

ESTADÍSTICA VITAL

Ciclos de vida (Historia de vida)

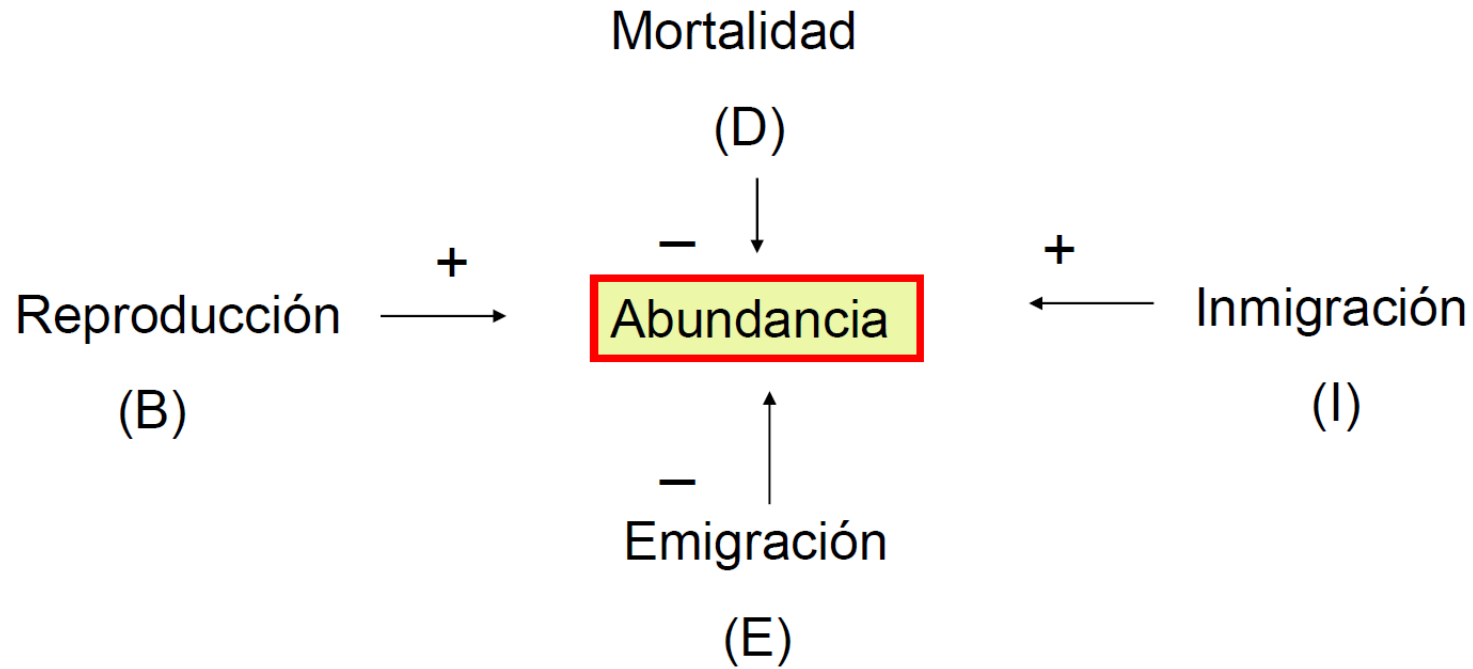
Tablas de vida

Curvas de supervivencia

Pirámides demográficas

DINAMICA POBLACIONAL

PROCESOS DEMOGRAFICOS



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

La supervivencia y la reproducción de los individuos son básicas para que la población se mantenga en el tiempo.

Los individuos de la población no son todos iguales

- No todos se reproducen con la misma intensidad
- Tienen distintas probabilidades de morir
- Tienen distintas probabilidades de moverse

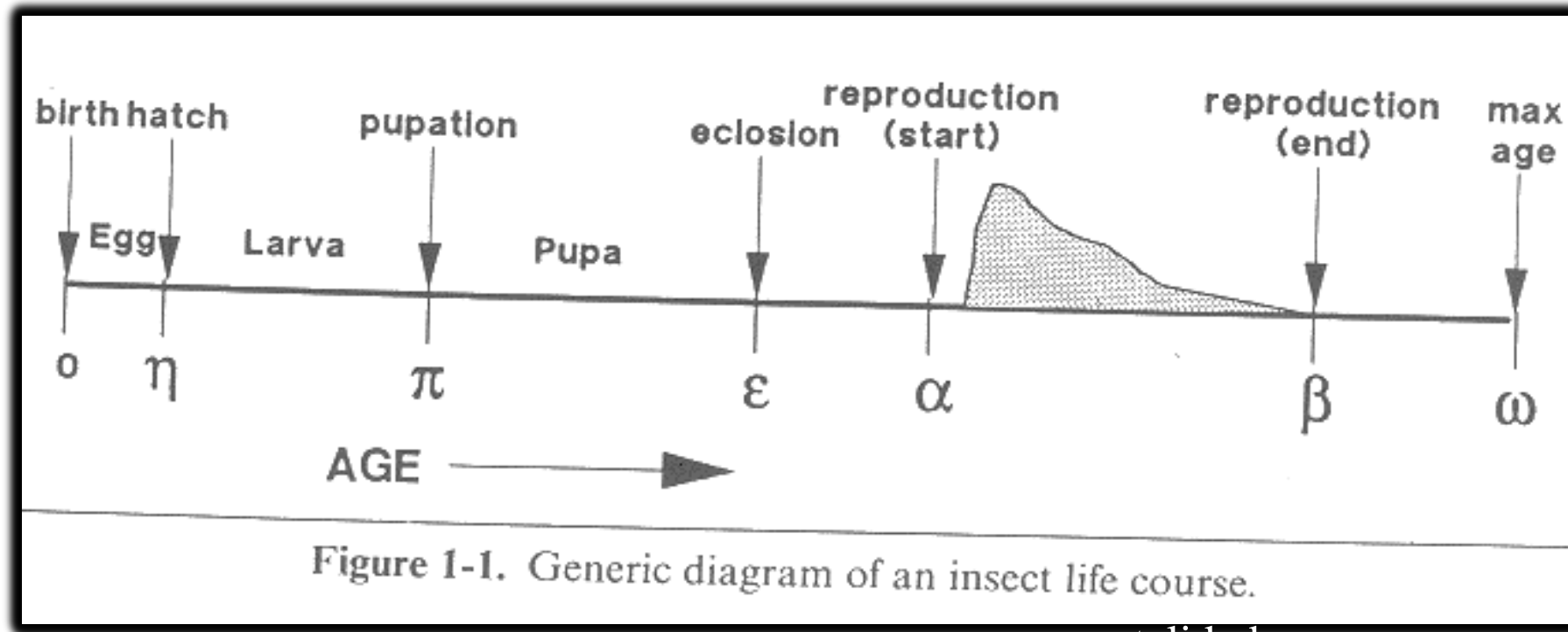
Importancia de la variabilidad intrapoblacional

Caracteres heredables de los individuos que le confieren ventajas comparativas. Selección Natural, favorece el esquema de historia de vida que maximice la contribución de crías a la próxima generación.

De qué dependen estas diferencias?

Edad, sexo, estado, peso, tamaño, condición física

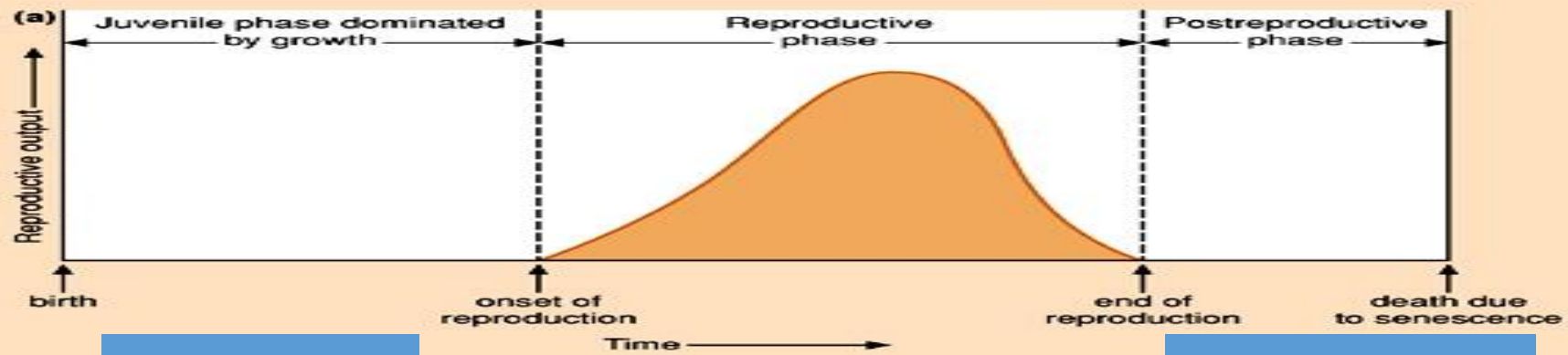
Ciclo de vida generalizado de un insecto holometábolo: muchas transiciones vitales con riesgos de muerte y chances de reproducción asociados.



Curso de vida: secuencia de eventos y duración de los estadios (letras griegas) a lo largo de la vida de un organismo. Evento: pasaje de un estadio a otro.

