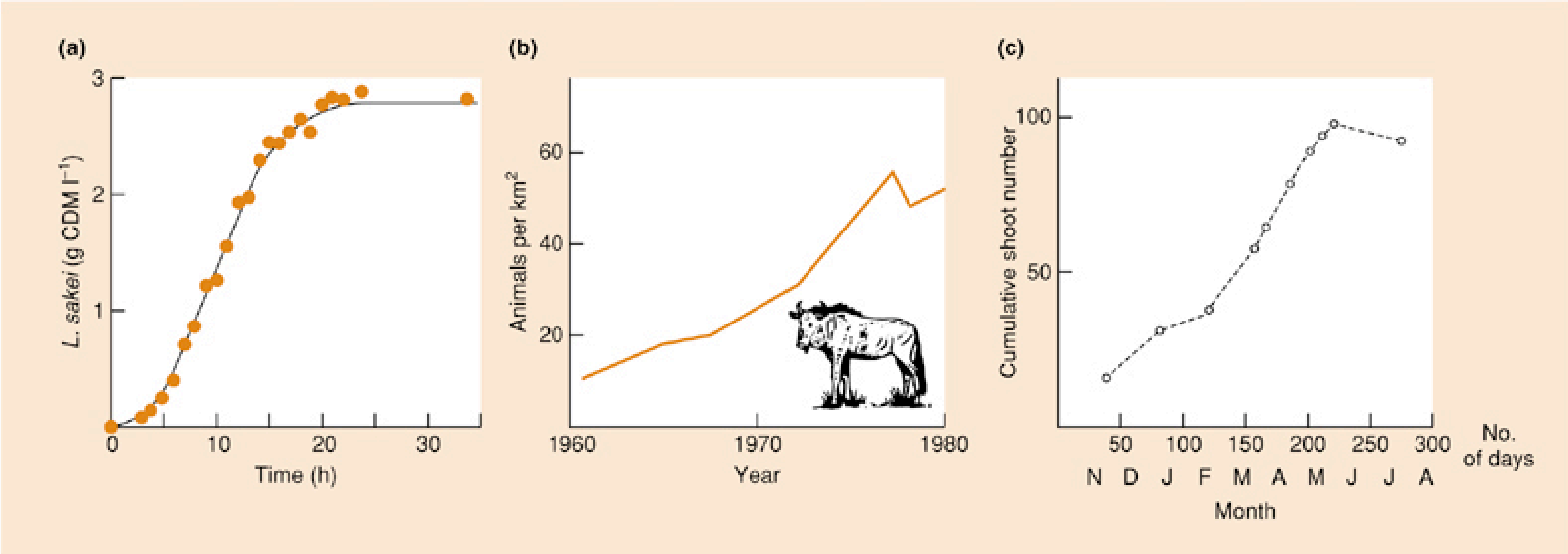


Figure 5.11 Real examples of S-shaped population increase. (a) The bacterium *Lactobacillus sakei* (measured as grams of 'cell dry mass' (CDM) per liter) grown in nutrient broth. (After Leroy & de Vuyst, 2001.) (b) The population of wildebeest *Connochaetes taurinus*, of the Serengeti region of Tanzania and Kenya seems to be leveling off after rising from a low density caused by the disease rinderpest. (After Sinclair & Norton-Griffiths, 1982; Deshmukh, 1986.) (c) The population of shoots of the annual *Juncus gerardi* in a salt marsh habitat on the west coast of France. (After Bouzille *et al.*, 1997.)

Modelos de poblaciones estructuradas por la edad o el tamaño

Estos modelos incorporan la fecundidad y mortalidad específica de la edad a nuestros modelos de crecimiento poblacional

