

# Teórica 3:

## Parámetros poblacionales y estadísticas vitales

# Repaso Teórica 2: Limitantes de distribución geográfica

- ¿Qué factores pueden limitar la distribución?
- ¿Cómo podemos evaluar los distintos factores?
- ¿Ejemplos de limitación por dispersión?
- Dispersión a corta y larga distancia: ¿da igual?
- ¿Cómo pueden las interacciones entre especies limitar la distribución? ¿Ejemplos?
- ¿Qué factores abióticos pueden limitar la distribución? ¿Ejemplos?

# Refrescando la memoria...

- Hasta ahora nos preguntamos qué determina la *distribución* de las especies y poblaciones: dispersión, interacciones con otras especies, interacciones abióticas.
- Ahora nos preguntaremos qué determina la *abundancia* local de las poblaciones.

# Teórica 3: Esquema conceptual

- La población como unidad de estudio
- Parámetros poblacionales
- Métodos de estimación de parámetros
- Estadísticas vitales: tablas de vida
- Tasas reproductivas:  $R_0$ ,  $\lambda$  y  $r$

# Lecturas recomendadas

- Krebs (2009), capítulo 8
- Odum (2006), capítulo 6, secciones 1 a 3
- Begon et al. (2006), capítulo 4

# ¿Qué es una población?

Una población es un grupo de organismos de la misma especie que ocupa un espacio particular en un momento particular.

# Organismos unitarios y modulares

## Unitarios



Izquierda, arriba: abejorro, *Bombus opiphex*. Izquierda, abajo: mara, *Dolichotis patagonicus*. Derecha: cactus columnar *Lovibia formosa*.

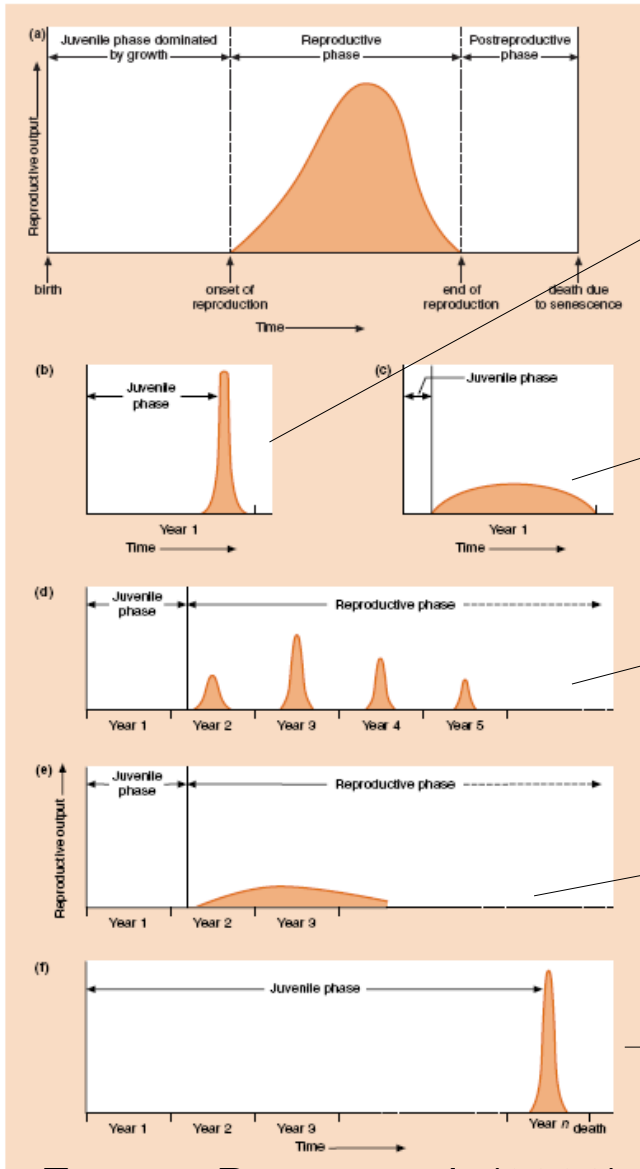
## Modulares



Izquierda: coral pilar, *Dendrogyra cylindricus*. Derecha, arriba: caña colihue, *Chusquea culeou*. Derecha, abajo: chipica, *Cynodon dactylon*.

# Semelparidad vs. iteroparidad

## Generaciones discretas vs. continuas



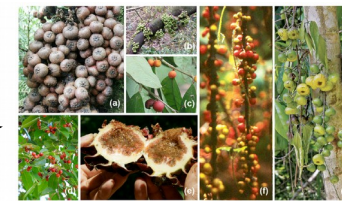
Semélparo  
anual:  
efemeróptero  
*Rhithrogena  
germanica*



Iteróparo anual:  
abejorro *Bombus  
opiphex*



Iteróparo perenne:  
cactus columnar  
*Lovibia formosa*



Perenne con  
generaciones  
continuas: higos,  
*Ficus* spp.



Semélparo  
perenne: caña  
colihue, *Chusquea  
culeou*

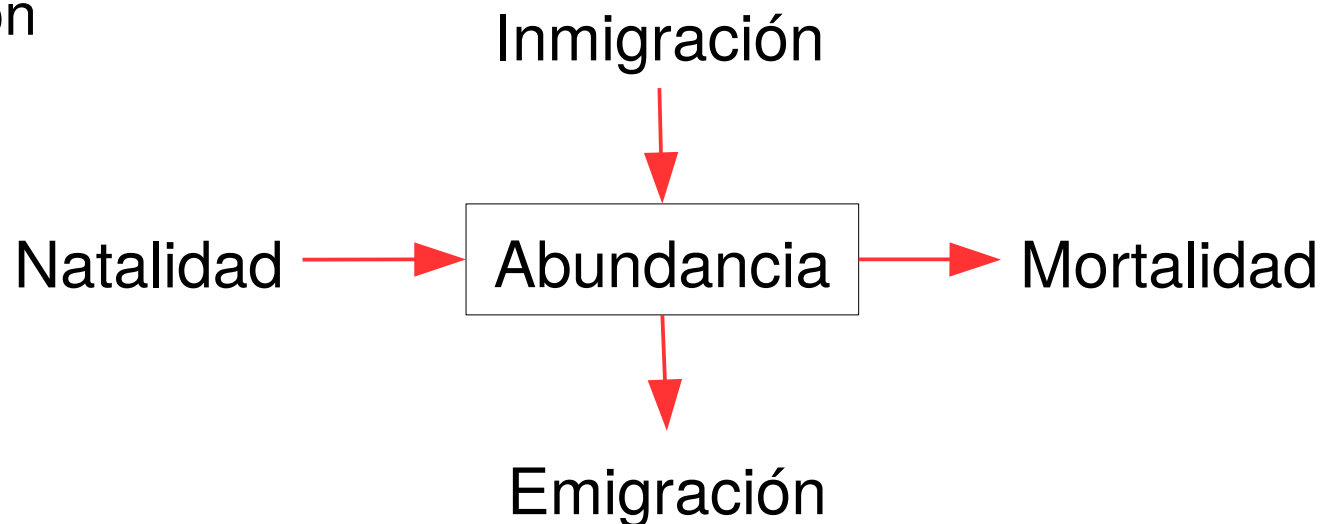
Figure 4.6 (a) An outline life history for a unitary organism. Time passes along the horizontal axis, which is divided into different phases. Reproductive output is plotted on the vertical axis. The figures below (b-f) are variations on this basic theme. (b) A semelparous annual species. (c) An iteroparous annual species. (d) A long-lived iteroparous species with seasonal breeding (that may indeed live much longer than suggested in the figure). (e) A long-lived species with continuous breeding (that may again live much longer than suggested in the figure). (f) A semelparous species living longer than a year. The pre-reproductive phase may be a little over 1 year (a biennial species, breeding in its second year) or longer, often much longer, than this (as shown).