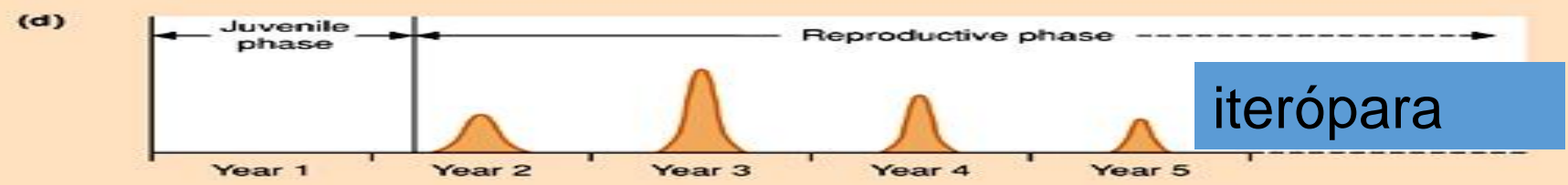
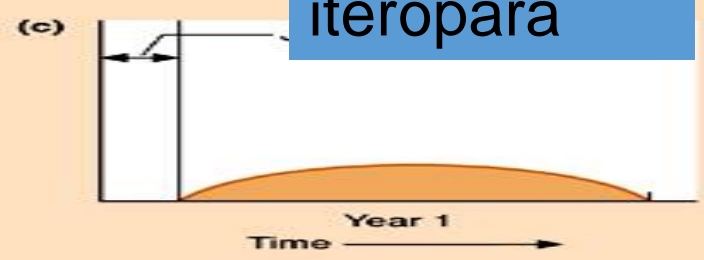
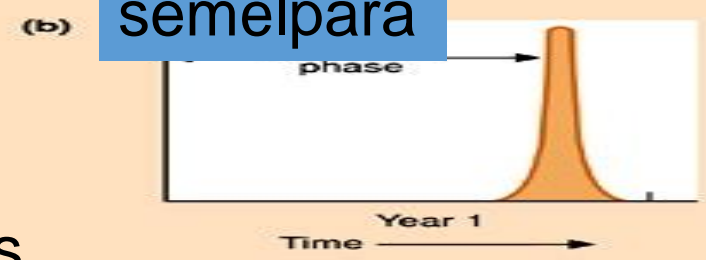
LONGEVIDAD

NUMERO DE VECES QUE SE REPRODUCE

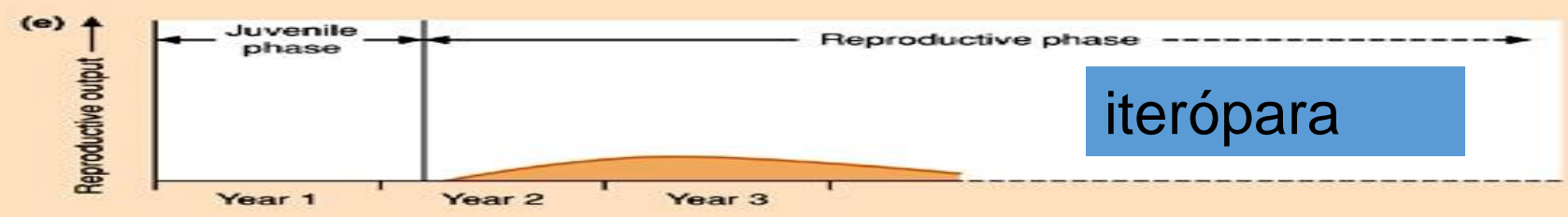


semélpara

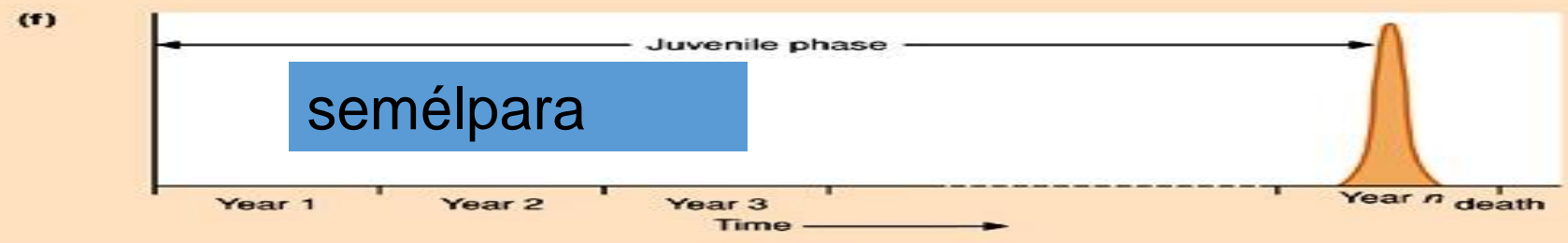
iterópara



iterópara



iterópara



semélpara

anuales

multianuales

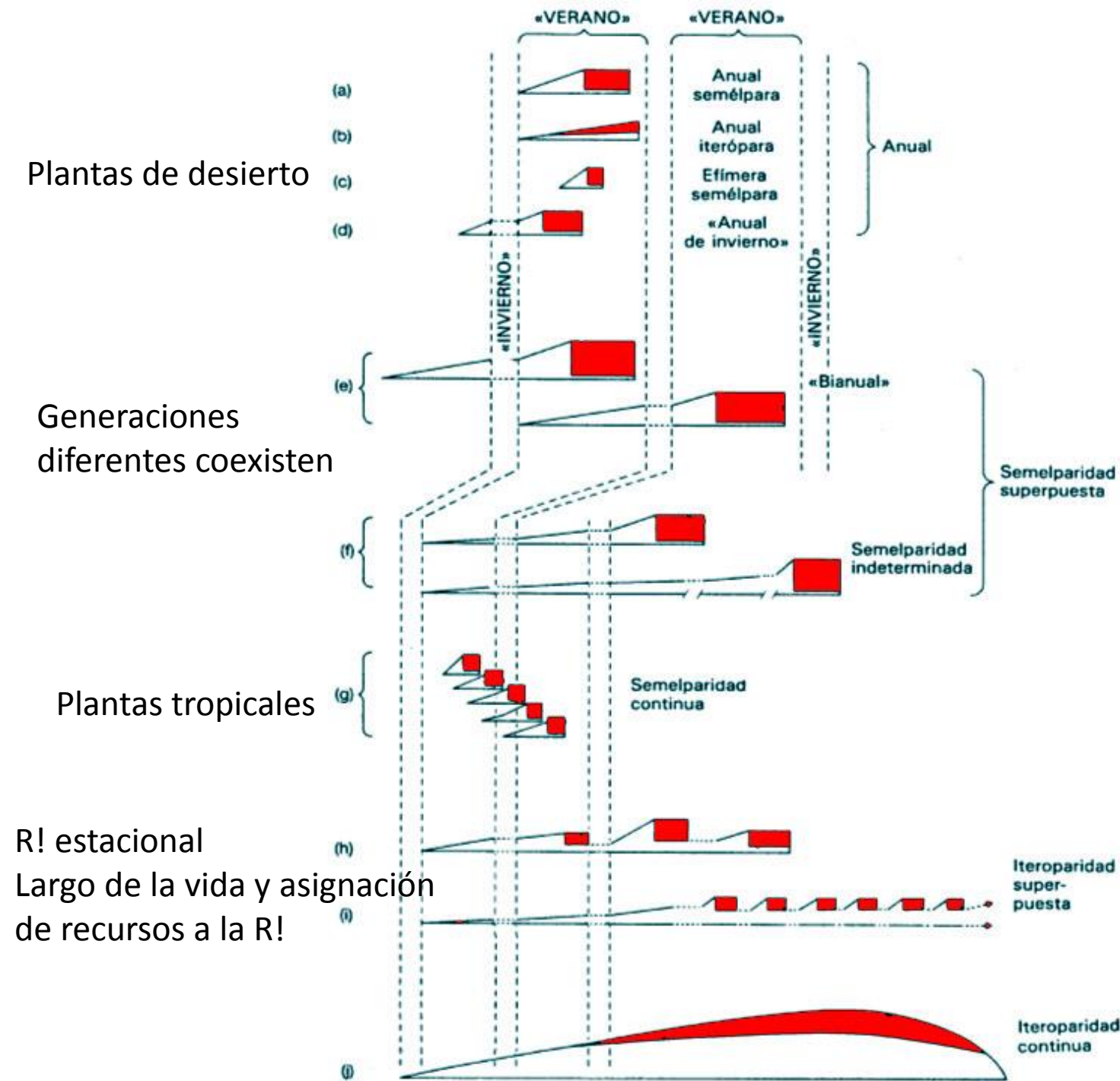
asignación de recursos a supervivencia y reproducción

Historia de vida

modelos de crecimiento, desarrollo, almacenamiento de reservas y reproducción de un organismo.

La longitud de cada figura representa la duración de la vida de un individuo, y la altura su tamaño. La zona sombreada indica la proporción de recursos disponibles destinados a la reproducción.

¿Los organismos iteróparos dedican proporcionalmente menos recursos a la reproducción que los organismos semélparos?



Plantas de desierto

Generaciones diferentes coexisten

Plantas tropicales

R! estacional
Largo de la vida y asignación de recursos a la R!

HISTORIA DE VIDA DE UNA ESPECIE

Es reflejo de cómo una especie distribuye sus recursos limitados entre el crecimiento, la supervivencia y la producción de descendencia.