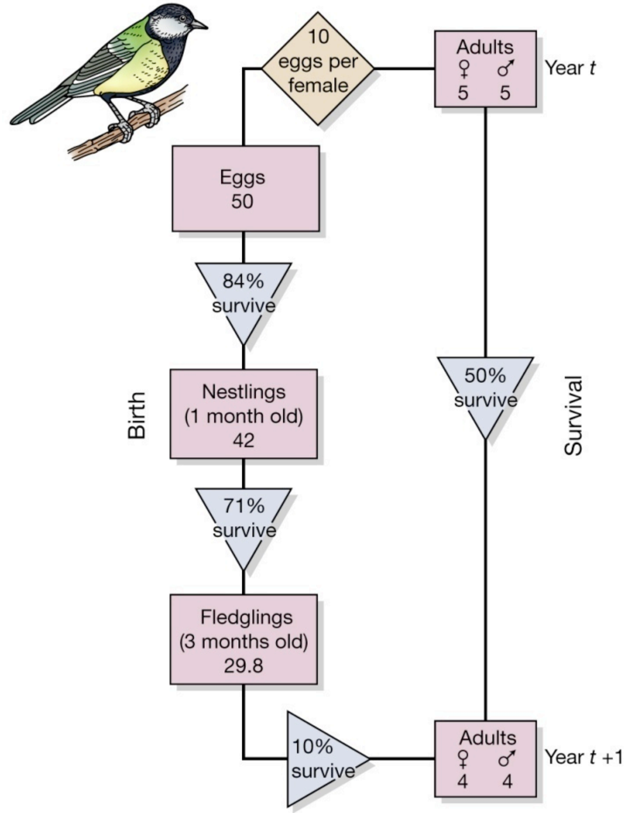
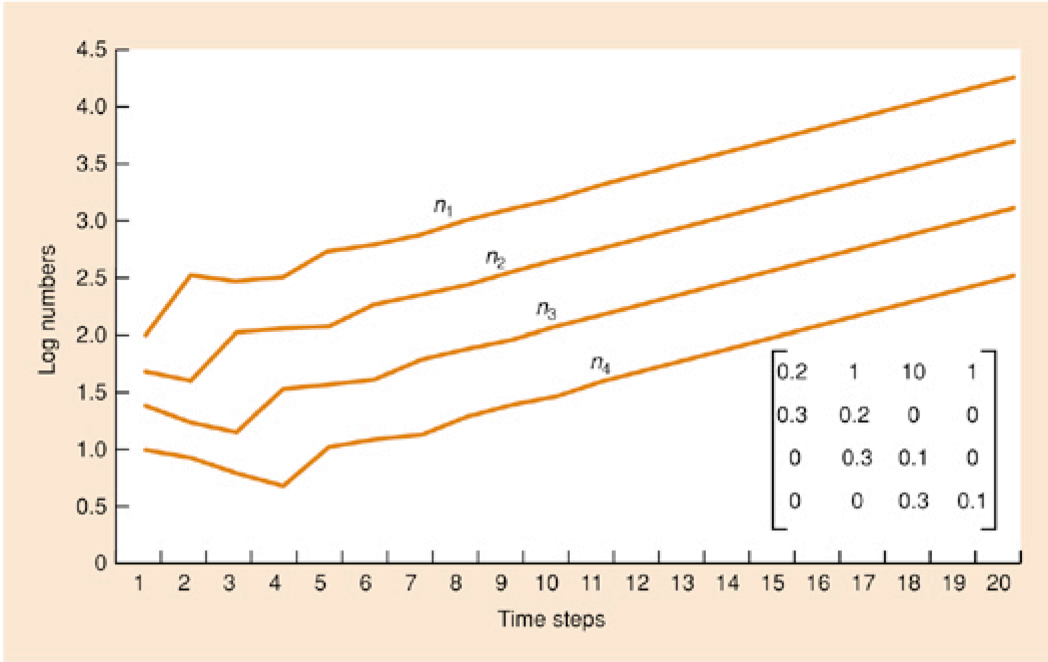


Figure 4.15 A population growing according to the life cycle graph shown in Figure 4.14a, with parameter values as shown in the insert here. The starting conditions were 100 individuals in class 1 ($n_1 = 100$), 50 in class 2, 25 in class 4 and 10 in class 4. On a logarithmic (vertical) scale, exponential growth appears as a straight line. Thus, after about 10 time steps, the parallel lines show that all classes were growing at the same rate ($R = 1.25$) and that a stable class structure had been achieved.