Fig. 1. Diversity of fruit characteristics in some figs from Papua New Guinea. (a) *Ficus parviflora*, mean diameter (d) = 50.4 mm. (b) *F. hippoboscoides*, d = 52. (c) *F. subulata*, d = 11.3 mm. (d) *F. angustata*, d = 18.8 mm. (e) *F. diandra*, d = 60.3 mm. This is a fig cut in half to show the numerous tiny seeds. (f) *F. purpurea*, d = 9.0 mm. (g) *F. congesta*, d = 40.8 mm. A, B, and G show the typical bird syndrome traits. C, D, and F show the typical bat syndrome traits.

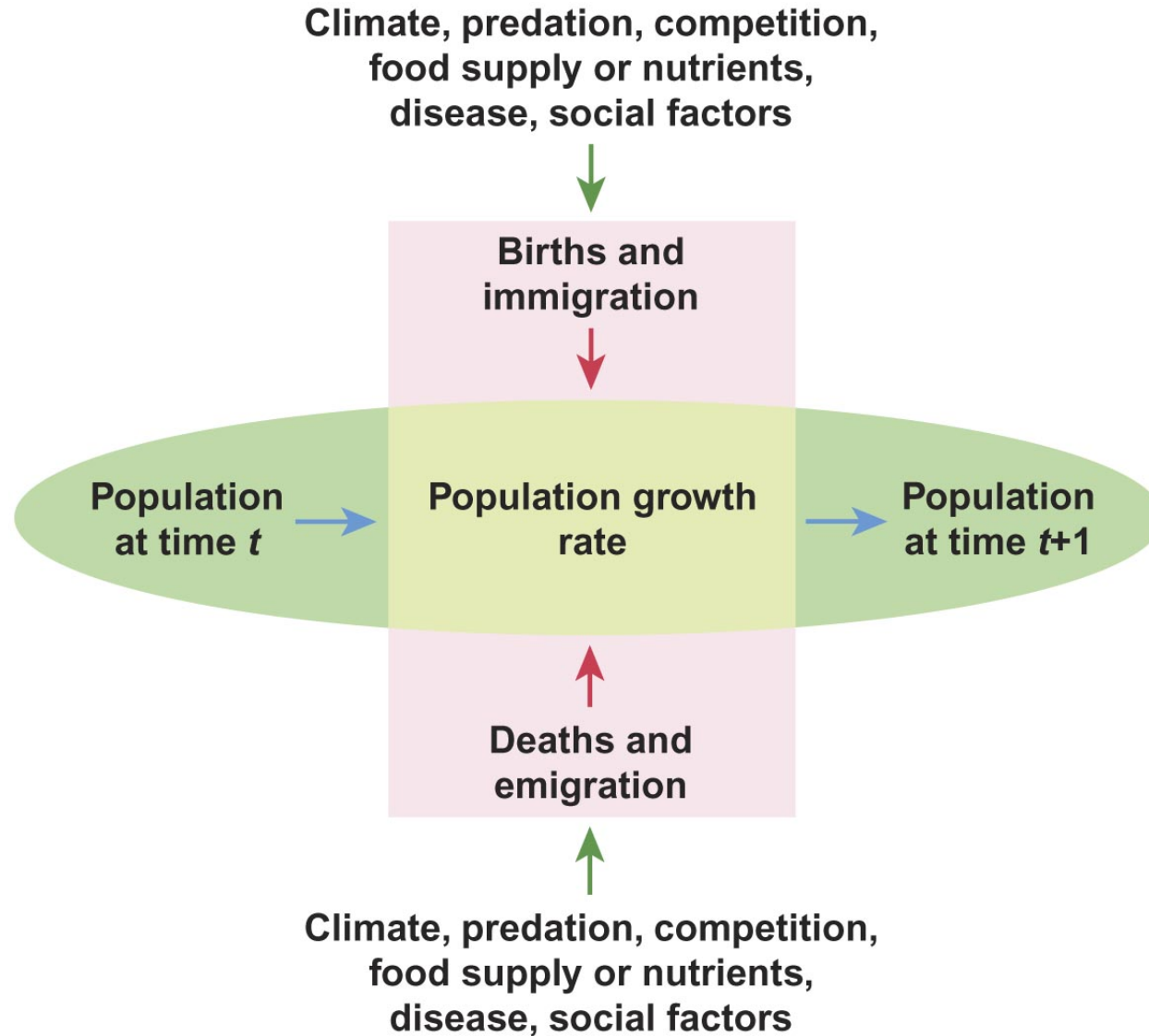


# Parámetros poblacionales

- **Abundancia:** Número de organismos en una población
- **Natalidad:** Producción reproductiva de una población
- **Mortalidad:** La muerte de los organismos en una población
- **Inmigración:** Llegada de organismos a una zona ocupada por una población
- **Emigración:** Salida de organismos de una zona ocupada por una población



# Parámetros poblacionales y dinámica poblacional



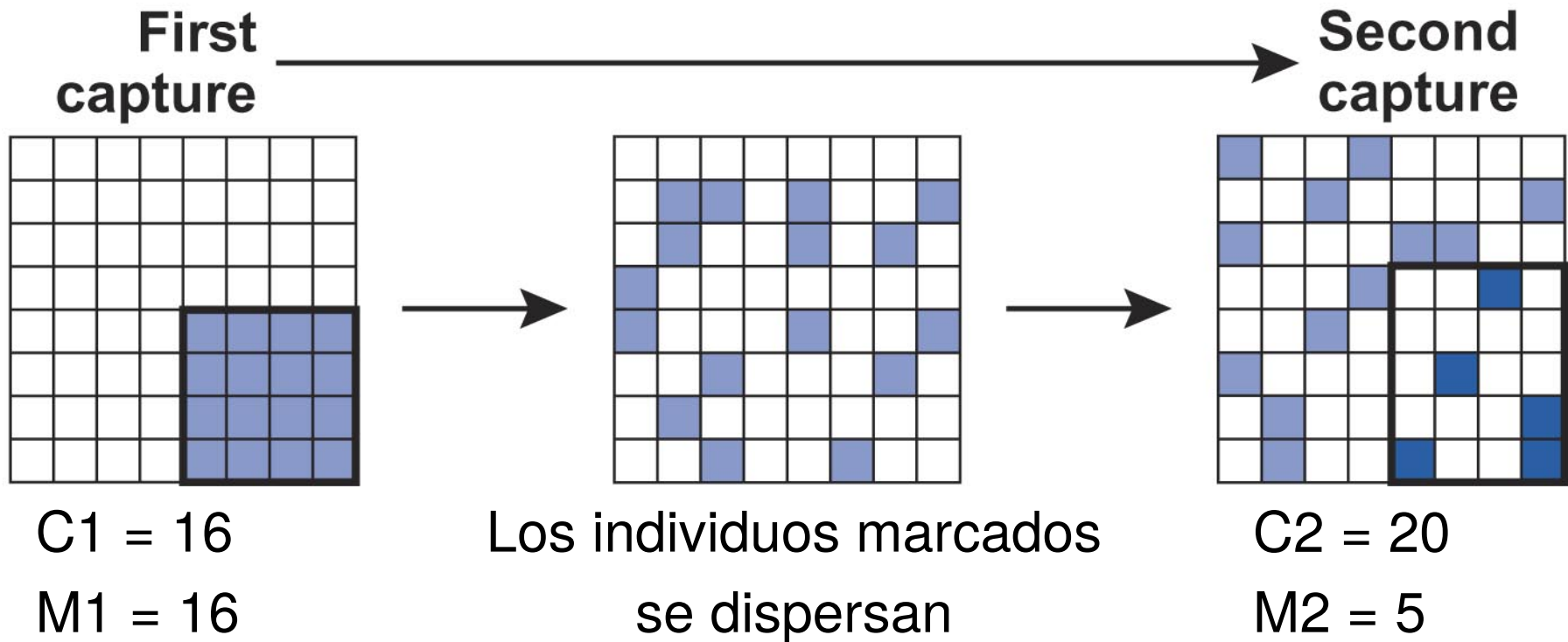
# Estimación de la densidad poblacional



# Estimación de la densidad poblacional

- Densidad absoluta:
  - Conteos totales
  - Estimación con cuadratas o captura-recaptura
- Densidad relativa:
  - Indices comparativos: densidad de captura en trampas, heces, cantos, nidos, pieles de animales cazados, pesca por unidad de esfuerzo, cuestionarios, conteos de animales muertos en la ruta, cobertura