Refiere a las características del ciclo de vida relacionadas con la supervivencia y la reproducción de una especie, características demográficas básicas de una población que aparecerán en una [tabla de vida](#).

Cuándo se reproducen los organismos por primera vez,

Cuántos descendientes tienen cada vez que se reproducen

Cuántas veces se reproducen.

La historia de vida de la especie humana implica un inicio tardío en la reproducción, pocos descendientes y la capacidad de reproducirse varias veces.

TABLA DE VIDA

forma de representar lo que sucede a lo largo de la vida

Resume la probabilidad de que los organismos de una población vivan, mueran o se reproduzcan en las diferentes etapas de sus vidas.

Es una matriz rectangular que muestra los cambios en una serie de funciones (columnas) a través de la edad o estadio (filas).

Síntesis de las principales características del patrón de mortalidad por clase de edad y puede incluir el de reproducción (esquema de fecundidad).

Resumen de los parámetros de la estadística vital. Son un punto de partida para calcular parámetros poblacionales

La tabla de vida puede ser usada para hacer inferencias estadísticas y comparar las experiencias de mortalidad entre diferentes poblaciones, o de la misma población en diferentes tiempos.

Antecedentes_Deevey 1947



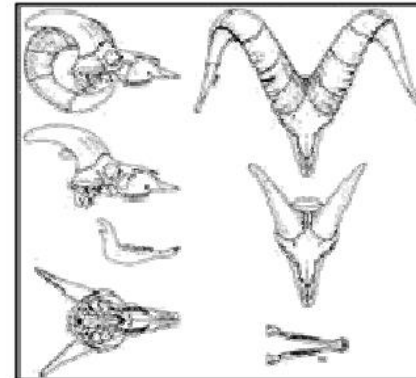
Adolph Murie entre 1939 y 1944 realizó un estudio para determinar si los lobos eran la causa de la declinación de la población de muflones de Dall en el PN Denali



Adolph Murie
(1899–1974)

Murie utilizó diversos métodos de investigación:

- 1) Observó directamente a muflones y lobos;
- 2) Siguió a los lobos en la nieve para encontrar las carcazas de sus presas
- 3) Colectó los cráneos de los muflones que encontró muertos



A partir de los cráneos determinó la mortalidad específica por edades y demostró que las muertes por lobos sólo afectaban a animales muy viejos o muy jóvenes

Tabla de vida de cohorte, horizontal o dinámica

- Seguimiento de un número de individuos desde el nacimiento (**cohorte**) hasta el último que se muere.
- Determinación de clases o estadíos
- Cuantificación de sobrevivientes a lo largo del tiempo
- Cuantificación de fecundidad a lo largo del tiempo



Tabla de vida para una cohorte de saltamontes de los prados

<i>Fase (x)</i>	a_x	l_x	d_x	q_x	$\log_{10} a_x$	k_x	<i>Cuadro de fertilidad</i>
Huevos	(0) 44000	1	0,92	0,92	4,64	1,09	
Instar I	(1) 3513	0,08	0,022	0,28	3,55	0,15	
Instar II	(2) 2529	0,058	0,014	0,24	3,4	0,12	
Instar III	(3) 1922	0,044	0,011	0,25	3,28	0,12	
Instar IV	(4) 1461	0,033	0,003	0,11	3,16	0,05	
Adultos	(5) 1300	0,03	-	-	3,11	-	

PARAMETROS DE LA TABLA DE VIDA

Fase (x): fase de desarrollo del saltamontes. a_x : número de individuos observado al inicio de cada fase.

l_x : proporción de la cohorte original que sobrevive al inicio de cada fase. a_x/a_0

d_x : proporción de la cohorte original que muere en el paso de una fase a la siguiente ($d_x = l_x - l_{x+1}$) -

q_x : tasa de mortalidad específica de cada fase ($q_x = d_x / l_x$)

k_x : "fuerza de mortalidad" ($k_x = \log_{10} a_x - \log_{10} a_{x+1} = \log_{10} a_x / a_{x+1}$)

- l_x : el N° de individuos (o proporción de la cohorte original) que está vivo a la edad exacta x (al inicio del intervalo).
- d_x : el N° (o proporción de la cohorte original) de individuos que fallece durante un intervalo de edad i que se inicia en la edad x .
- q_x : probabilidad de morir durante el intervalo para los individuos de edad exacta x que estaban vivos al inicio del intervalo de edad.
- p_x : probabilidad de sobrevivir todo el intervalo (terminarlo vivo) para los individuos de edad exacta x que estaban vivos al inicio del intervalo de edad.

Especies con ciclos anuales

Langosta (*Chorthippus brunneus*)

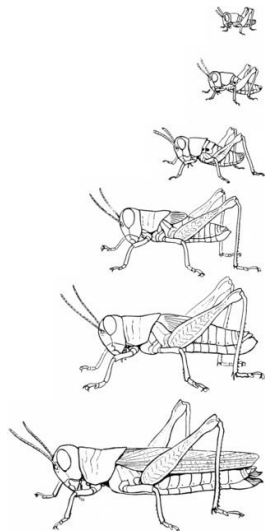


Vaina de huevos



Invierno

Fin Primavera



Verano

Individuos / 10m²

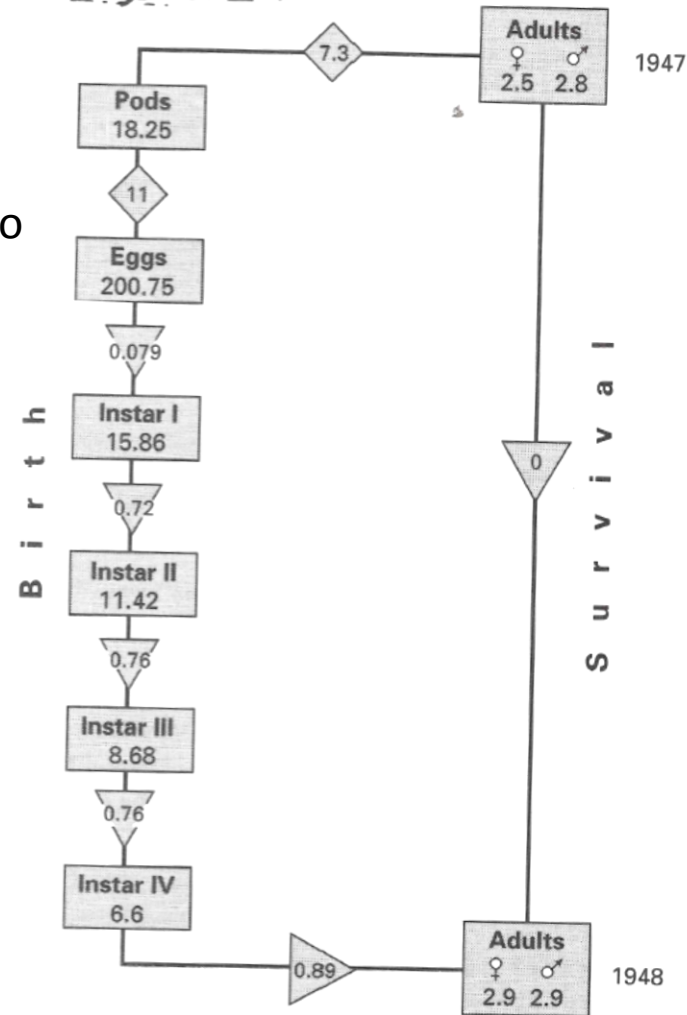


Tabla de vida de Cohorte
Apropiada para sp de vida corta y sésil.

Registro de individuos vivos y marcados.
Seguimiento en el tiempo hasta el último que muere.

Nueva generación

Tabla de vida para una cohorte de saltamontes de los prados

<i>Fase (x)</i>		a_x	l_x	d_x	q_x	$\log_{10} a_x$	$\log_{10} l_x$	k_x	<i>Cuadro de fecundidad</i>		
									F_x	m_x	$l_x \cdot m_x$
Huevos	(0)	44000	1	0,92	0,92	4,64	0	1,09	-	-	-
Instar I	(1)	3513	0,08	0,022	0,28	3,55	-1,09	0,15	-	-	-
Instar II	(2)	2529	0,058	0,014	0,24	3,4	-1,24	0,12	-	-	-
Instar III	(3)	1922	0,044	0,011	0,25	3,28	-1,36	0,12	-	-	-
Instar IV	(4)	1461	0,033	0,003	0,11	3,16	-1,48	0,05	-	-	-
Adultos	(5)	1300	0,03	-	-	3,11	-1,53	-	22617	17	0,51

PARAMETROS DE LA TABLA DE VIDA

Cuadro de fecundidad: formado por las tres últimas columnas de la tabla de vida (F_x , m_x y $l_x \cdot m_x$).

F_x : N° total de huevos producidos en cada fase.

m_x : N° medio de huevos producidos por cada individuo superviviente en cada fase. (tasa de natalidad)

$l_x \cdot m_x$: informa de la fecundidad relativa de cada una de las fases.