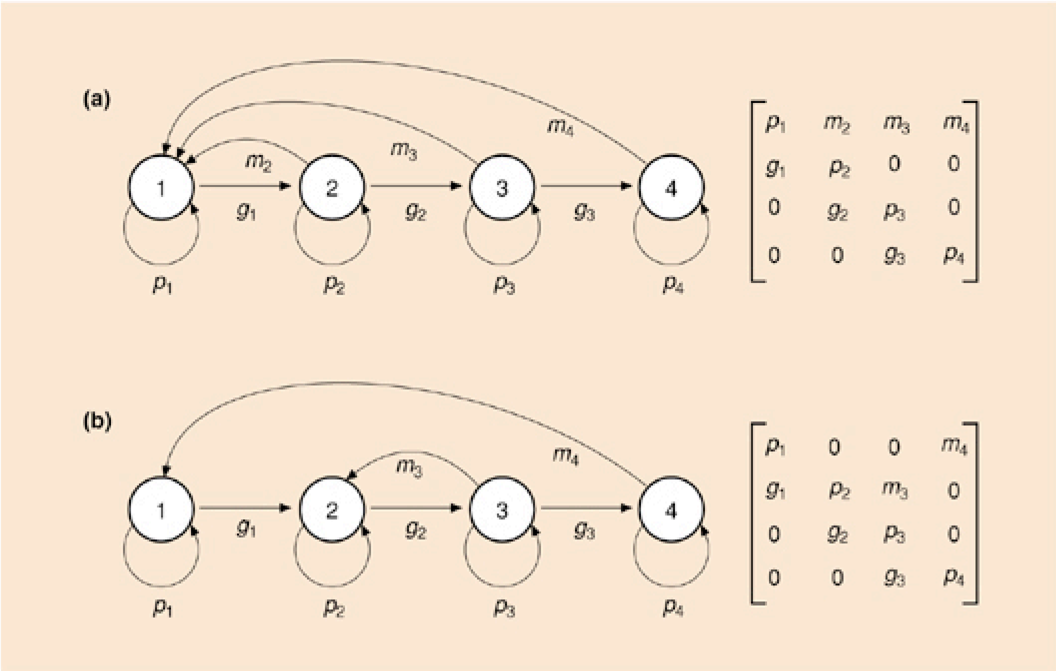


Figure 4.14 Life cycle graphs and population projection matrices for two different life cycles. The connection between the graphs and the matrices is explained in the text. (a) A life cycle with four successive classes. Over one time step, individuals may survive within the same class (with probability p_i), survive and pass to the next class (with probability g_i) or die, and individuals in classes 2, 3 and 4 may give birth to individuals in class 1 (with per capita fecundity m_i). (b) Another life cycle with four classes, but in this case only reproductive class 4 individuals can give birth to class 1 individuals, but class 3 individuals can 'give birth' (perhaps by vegetative growth) to further class 2 individuals.

1. Los modelos de crecimiento poblacional para poblaciones estructuradas se denominan también Modelos Matriciales de Leslie.
2. Se calcula un vector poblacional $\mathbf{N_{t1}}$ a tiempo como el producto de una matriz **A** que contiene las supervivencias (**S**) y fertilidades (**F**) de cada clase de edad por un vector poblacional $\mathbf{N_{t0}}$ en el tiempo previo 0:

$$\mathbf{N_{t1} = An_{to}}$$

3. La matriz **A** se denomina matriz de transición o matriz de Leslie, y es única para cada población.

4. Un presupuesto importante: los parámetros vitales (supervivencia y fertilidad) permanecen constantes.

$$\begin{vmatrix} F_0 & F_1 & F_2 & F_3 & \ldots & F_{n-1} & F_n \\ S_0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & S_1 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_2 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_3 & \ldots & 0 & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & S_{n-1} & 0 \end{vmatrix} \mathbf{X} \begin{vmatrix} N_0 \\ N_1 \\ N_2 \\ N_2 \\ N_3 \\ \ldots \\ N_n \end{vmatrix}_t = \begin{vmatrix} N_0 \\ N_1 \\ N_2 \\ N_2 \\ N_3 \\ \ldots \\ N_n \end{vmatrix}_{t+1}$$

$$\mathbf{AN(t)= N(t+1)}$$

Propiedades

1. Asumiendo que los parámetros vitales son constantes, las poblaciones alcanzarán una estructura de edades estable.

2. Antes de alcanzar la estructura de edades estable, el crecimiento poblacional de un año a otro puede variar. Una vez que se alcanza la estructura de edades estable, la población crece geométricamente con una tasa discreta constante λ.

3. Para calcular λ, representamos lnN frente al tiempo cuando el crecimiento es estable, y la pendiente es r, por lo que $\lambda=e^r$.

4. A mayor λ, mayor base de la pirámide de población.