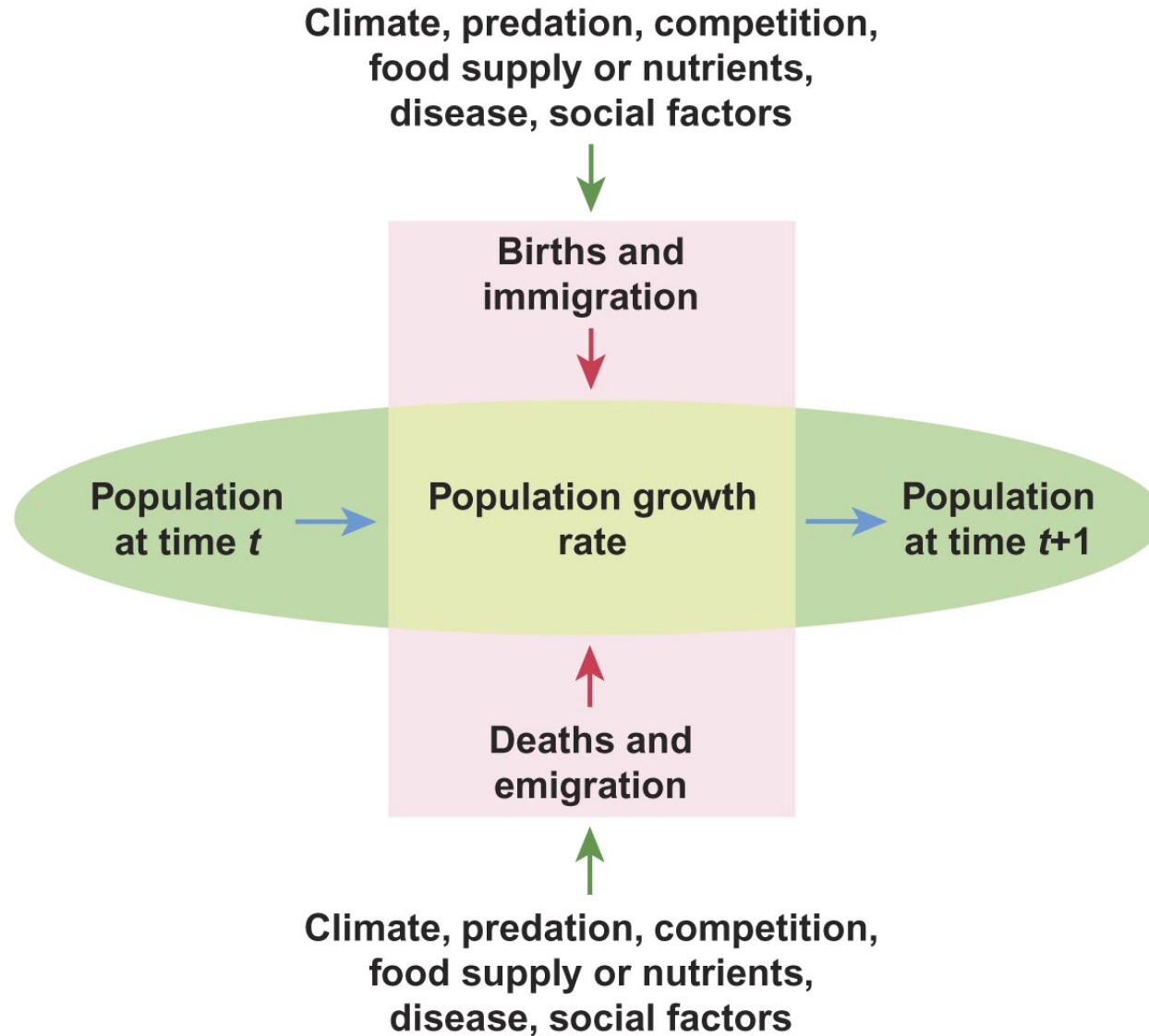
# Estimación por captura-recaptura



$$M2 / C2 = C1 / N$$

$$N = C1 \times C2 / M2 = 16 \times 20 / 5 = 64$$

# Parámetros poblacionales y dinámica poblacional



# Mortalidad y natalidad:

## Estadísticas vitales (tablas de vida)

Son un resumen de las tasas de **mortalidad** (y **natalidad**) específicas a cada edad en una población

- Tablas de vida de cohortes (u horizontales): resumen la mortalidad de los individuos de un determinado grupo etario (cohorte)
- Tabla de vida estáticas (o verticales): infieren la mortalidad de cada clase de edad en base al número de individuos en cada clase en un momento determinado

# Componentes de una tabla de vida

- $x$ : edad
- $n_x$ : número vivo en la edad  $x$ , calculado como

$$n_{x+1} = n_x - d_x$$

- $l_x$ : proporción que sobrevive hasta la edad  $x$ , calculado como  $l_x = n_x / n_0$
- $d_x$ : número que muere en el intervalo etario  $[x, x+1]$ , calculado como  $d_x = n_x - n_{x+1}$
- $q_x$ : tasa per capita de mortalidad durante el intervalo  $[x, x+1]$ , calculado como  $q_x = d_x / n_x$



# Tabla de vida de cohortes (horizontal)

Table 8.3 Cohort life table for the song sparrow on Mandarte Island, British Columbia.<sup>a</sup>

Age in years (x)	Observed no. of birds alive ( $n_x$ )	Proportion surviving at start of age interval x ( $l_x$ )	No. dying within age interval x to x + 1 ( $d_x$ )	Rate of mortality ( $q_x$ )
0	115			
1	25			
2	19			
3	12			
4	2			
5	1			
6	0			

<sup>a</sup> Males hatched in 1976 were followed from hatching until all had died six years later.

SOURCE: From Smith (1988).

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.