Fase (x): fase de desarrollo del saltamontes. a_x : número de individuos observado al inicio de cada fase.

l_x : proporción de la cohorte original que sobrevive al inicio de cada fase. a_x/a_0

d_x : proporción de la cohorte original que muere en el paso de una fase a la siguiente ($d_x = l_x - l_{x+1}$) -

q_x : tasa de mortalidad específica de cada fase ($q_x = d_x / l_x$)

k_x : "fuerza de mortalidad" ($k_x = \log_{10} a_x - \log_{10} a_{x+1} = \log_{10} a_x / a_{x+1}$)

Tabla 2: Tabla de vida para una cohorte de *Phlox drummondii* (en Begon, *et al.* 1995). $x-x'$: Intervalo de edad (días); a_x : número de supervivientes hasta el día x ; l_x : proporción de la cohorte original que sobrevive hasta el día x ; d_x : proporción de la cohorte original que muere durante el intervalo; q_x : tasa de mortalidad por día; k_x : fuerza de mortalidad diaria. El resto de los encabezamientos como en la Tabla 1.

Intervalo de edad (días) $x-x'$	a_x	l_x	d_x	q_x
0-63	996	1	0,329	0,005
63-124	668	0,671	0,375	0,009
124-184	295	0,296	0,105	0,006
184-215	190	0,191	0,014	0,002
215-264	176	0,177	0,004	0,001
264-278	172	0,173	0,005	0,002
278-292	167	0,168	0,008	0,003
292-306	159	0,16	0,005	0,002
306-320	154	0,155	0,007	0,003
320-334	147	0,148	0,043	0,021
334-348	105	0,105	0,083	0,057
348-362	22	0,022	0,022	1
362-	0	0	-	

Ventajas:

Estudio detallado de los esquemas de mortalidad y natalidad dentro de una fase.

Desventajas:

La edad de un individuo no es necesariamente la mejor o más satisfactoria de las medidas de su condición biológica.

En esta sp se usaron clases de edad para reducir el N° de fases y variaciones demográficas de las fases.



$$R_0 = \sum l_x \cdot m_x = (\sum F_x) / a_0 = 2,41$$

TABLA DE VIDA ESTÁTICA O VERTICAL o TIEMPO ESPECIFICO

- En vez de seguir una cohorte se analiza la estructura de edades de la población en un momento dado.
- Fundamental reconocer la edad o estadio.
- Supuesto: mortalidad y fecundidad específicas por edades son constantes a lo largo del tiempo.
- Todas las cohortes se comportan de la misma manera

Tabla 3: *Tabla de vida estática* para las hembras del ciervo común (*Cervus elaphus*) de la isla escocesa de Rhum (Lowe 1969 citado en Begon y Mortimer 1986). a_x : N° de individuos observados de edad x . El resto de los encabezamientos es como en la Tabla 1.

Ciervos muertos registrados en 1956.

Edad (años)	Parámetros corregidos (ver texto)									
	x	a_x	$10^3 l_x$	$10^3 d_x$	q_x	m_x	l_x	d_x	q_x	$\log_{10} l_x$
1	129	1000	116	0,116	0	1000	137	0,137	3,000	0,064
2	114	884	8	0,009	0	863	85	0,097	2,936	0,045
3	113	876	48	0,055	0,311	778	84	0,108	2,891	0,050
4	81	625	23	0,037	0,278	694	84	0,121	2,841	0,056
5	78	605	148	0,245	0,302	610	84	0,137	2,785	0,064
6	59	457	-47	-	0,400	526	84	0,159	2,721	0,076
7	65	504	-78	0,155	0,476	442	85	0,190	2,645	0,092
8	55	426	232	0,545	0,358	357	176	0,502	2,553	0,295
9	25	194	124	0,639	0,447	181	122	0,672	2,258	0,487
10	9	70	8	0,114	0,289	59	8	0,141	1,771	0,063
11	8	62	8	0,129	0,283	51	9	0,165	1,708	0,085
12	7	54	38	0,704	0,285	42	8	0,198	1,623	0,092
13	2	16	8	0,500	0,283	34	9	0,247	1,531	0,133
14	1	80	-23	-	0,282	25	8	0,329	1,398	0,168
15	4	31	15	0,484	0,285	17	8	0,492	1,230	0,276
16	2	16	-	-	0,284	9	9	1,000	0,954	-

El relativizar las tasas a 1000 individuos iniciales nos hace posible la comparación con otras poblaciones-especies.

x : Clase de edad

a_x : Nro individuos vivos en la clase de edad

l_x : Nro de individuos vivos en la clase de edad estandarizado a 1000 individuos (a_x/a_0)

d_x : Nro de individuos muertos en la clase de edad estandarizado a 1000 individuos ($l_x - l_{x+1}$)

q_x : Tasa de mortalidad (d_x/l_x)

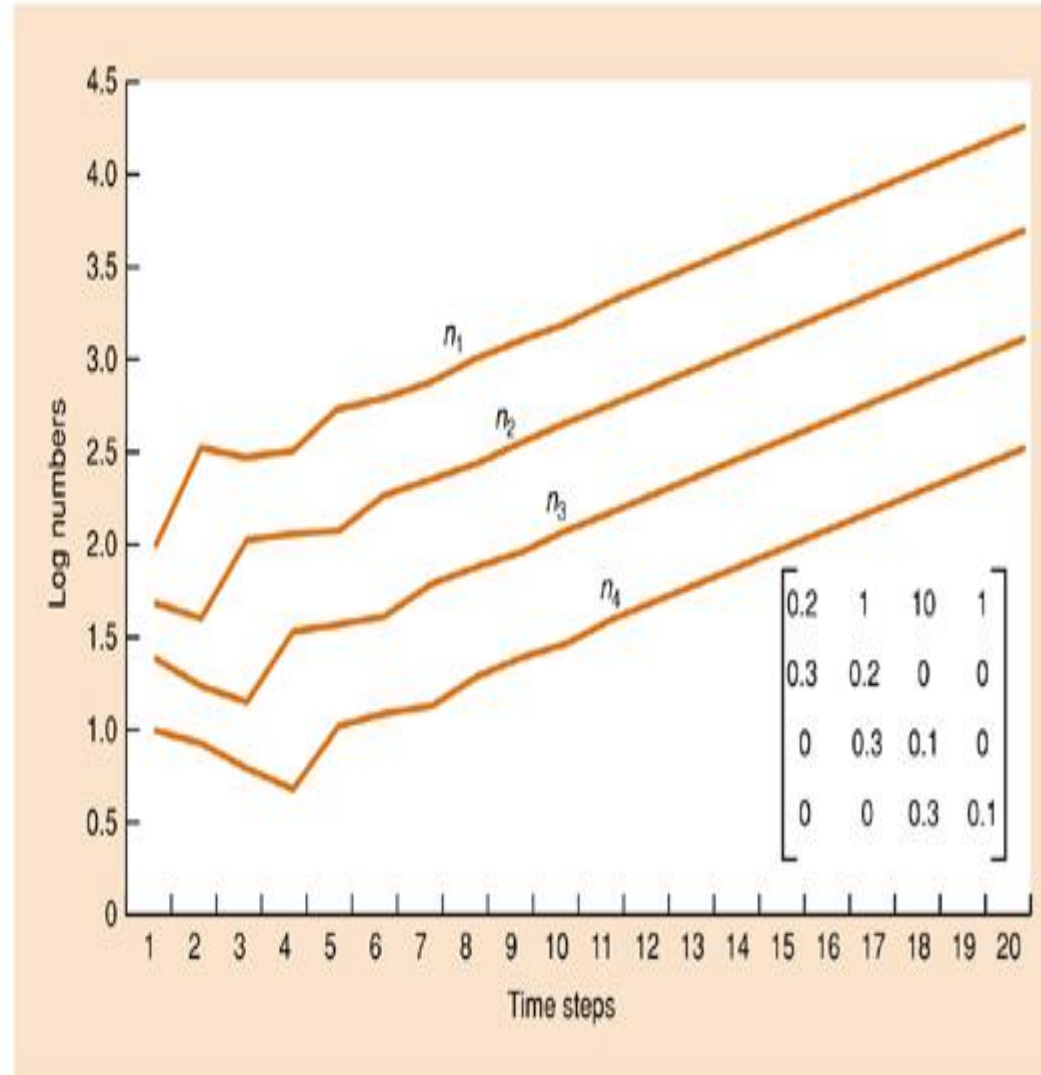
Asumir que los 59 ciervos de edad 6 son los sobrevivientes de los 78 ciervos. Es decir que se habrían obtenido de seguir una cohorte real. Pero estos son individuos nacidos en diferentes años y posiblemente bajo condiciones diferentes. Tenemos más individuos de edad 7 que 6. No decrece en forma monotónica. Valores d_x negativos! Correcciones: regresión cuadrática a $\log a_x$. Construcción de una serie monotónicamente decreciente.

Estructura de edades: proporción de cada edad en la población

Estructura de edades estable: la proporción relativa de cada clase de edad se mantiene a lo largo de las generaciones o el tiempo

				t2				t3			
				t1							
a₀	100	l₀	1	a₀	200	l₀	1	a₀	50	l₀	1
a₁	50	l₁	0,5	a₁	100	l₁	0,5	a₁	25	l₁	0,5
a₂	25	l₂	0,25	a₂	50	l₂	0,25	a₂	12,5	l₂	0,25
a₃	12,5	l₃	0,12	a₃	25	l₃	0,12	a₃	6	l₃	0,12

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.



Fórmulas de cálculo

- $l_x = 100.000$ para $x = 0$
- $l_x = l_{x-1} p_{x-1} = l_{x-1} - d_{x-1}$ para $x = 1, 2, \dots, \omega$
- $d_x = l_x - l_{x+1} = l_x q_x$ para $x = 0, 1, \dots, \omega-1$
- $d_x = l_x$ para $x = \omega$
- $q_x = d_x / l_x = 1 - (l_{x+1} / l_x) = 1 - p_x$
- $p_x = l_{x+1} / l_x$
- $q_x = 1, p_x = 0$ para $x = \omega$, última clase de edad.

A partir de una serie (= o función) de la tabla de vida se pueden calcular todas las otras series o funciones.

Curvas de supervivencia (log lx vs edad)

La forma de la curva es una función de la distribución de la mortalidad entre clases de edades.

Hipotéticas. Pear 1928

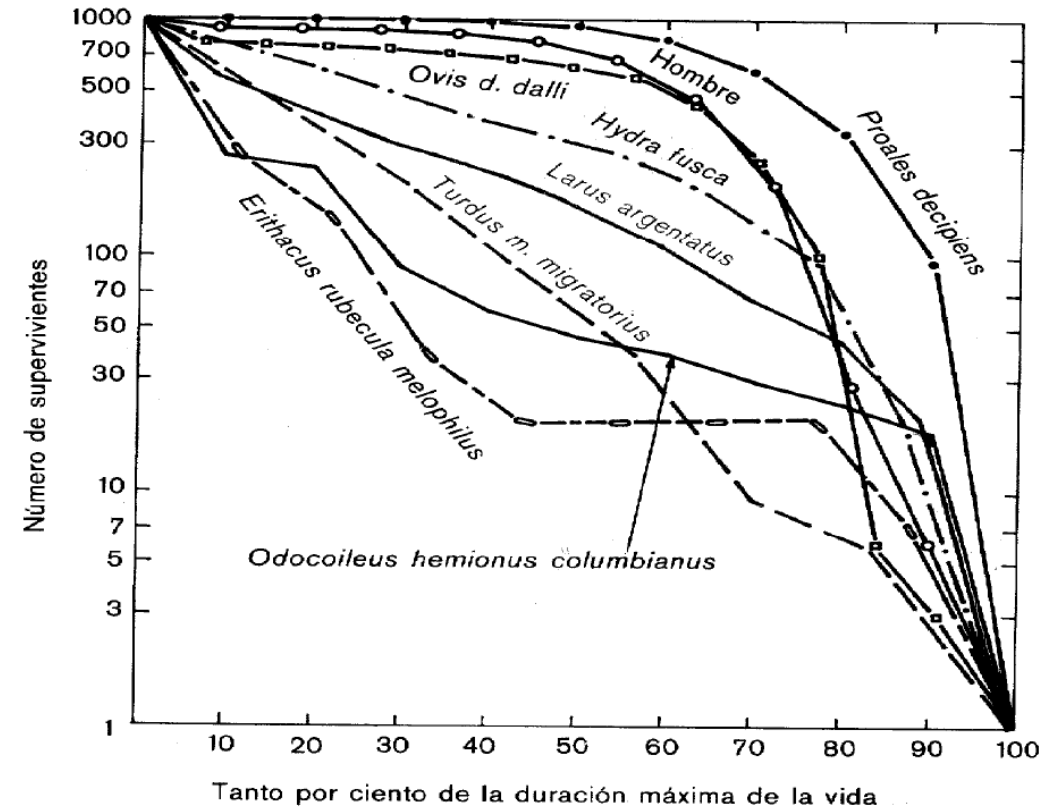
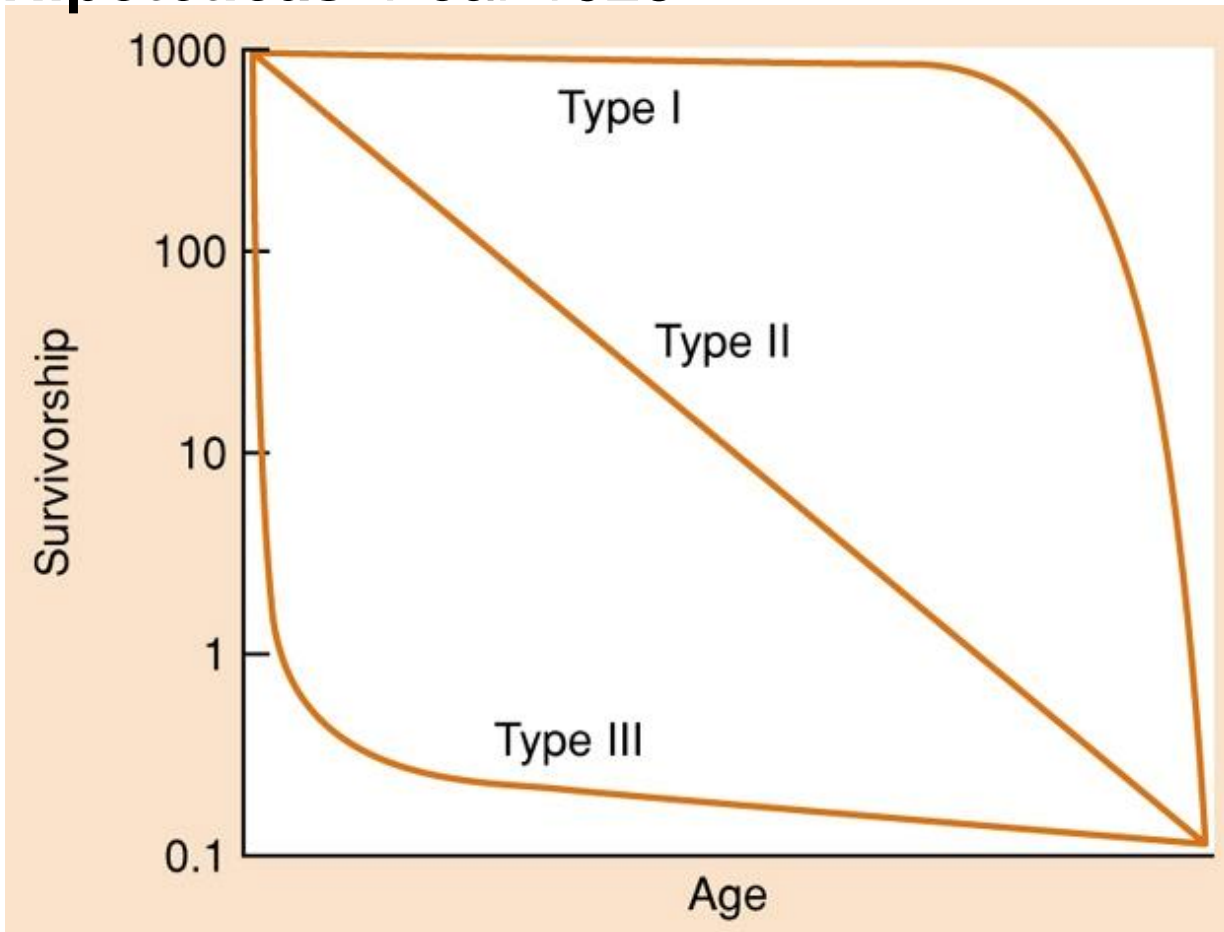


Figura 3. Curvas de supervivencia de poblaciones concretas de diversas especies animales. Para hacer las curvas comparables, en todos los casos se ha hecho igual a 100 la duración de la vida. *Proales* es un rotífero; *Hydra* es un celentereo; *Erithacus*, *Turdus* y *Larus*, aves; *Odocoileus*, un mamífero (en Margalef 1982: 58l).

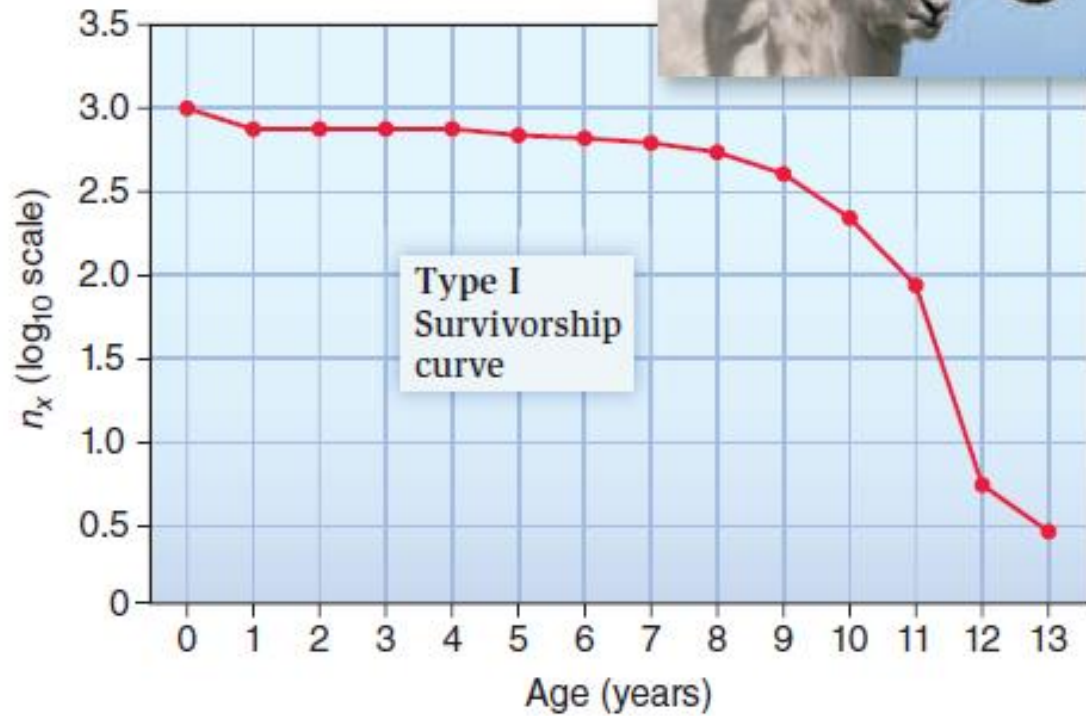
¿Cuál representa a la población humana en BsAs o animales protegidos en un zoológico?