Gorrión melódico  
(*Melospiza melodia*)

Ecología: Teórica 3

$$\bullet n_{x+1} = n_x - d_x$$

$$\bullet l_x = n_x / n_0$$

$$\bullet d_x = n_x - n_{x+1}$$

$$\bullet q_x = d_x / n_x$$

# Tabla de vida de cohortes (horizontal)

**Table 8.3 Cohort life table for the song sparrow on Mandarte Island, British Columbia.<sup>a</sup>**

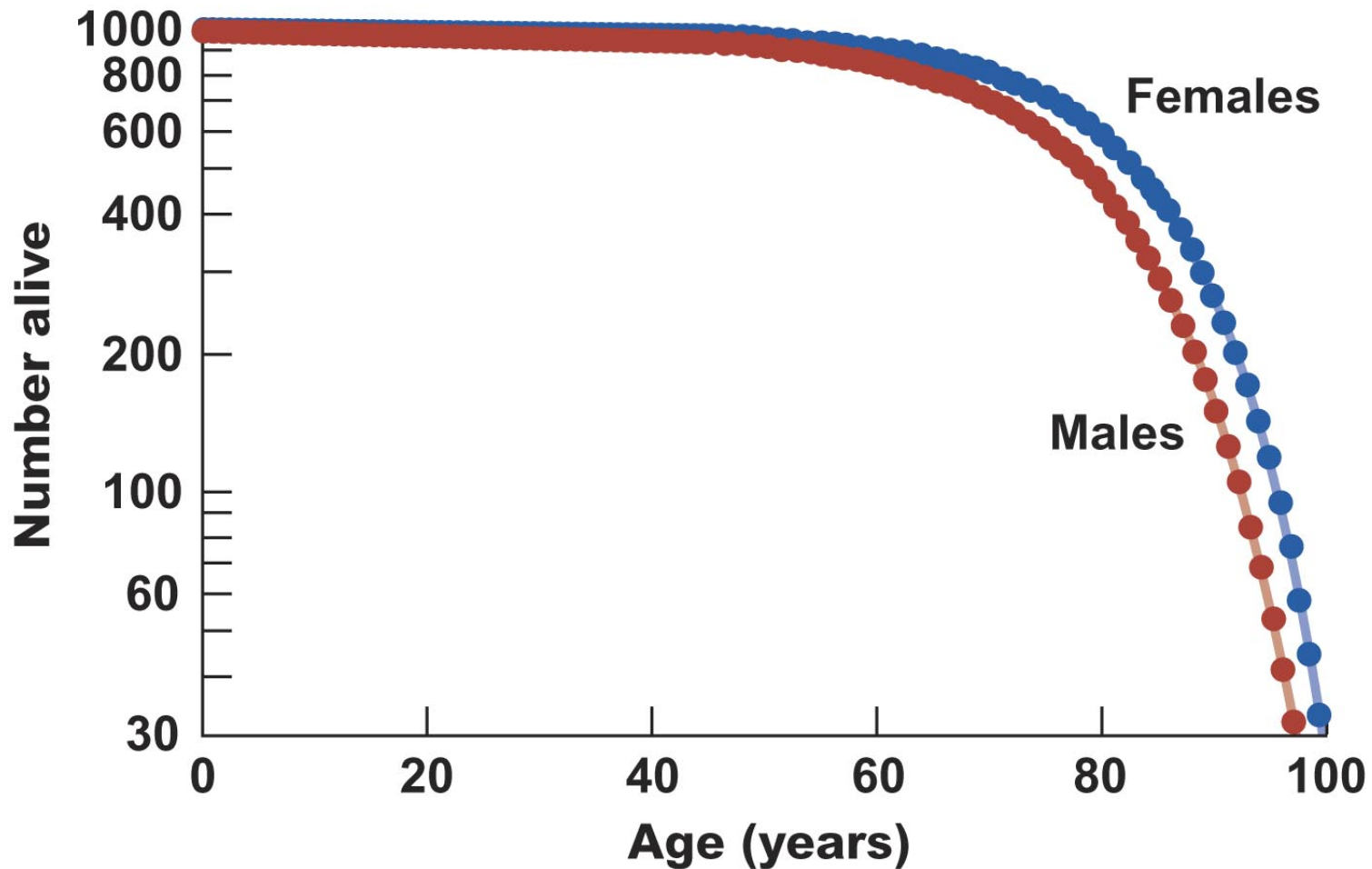
Age in years ( $x$ )	Observed no. of birds alive ( $n_x$ )	Proportion surviving at start of age interval $x$ ( $l_x$ )	No. dying within age interval $x$ to $x + 1$ ( $d_x$ )	Rate of mortality ( $q_x$ )
0	115	1.0	90	0.78
1	25	0.217	6	0.24
2	19	0.165	7	0.37
3	12	0.104	10	0.83
4	2	0.017	1	0.50
5	1	0.009	1	1.0
6	0	0.0	—	—

<sup>a</sup> Males hatched in 1976 were followed from hatching until all had died six years later.

SOURCE: From Smith (1988).

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

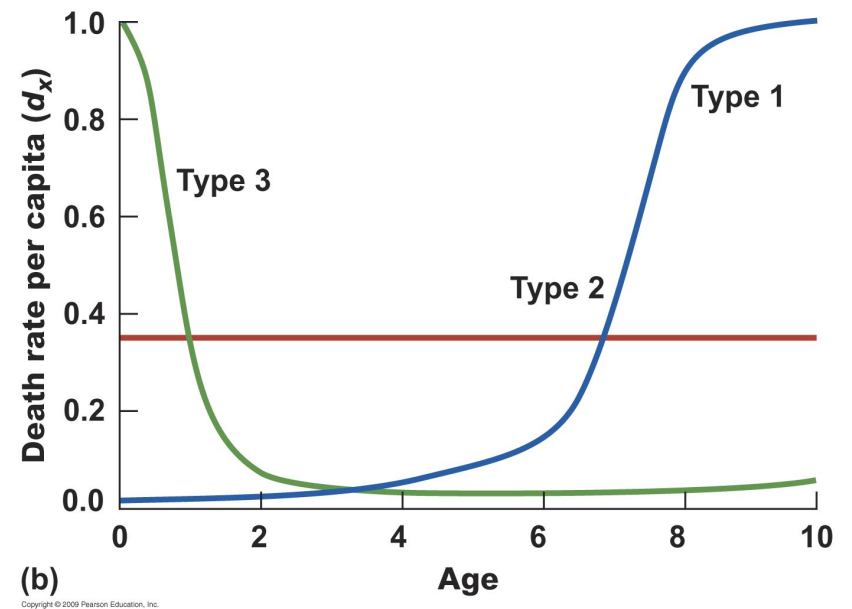
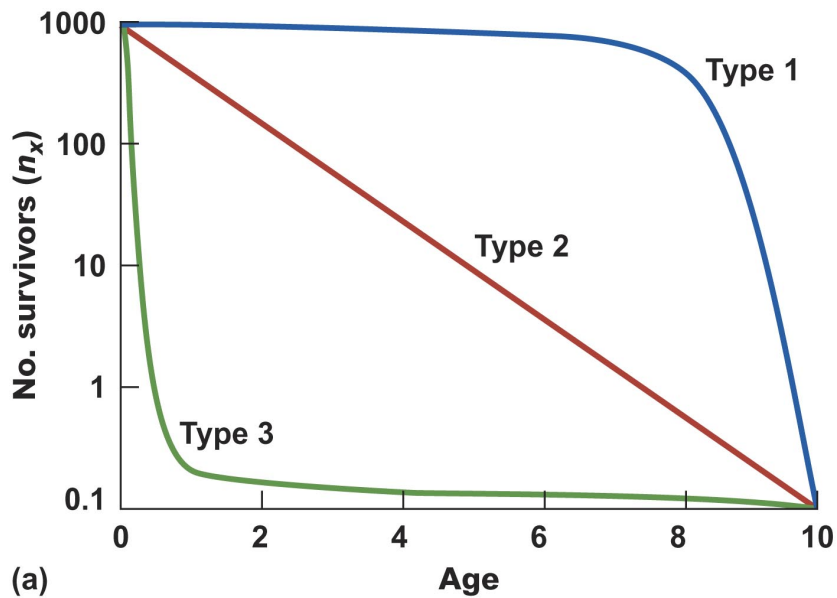
# Curvas de supervivencia