¿La tasa de mortalidad es independiente de la edad?

CURVAS DE SUPERVIVENCIA

Ovis dalli (carneros)

Alaska. Predación por lobos
Murie, 1944.



Balanus glandula

(cirripedios-crustáceos)

Pacífico norte. Colonizaron costa
Argentina. Larvas planctónicas.

Transportadas por corrientes.

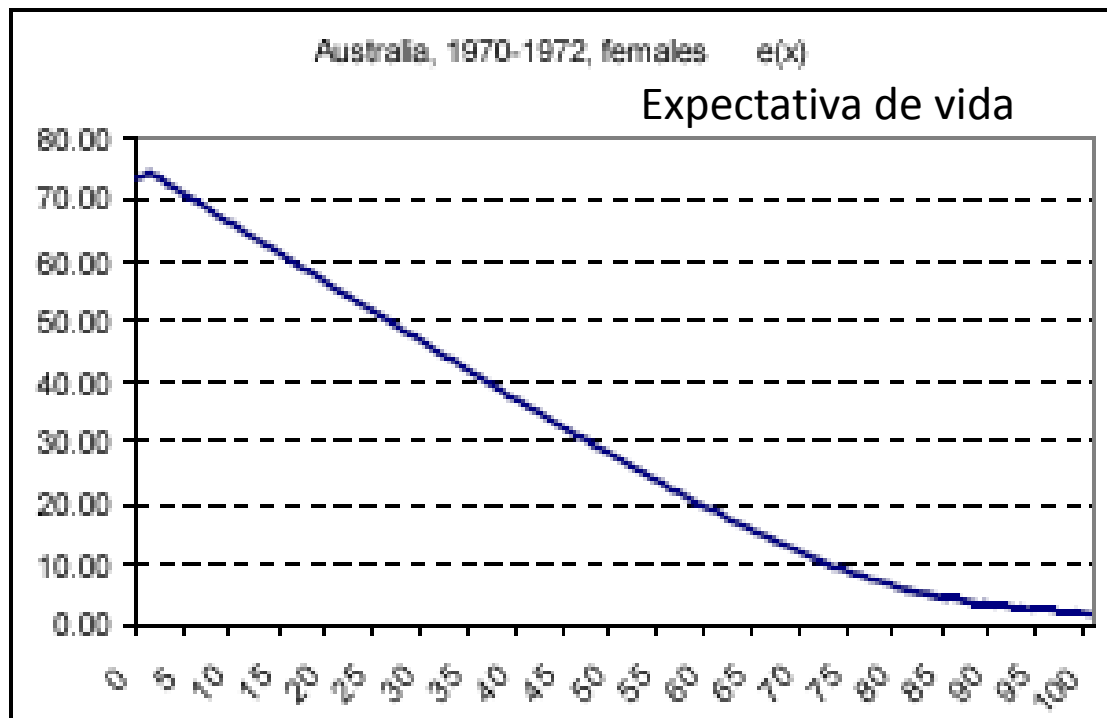
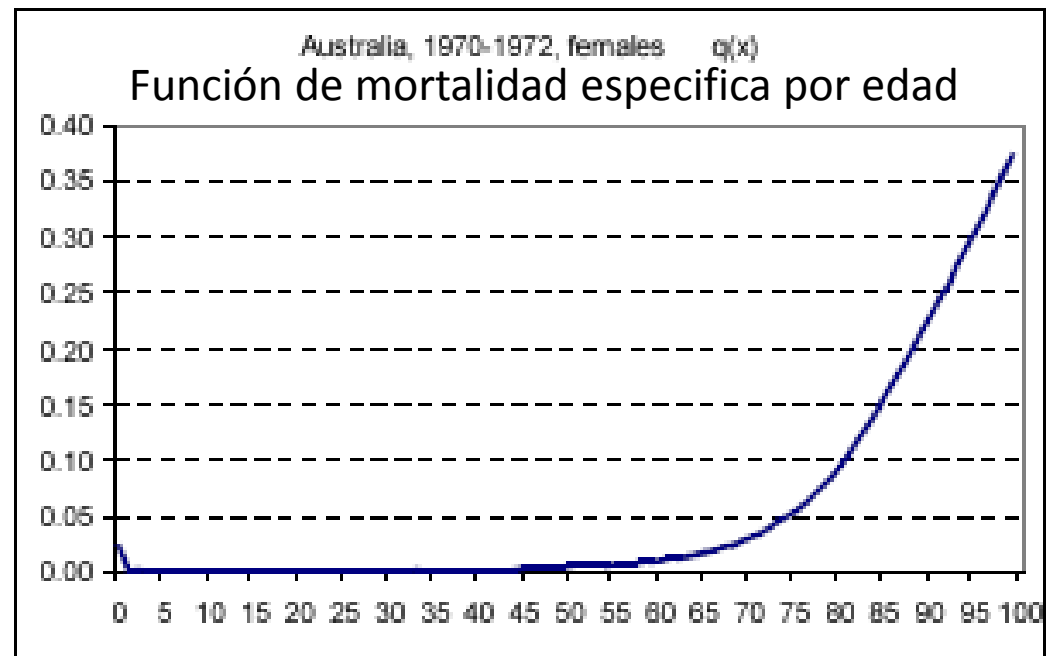
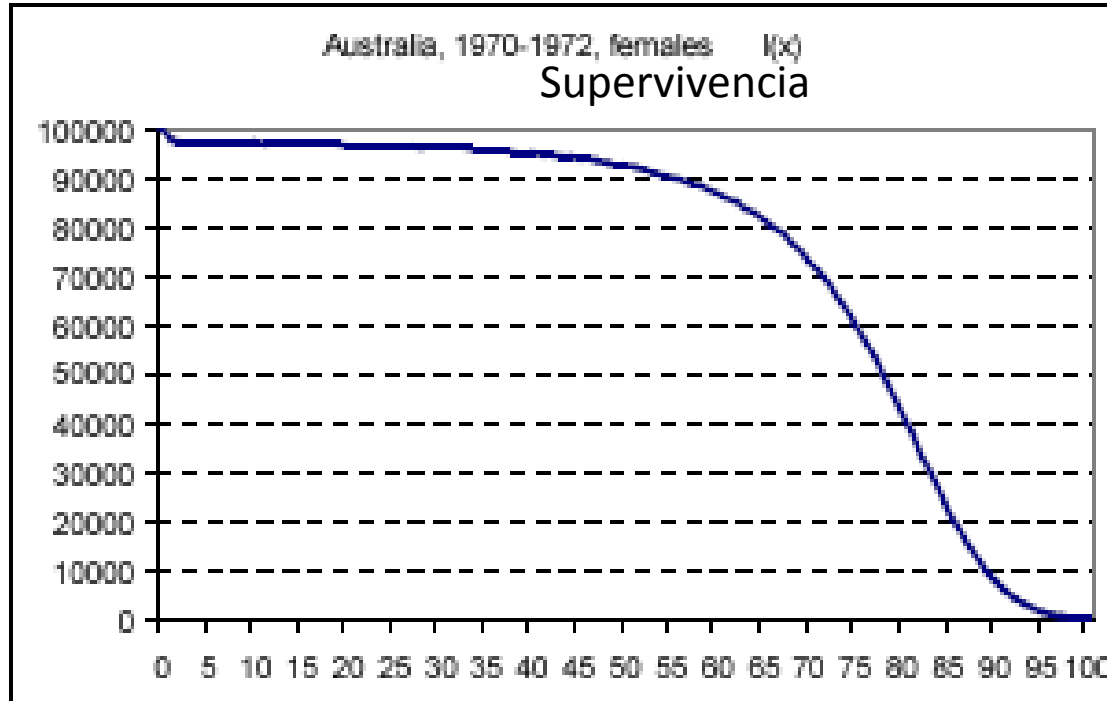
Asentamiento en rocas intermareal

Depredación. Competencias.

Perturbaciones factores físicos.



Peces, invertebrados marinos y parásitos



Formas de las curvas, decrecientes, crecientes.

Salto en las curvas, qué indican?

Edades críticas de la población.