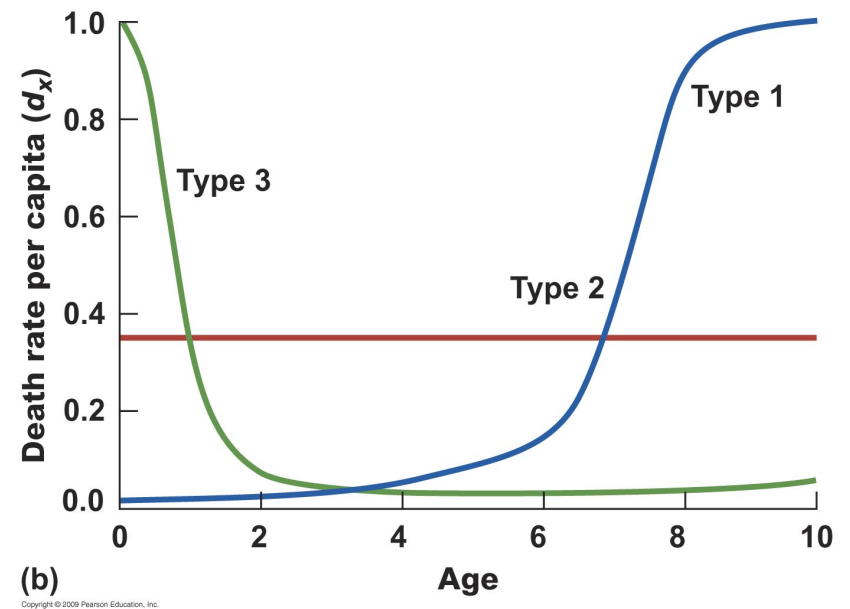
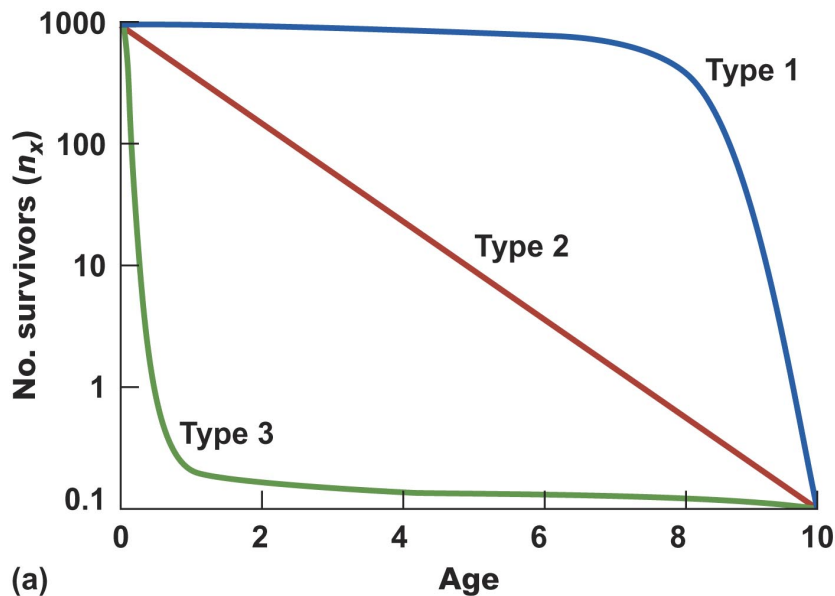
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

Curva de supervivencia para hombres (rojo) y mujeres (azul) en los Estados Unidos en 2003 para una cohorte inicial de 1000 individuos.

# Tipos de curvas de supervivencia



# Tipos de curvas de supervivencia



¿Quién dibuja esto para el gorrión melódico?

# Curvas de supervivencia

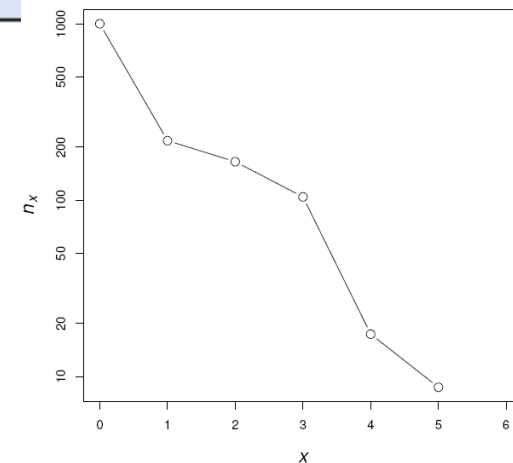
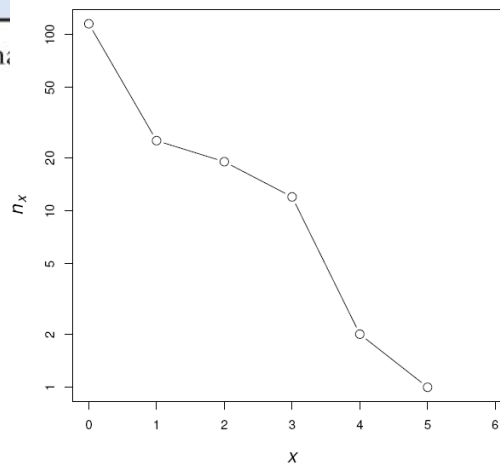
Table 8.3 Cohort life table for the song sparrow on Mandarte Island, British Columbia.<sup>a</sup>

Age in years ( $x$ )	Observed no. of birds alive ( $n_x$ )	Proportion surviving at start of age interval $x$ ( $l_x$ )	No. dying within age interval $x$ to $x + 1$ ( $d_x$ )	Rate of mortality ( $q_x$ )
0	115	1.0	90	0.78
1	25	0.217	6	0.24
2	19	0.165	7	0.37
3	12	0.104	10	0.83
4	2	0.017	1	0.50
5	1	0.009	1	1.0
6	0			

<sup>a</sup> Males hatched in 1976 were followed from birth to age 6.

SOURCE: From Smith (1988).

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.



# Tabla de vida estática

**Table 8.4** Static life table for the human female population of Canada, 2006.

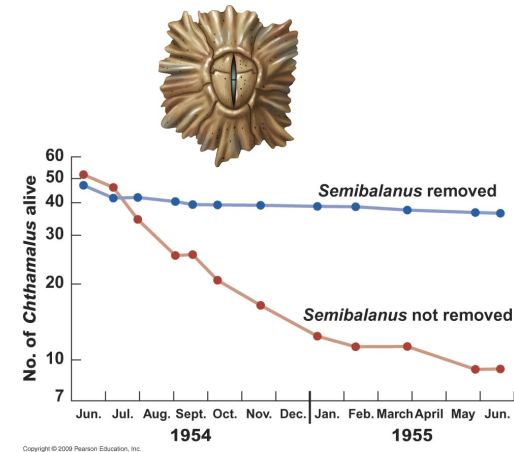
Age group (yr)	No. in each age group	Deaths in each age group	Mortality rate per 1000 persons (1000 $q_x$ )
0-4	829,300	911	1.10
5-9	899,500	70	0.08
10-14	1,016,500	136	0.13
15-19	1,055,500	317	0.30
20-24	1,100,200	370	0.34
25-29	1,101,200	377	0.34
30-34	1,101,100	511	0.46
35-39	1,168,400	853	0.73
40-44	1,341,700	1481	1.10
45-49	1,336,900	2364	1.77
50-54	1,193,800	3338	2.80
55-59	1,054,000	4775	4.53
60-64	805,500	5729	7.11
65-69	636,800	7253	11.39
70-74	554,300	10,210	18.42
75-79	490,800	15,221	31.01
80-84	389,200	21,236	54.56
85-90	227,900	22,256	97.66
90 and above	125,300	38,742	309.19

SOURCE: Statistics Canada (2007).

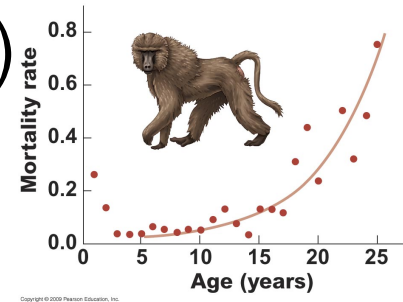
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

# Tipos de datos para tablas de vida

- Observación directa de la supervivencia



- Estimación de la edad de la muerte (organismos cuya morfología puede usarse para estimar la edad)



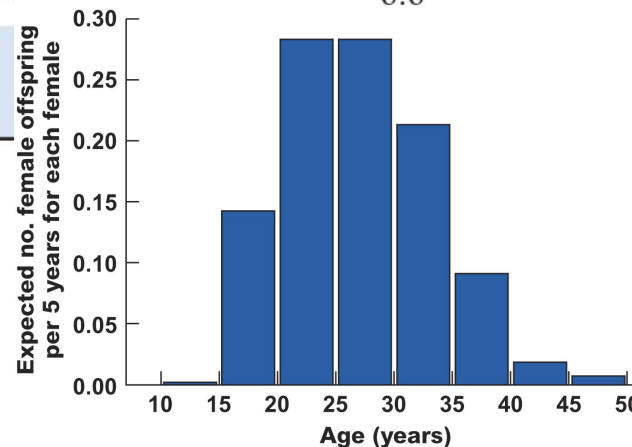
- Estructura de edades observada (sin datos reales sobre mortalidad)



# Cronograma de fertilidad

Table 8.5 Survivorship schedule ( $l_x$ ) and fertility schedule ( $b_x$ ) for women in the United States, 2007.

Age group	Midpoint or pivotal age x	Proportion surviving to pivotal age $l_x$	No. female offspring per female aged x per 5-year period ( $b_x$ )	Product of $l_x$ and $b_x$
0-9	5.0	0.9945	0	0.0000
10-14	12.5	0.9939	0.0020	0.0020
15-19	17.5	0.9929	0.1432	0.1422
20-24	22.5	0.9913	0.2855	0.2830
25-29	27.5	0.9896	0.2863	0.2833
30-34	32.5	0.9878	0.2160	0.2134
35-39	37.5	0.9851	0.0918	0.0904
40-44	42.5	0.9809	0.0175	0.0172
45-49	47.5	0.9743	0.0075	0.0073
50 +	—	—	0.0	0.00



$$R_0 = \sum_0^{\infty} l_x b_x = 1.0388$$

SOURCE: *Statistical Abstract of the United States 2007*.

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

# Tasas reproductivas, tiempos generacionales y tasas de crecimiento poblacional

$$R_0 = \sum_0^{\infty} l_x b_x: \text{Tasa reproductiva neta (descendencia promedio de un individuo durante su vida)}$$

$r$ : Tasa intrínseca (o instantánea) de crecimiento (capacidad instantánea de crecimiento de la población).  $r = \ln R_0 / G = \ln \lambda$ .  
Se usa para modelos poblaciones con generaciones continuas.

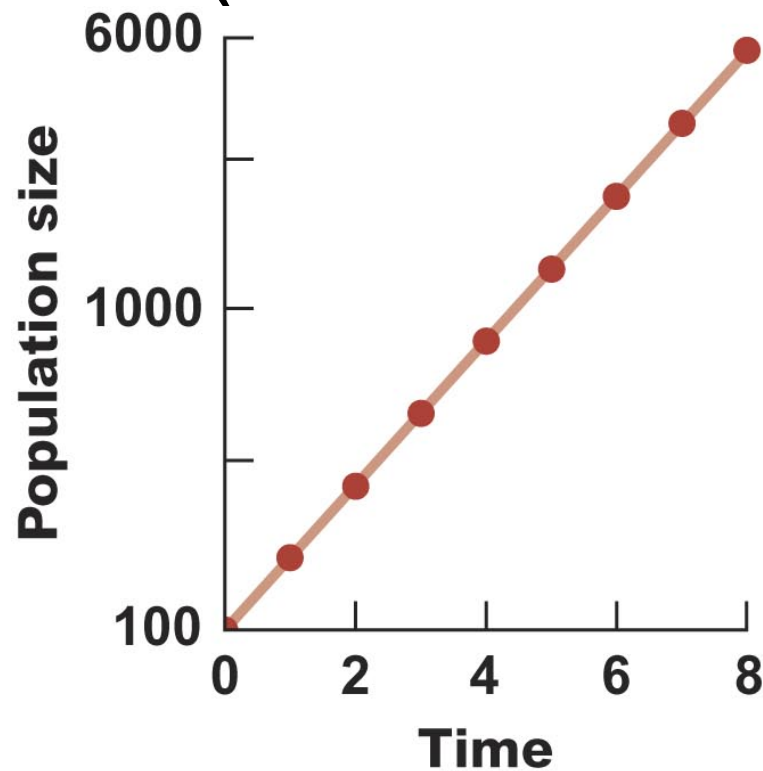
$\lambda$ : Tasa finita de crecimiento (descendencia promedio de un individuo en una generación).  $R_0 = \lambda^G$ , donde  $G$  es la duración de una generación. Nótese que cuando  $G = 1$ ,  $R_0 = \lambda$ . Se usa para modelos de poblaciones con generaciones discretas.

# Crecimiento exponencial y distribución estable de edades (teorema de Lotka 1922)

Una población sujeta a un cronograma constante de natalidad y mortalidad se aproxima a una *distribución estable de edades*. Cuando la población alcanza esta distribución estable no es necesario conocer la estructura de edades para proyectar la población, que crecerá según la siguiente ecuación de crecimiento exponencial,

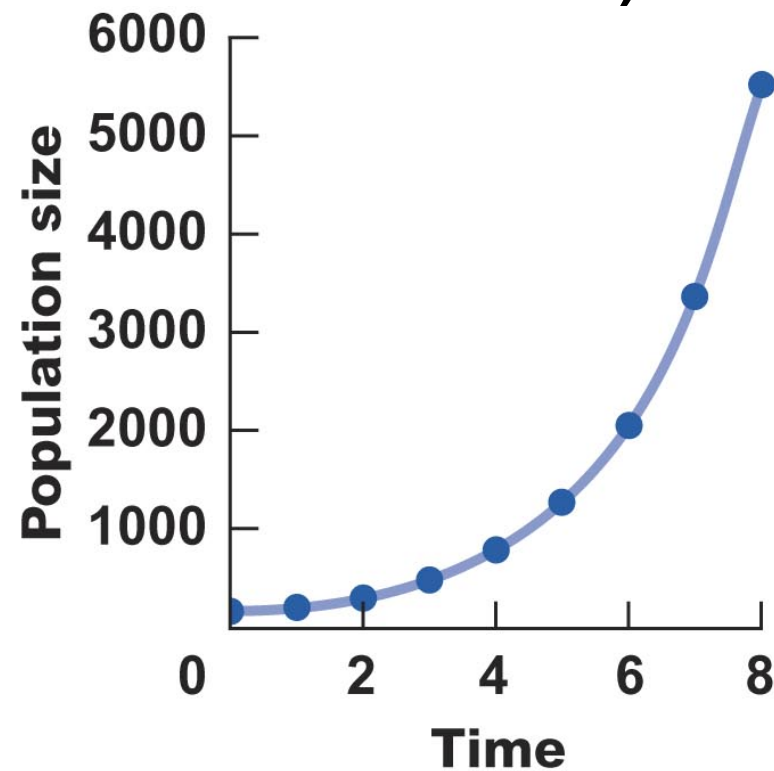
$$\frac{dN}{dt} = rN, \text{ que integrada queda } N_t = N_0 e^{rt}.$$

# Crecimiento exponencial y distribución estable de edades (teorema de Lotka 1922)



(a) Logarithmic scale

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.



(b) Arithmetic scale

# Crecimiento exponencial: ejemplo

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

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

Supongamos que  $N_0 = 100$  y  $r = 0.5$ .