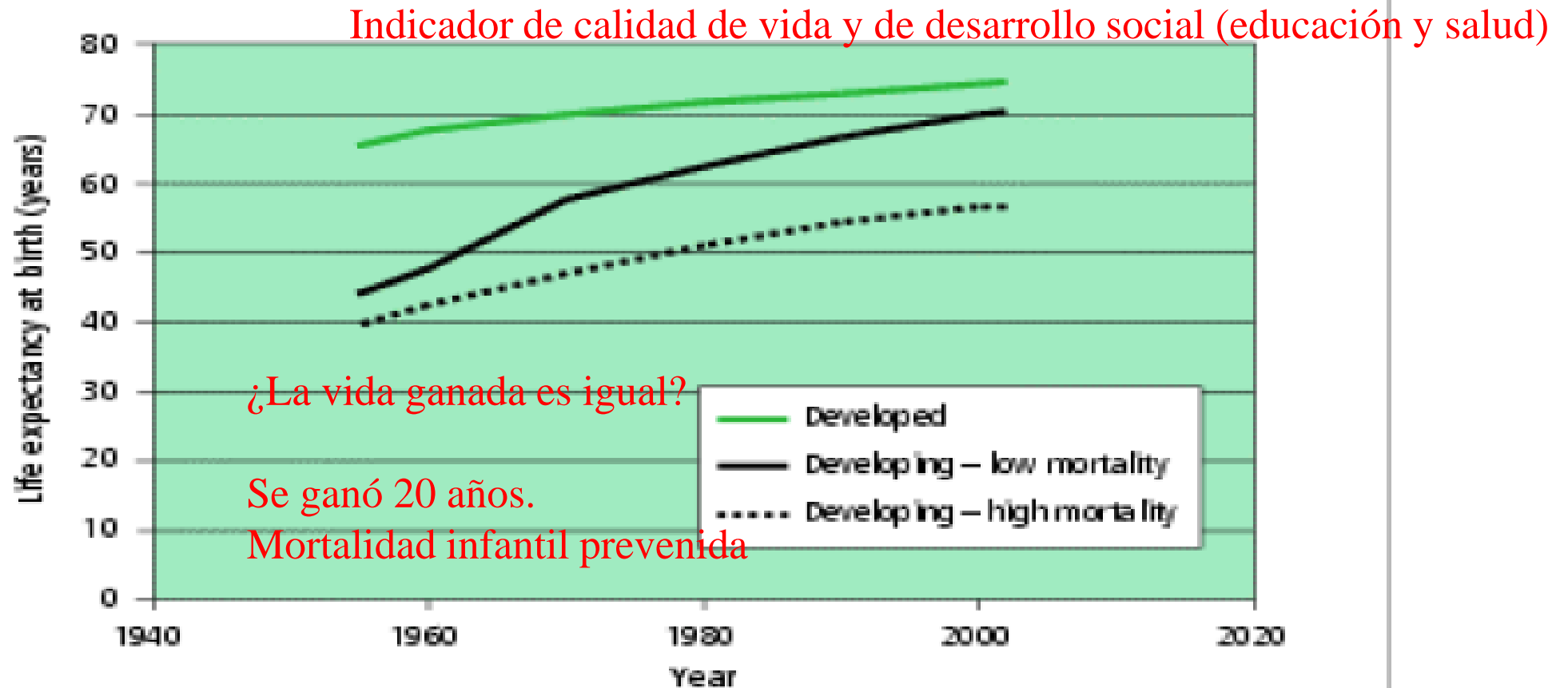
Mortalidad infantil, <1 año.

Barrera de los 80 años. Después desacelera la mortalidad.

¿Expectativa de vida mayor al nacer o después del año?

Expectativa de vida al nacimiento en países desarrollados y países en desarrollo con baja y alta mortalidad

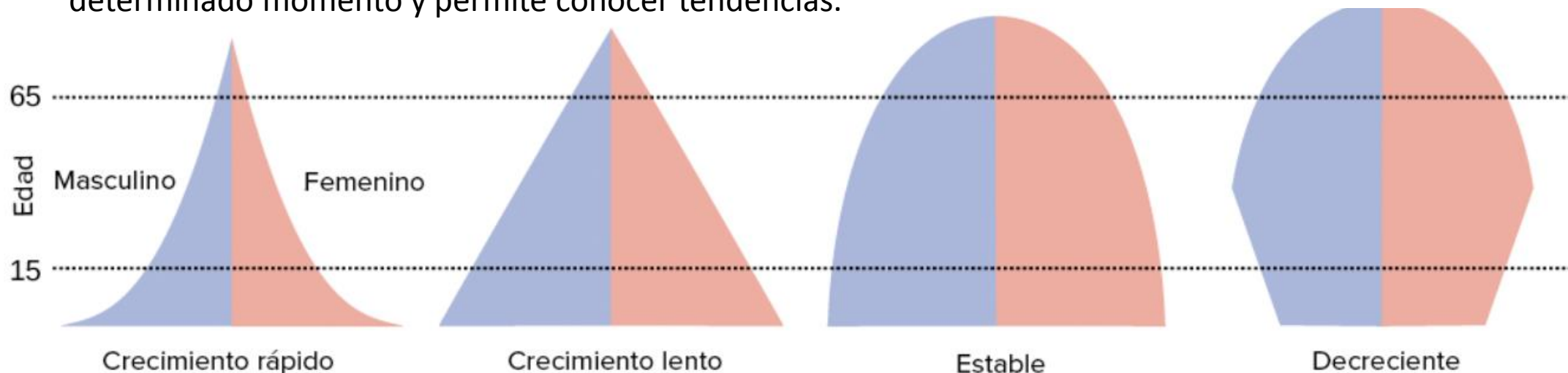
Figure 1.1 Life expectancy at birth: developed and developing countries, 1955–2002



Note: The term developed countries includes Australia, Canada, European countries, former Soviet countries, Japan, New Zealand and the USA. High-mortality developing countries include those in sub-Saharan Africa, and countries with high child and adult mortality in Asia, Central and South America and the Eastern Mediterranean. Other developing countries are referred to as "developing - low mortality".

PIRAMIDES POBLACIONALES

Forma que habitualmente representamos la estructura de la población humana por edad y sexo en un determinado momento y permite conocer tendencias.



países económicamente menos desarrollados en donde la esperanza de vida está limitada por el acceso a la atención médica y otros recursos.

Italia. Crecimiento poblacional cero. La estructura poblacional con forma de domo o silo, con un mayor porcentaje de gente de mediana edad y de edad avanzada que la de crecimiento lento.

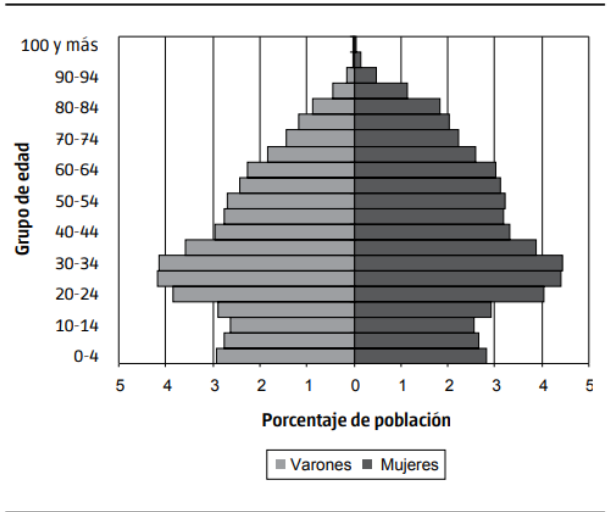
Japón. se reduce hacia su base, lo que refleja que los jóvenes son una pequeña fracción de la población.

Estos datos se combinan con otra información: histórica, guerras, políticas de control de natalidad, migraciones etc

Vértice marcado (crecimiento acelerado). Alto % de clase de edad < 15 años.

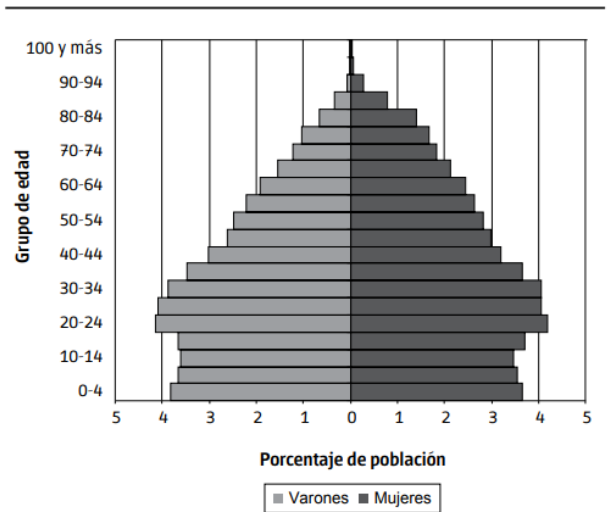
Decrece hasta invertirse en relación a la base. > % edad media y avanzada. Menos edad reproductiva.

Gráfico 1
Pirámide de población de la Ciudad de Buenos Aires. Año 2010



Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

Gráfico 2
Pirámide de población de la zona sur. Comunas 4, 8 y 9. Ciudad de Buenos Aires. Año 2010



que presenta el conjunto de la Ciudad, probablemente más influenciada por migraciones de los grupos adultos o por las tasas anteriores de natalidad, más altas que las actuales. En toda la jurisdicción, el peso de la población mayor de 65 años es, proporcionalmente, muy superior (16%) respecto de lo que sucede en la zona delimitada por el estudio. Esta condición hace que la Ciudad tenga un comportamiento demográfico que la asimila a algunos países de Europa: se trata de una población envejecida, lo que también se expresa en la edad mediana de la población, que para el último censo es de 37,2 años (similar a la de España y a la de Francia), mientras que para todo el país es de 27,8 años. En la zona sur, el porcentaje de población de 65 años y más es del 13 por ciento.