Year	Population size
0	100
1	
2	
3	
4	
5	

Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

# Cálculo de la tasa intrínseca de crecimiento, $r$

Recordemos que  $r = \ln R_0 / G$ .  $R_0$  puede ser calculado de la tabla de vida. ¿Cómo calculamos el tiempo generacional  $G$  (el tiempo promedio entre el nacimiento de los padres y el nacimiento de los hijos)? Usamos la ecuación de Dublin y

Lotka (1925):

$$G = \frac{\sum l_x b_x x}{\sum l_x b_x} = \frac{\sum l_x b_x x}{R_0}$$

# Cálculo de la tasa intrínseca de crecimiento, $r$ , y la tasa finita, $\lambda$

$$G = \frac{\sum l_x b_x x}{\sum l_x b_x} = \frac{\sum l_x b_x x}{R_0} \quad r = \frac{\ln R_0}{G} \quad \lambda = e^r$$

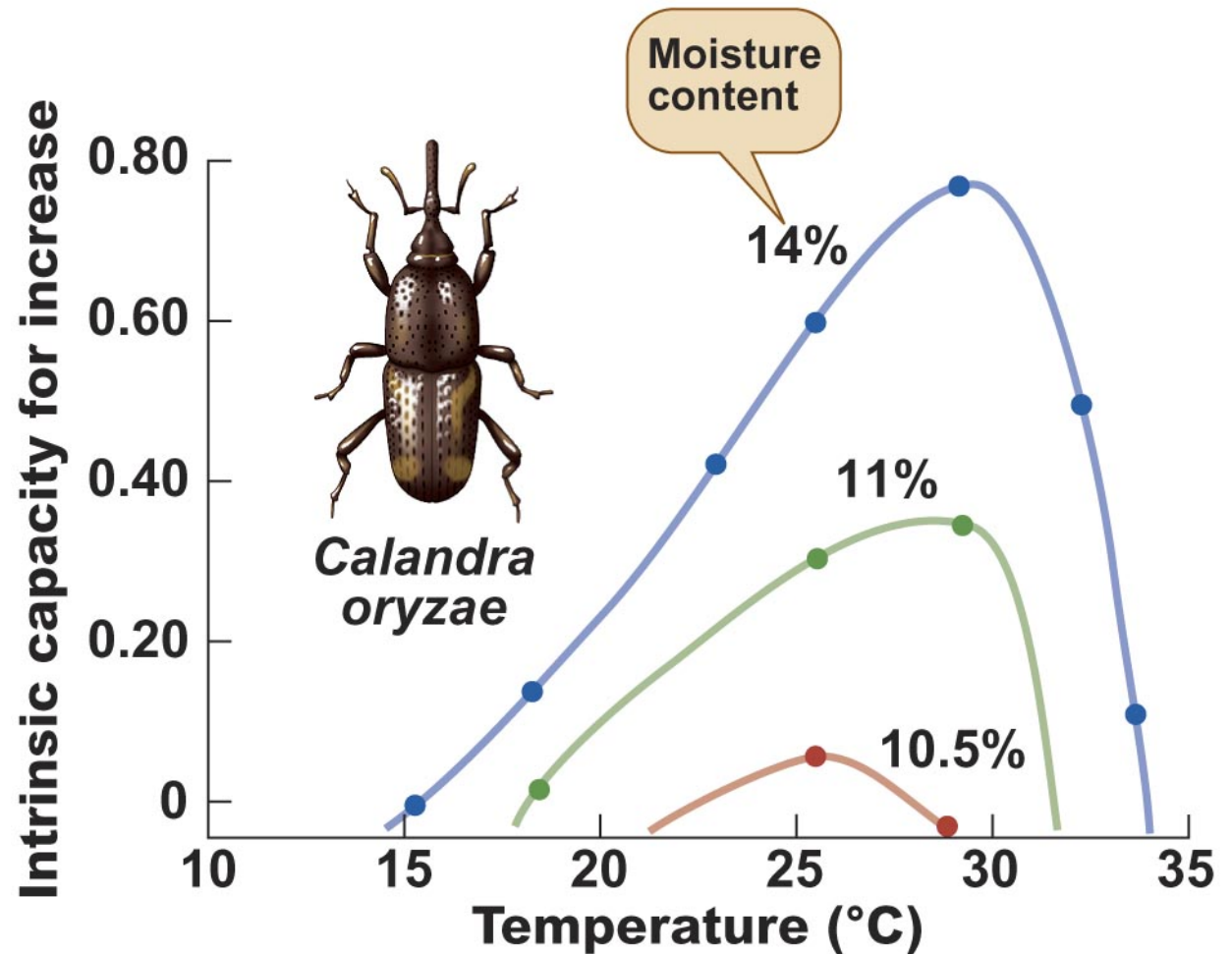
x	$l_x$	$b_x$	$l_x b_x$	(x) ( $l_x$ ) ( $b_x$ )	
0	1	0	0	0	$R_0 = 0 + 2 + 1 + 0 = 3$
1	1	2	2	2	$G = (0 + 2 + 2 + 0) / 3 = 1.33$ años
2	1	1	1	2	
3	1	0	0	0	$r = \ln(3) / 1.33 = 0.824$
4	0	-	-	-	$\lambda = e^{0.824} = 2.2796$

$$R_0 = \sum_0^4 l_x b_x = 3$$

# Cálculo de la tasa intrínseca de crecimiento, $r$



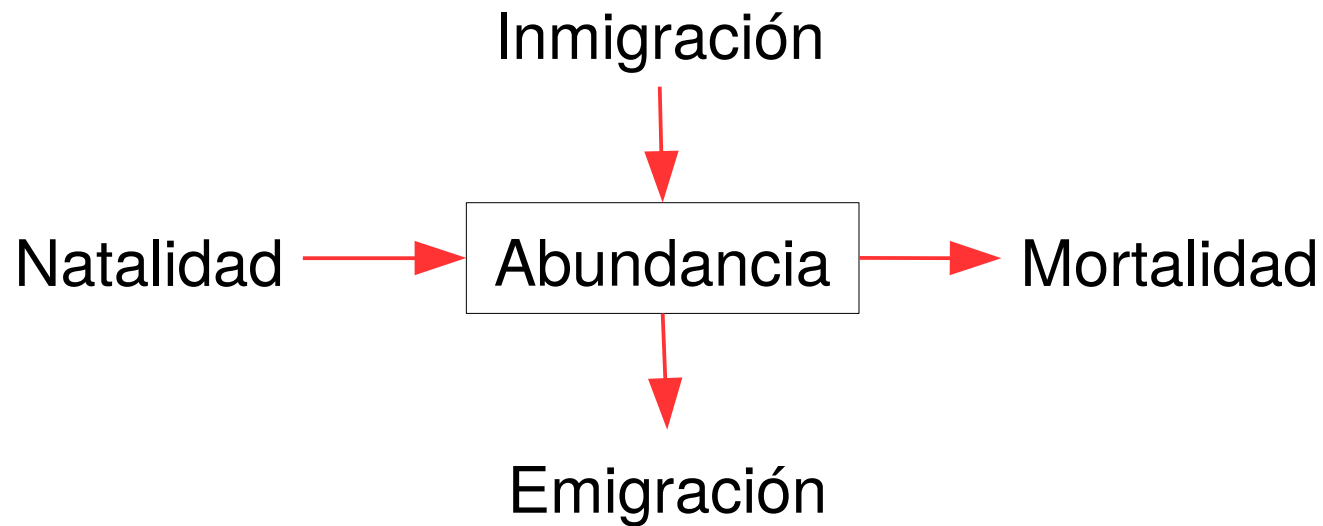
Charles Birch



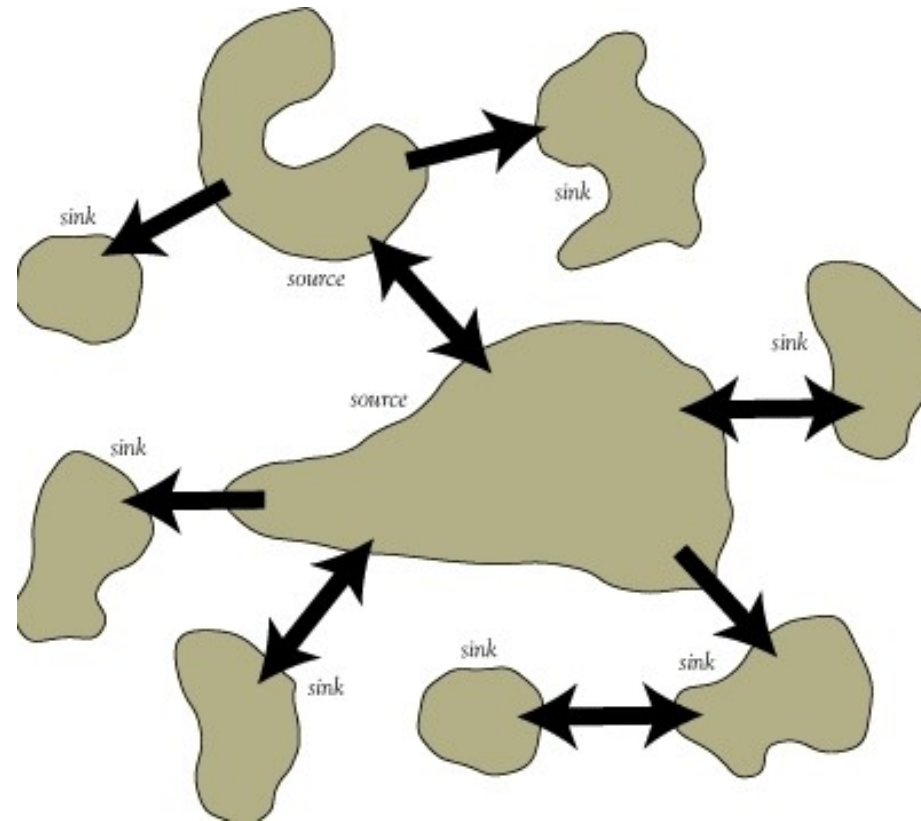
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.



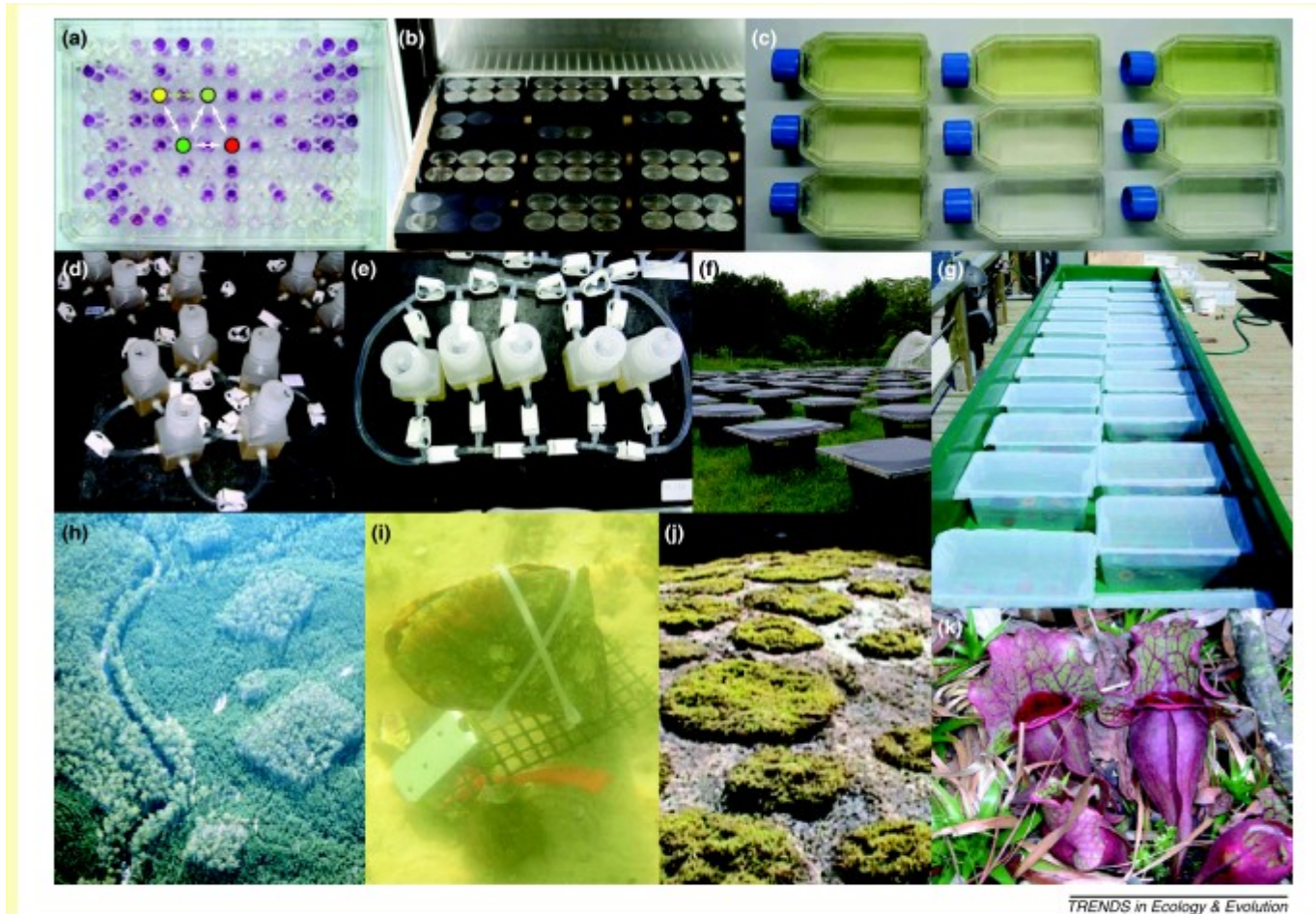
# Parámetros poblacionales



# Inmigración y emigración: Metapoblaciones



# Inmigración y emigración: Metapoblaciones



**Figure 1.** Experimental approaches to metacommunities. (a) Bacterial metacommunities in a 96-well plate; wells containing different carbon sources. (b) Algal metacommunities in 6-well plates; wells receiving different degrees of shading. (c) Algal metacommunities in culture flasks differing in resource ratios. (d,e) Protist metacommunities in culture flasks connected via tubes allowing global dispersal (d) or including topology in dispersal (e). (f) Outdoor pond mesocosms. (g) Outdoor metacommunities of marine benthic invertebrates at the Tjärnö Marine Biological Laboratory, Sweden. (h) Aerial photograph of a fragmentation experiment in a forested landscape. (i) Natural metacommunity within pen shells. (j) Moss patches on rocks used for fragmentation experiments. (k) Inquiline metacommunities in leaves of *Sarracenia purpurea*. Reproduced, with permission, from Patrick Venail (a), Birte Matthiessen (b), Lars Gamfeldt (c), Marc Cadotte (d,e), Luc de Meester (f), Lars Gamfeldt (g), Chris Margules (h) Pablo Munguia (i) Andrew Gonzalez (j), Thomas Miller (k).

# Teórica 3: Recapitulación

- La población como unidad de estudio
- Parámetros poblacionales: densidad, natalidad, mortalidad, inmigración y emigración
- Métodos de estimación de densidad absoluta y relativa
- Estadísticas vitales: tablas de vida de cohortes y estáticas
- Tasas reproductivas:  $R_0$ ,  $\lambda$  y  $r$