El promedio de años de estudio de la población que tiene 25 años y más es 12,6 años para el conjunto de la Ciudad, en tanto que en las comunas 1, 4, 8 y 9 varía entre 10,0 y 11,9, y en las Comunas 2, 13 y 14 supera los 14 años de estudio (14,7, 14,1 y 14,3, respectivamente).³ Es decir que, en un espacio geográfico reducido, la posibilidad de completar el nivel secundario y de acceder al nivel superior está distribuida desigualmente entre la zona norte y la zona sur, existiendo una distancia de 4,7 años entre los valores extremos.

Entre 2001 y 2010, la población de villas y asentamientos precarios creció de 107.442 a 170.054. Según el Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, el 5,8 % de la población de la CABA vive

Base angosta

< Presencia de jóvenes

< Continuidad entre diferentes grupos etarios

¿Por qué?

Parámetro	Ecuación	
Tasa Reproductiva Básica	$R_0 = \sum l_x \cdot m_x$	medida de síntesis del crecimiento de la población pondera la mortalidad en cada edad. Si no hubiera mortalidad, Ro sería similar a la suma de mx.
Tiempo Generacional	$T = \frac{\sum x \cdot l_x \cdot m_x}{\sum l_x \cdot m_x}$	el promedio de edad de los padres para todas las crías producidas por una cohort.
Tasa intrínseca de crecimiento (Aproximación)	$r = \frac{\ln R_0}{T}$	
Tasa intrínseca de crecimiento (Cálculo exacto por Ec. Euler)	$\sum_{x=0}^{x=w} e^{-r \cdot x} \cdot l_x \cdot m_x = 1$	
Valor Reproductivo	$\frac{V_x}{V_0} = \frac{e^{r \cdot x}}{l_x} \cdot \sum_{y=x}^{y(\max)} e^{-r \cdot y} \cdot l_x \cdot m_x$	combina la supervivencia futura esperada con la reproducción futura esperada, teniendo en consideración la contribución proporcional de un individuo a las generaciones futuras.

Aporte de crías a la siguiente generación que hacen los indiv de la edad x desde esa edad hasta el final de su vida.

TASA DE REPRODUCCION BASICA o NETA o de REEMPLAZO

Nº medio de descendientes producidos por cada individuo en su tiempo de vida.

Factor multiplicador para sp con generaciones discretas.

$$R_0 = \sum l_x \cdot m_x = (\sum F_x) / a_0 \quad R_0 > 1 \quad R_0 = 1 \quad R_0 < 1$$

Suma del Nº de huevos totales producidos por individuo sobreviviente en cada fase.

Nº de huevos producidos durante una G / Nº total de individuos de la cohorte original

Para sp anuales indica el grado en que la población ha aumentado o disminuido en ese tiempo.

Phlox drummondii $R_0=2,4$ ¿Qué significa?

¿Qué pasa si una población de saltamontes continua de generación en generación con un $R_0 = 2$?

Y con $R_0 = 0,51$?

Los parámetros de estadística vital y los esquemas de reproducción pueden variar de año a año.

R_0 mide el incremento de la población por generación, tiempo de la generación.

Se requiere tener información de varios años.

TIEMPO GENERACIONAL DE LA COHORTE

Edad promedio de los padres de la progenie producida por una única cohorte.

Edad promedio de reproducción.

Periodo promedio que transcurre entre el nacimiento de una madre y el de su descendencia.

x	lx	mx	lxmx	Xlxmx
0	1	0	0	0
1	0,9	0	0	0
2	0,7	3	2,1	2 x 0,7 x 3 = 4,2
3	0,1	3	0,3	3 x 0,1 x 3 = 0,9
			Σ = 2,4	Σ = 5,1

$$T = \frac{\sum Xlxmx}{\sum lxmx} = \frac{5,1}{2,4} = 2,125$$

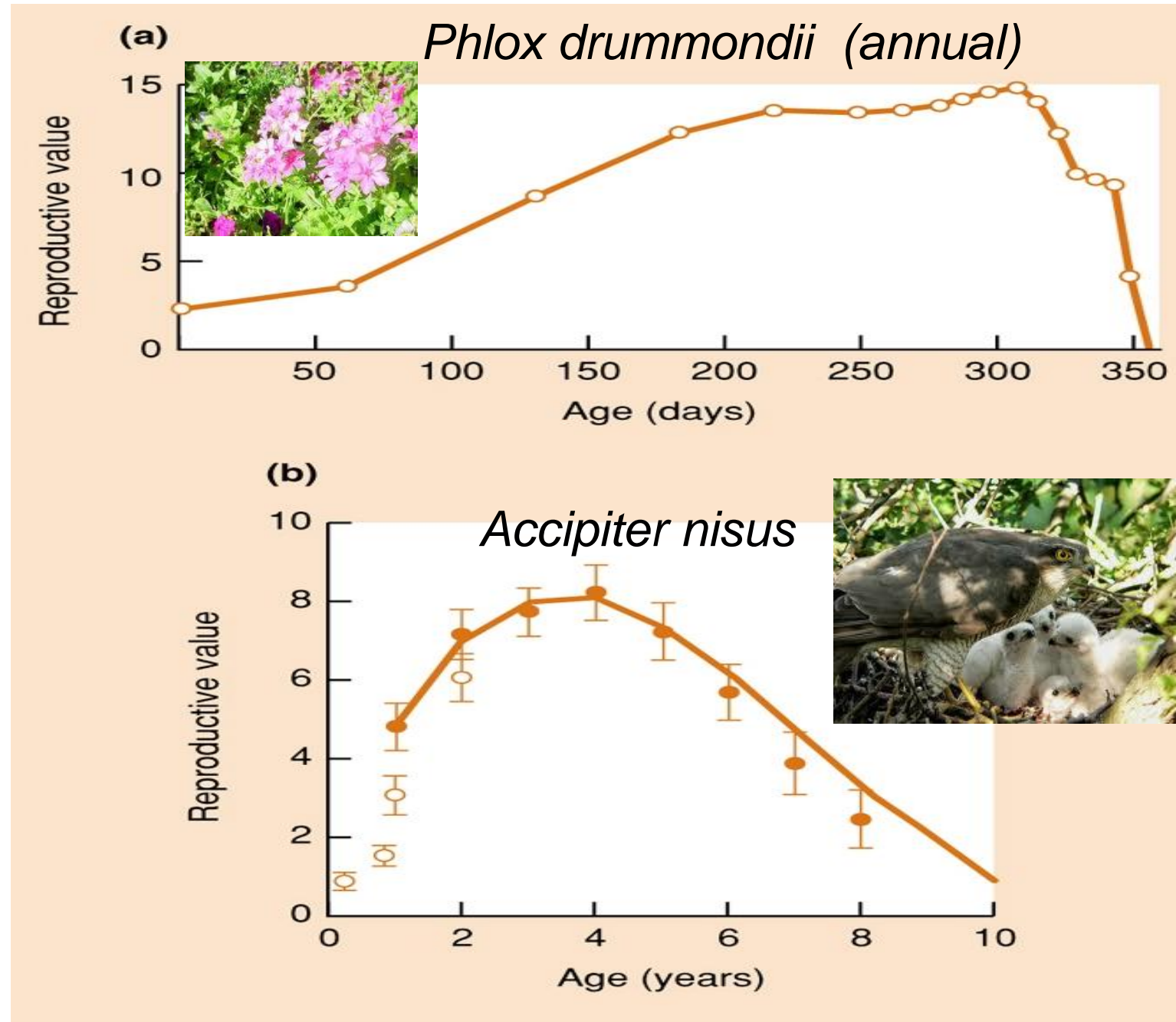
Edad a la que la mayor parte de los indiv tienen crías

_ $lx mx$ = No. Huevos x indiv de la cohorte original en cd clase x.

_ $\sum Xlxmx$: Suma total del tiempo transcurrido entre el nacimiento de un individuo inicial y todos y cada uno de sus descendientes.

Dos patrones de cambio del Valor Reproductivo con la edad

El concepto de **valor reproductivo** combina la supervivencia futura esperada con la reproducción futura esperada, teniendo en consideración la contribución proporcional de un individuo a las generaciones futuras.



VALOR REPRODUCTIVO

x	lx	mx	lxmx	Vx
0	1	0	0	$(1/1*0+0,9/1*0+(0,7/1)*3+ (0,1/1)*3)=2,4$
1	0,9	0	0	$0+2,1/0,9+0,3/0,9=2,66$
2	0,7	3	2,1	$2,1/0,7+ 0,3/0,7=3,42$
3	0,1	3	0,3	$0,3/0,1= 3 = lxmx / lx$

Aporte de crías a la siguiente generación que hacen los indiv de la edad x desde esa edad hasta el final de su vida.

$$\mathbf{Vx = mx + \Sigma(l_y / lx) m_y \text{ para } y= x + 1 \text{ hasta } y= \text{último estadio}}$$

Vx= contribución actual + contribución futura o residual

¿Cuál es el valor de un individuo en términos de progenie futura?

¿Es lo mismo eliminar un individuo senil que una hembra próxima a reproducirse?

Bibliografía

Krebs CJ (1994) Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance.

Begon M, Harper JL y Townsend CR (1996) Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell Sci., Oxford (Versión en español de la 2da. edición inglesa: (1990), Ed. Omega, Barcelona).

Caughley G (1977) Analysis of vertebrate populations. Wiley, New York.