

**PLAN PEDAGOGICO**

**CARRERA: Profesorado para la Educación Secundaria en Biología**

(DESDE EL 21/09 AL 02/10 de 2020)

**ASIGNATURA: Ecología y Etología**

**APELLIDO Y NOMBRE DEL DOCENTE: Román, Florencia Emanuela**

**DIA: Miércoles HORARIO: 19:00 HASTA 20:20; DIA: Viernes HORARIO: 19:00 HASTA 20:20.**

Los trabajos pueden ser enviados por e-mail a [florenciaemanuela@yahoo.com.ar](mailto:florenciaemanuela@yahoo.com.ar); o por classroom: <https://classroom.google.com/c/MTI1NDA1Mjc3MDI4?cjc=irliq4b> Clave: irliq4b

**CONTENIDO O TEMA A DESARROLLAR**

**Unidad 3: Estructura y dinámica de las poblaciones**

Tablas de vida y fertilidad. Curvas de supervivencia.

**GUIA O ACTIVIDADES**

**Actividades:**

Para analizar la importancia de diferentes factores sobre el destino de una población se puede tomar como marco de referencia el análisis de las variaciones del tamaño poblacional entre generaciones. Los nacimientos (o natalidad) y las muertes (o mortalidad) son dos aspectos centrales que es necesario cuantificar para comprender la dinámica de una población en el tiempo. La tabla de vida es una representación en formato de filas y columnas del patrón de mortalidad de una cohorte de individuos.

Puede considerarse un resumen de la estructura interna de una población (número de integrantes de diferentes edades), así como de algunos parámetros que pueden inferirse de esta estructura, relevantes para la comprensión de la variación de la población en el tiempo.

**TABLA DE VIDA HORIZONTAL O POR COHORTES O DINÁMICA**

Estas tablas de vida se construyen siguiendo el proceso de mortalidad que experimenta una cohorte. Una cohorte es un grupo de individuos de la misma edad (generalmente se comienza con la menor edad o estadio o etapa: por ejemplo huevo o semilla). A partir del número de sobrevivientes que van quedando a lo largo del tiempo (tiempo durante el cual la cohorte avanza en edad y/o estadio de su ciclo vital).

**Ejemplo de tabla de vida horizontal**

- 1- Complete la tabla de vida para el cirrípedo *Balanus glandulata* utilizando las fórmulas anteriores planteadas en el texto.

Este cirrípedo se encuentra en las costas de Pile Point, Isla de San Juan, Washington. Los datos son del curso del año 1959, y empieza uno o dos meses antes del asentamiento. Los individuos se contaron cada año hasta 1968, año en el que ya habían muerto todos. Fuente: Connell (1970).

Luego puede verificar los resultados en Tabla de Vida. Resultados. Tabla 1.11

X (edad)	n <sub>x</sub> (Nº indiv. Vivos cada año)	l <sub>x</sub> (proporción de sobrevivientes)	d <sub>x</sub> (Nº de pérdidas)	q <sub>x</sub> (tasa de mortalidad)	e <sub>x</sub> (esperanza media de vida)
0	142				
1	62				
2	34				
3	20				
4	15,5 <sup>b</sup>				
5	11				
6	6,5 <sup>b</sup>				
7	2				

8	2				
9	0				

<sup>b</sup> Número estimados de vivos.

2- La Tabla 1 muestra una tabla de vida por cohortes del lagarto *Lacerta vivipara*. La columna  **$N_x$**  resume los datos crudos referidos a la cantidad de individuos que quedan vivos en la edad  **$x$** .

a) Complete la tabla de vida que se representa en la Tabla 1.

x (Edad en años)	$N_x$	$m_x$ (Promedio de hembras/hembra de edad $x$ )	$l(x)$	$d(x)$	$q(x)$
0	500	0			
1	212	0,08			
2	154	2,94			
3	79	4,13			
4	28	4,88			
5	5	6,5			
6	4	6,5			
7	2	6,5			

Tabla 1. Tabla de vida horizontal del lagarto *Lacerta vivipara*.

### TABLA DE VIDA VERTICAL O ESPECÍFICA POR EDADES O ESTÁTICA

Las tablas de vida verticales son aquellas que se construyen a partir del registro de la estructura de edades de una población en un momento determinado. Aquí se consideran las mismas columnas que en la tabla de vida horizontal y su cálculo es el mismo. Los  $l_x$  se calculan tomando la cantidad de individuos en la menor clase de edad como  $l_0=1$ . La restricción que tiene la elaboración de este tipo de tabla de vida es que la población que se estudia debe ser estacionaria, es decir debe tener una distribución estable por edades (= estructura de edades constante = abundancia relativa de las diferentes edades constante) y no debe haber variado su densidad antes del momento en que se censó o muestreó la población. Si la población tiene distribución estable por edades pero su densidad es fluctuante, entonces dicha población no es estacionaria y por lo tanto se restringe el uso de tablas de vida vertical.

#### Ejemplo de tabla de vida vertical

LOWE (1969) estudió la demografía del ciervo rojo en la isla de Rhum. Registró la edad de los ciervos que murieron desde 1957 hasta 1966. Por ejemplo, si se encontraba un ciervo en 1961 cuya edad se calcula en 6 años, se asume que en 1957 ese ciervo tenía dos años. De esta manera Lowe reconstruyó la estructura de edades de la población de 1957. Obviamente, hubiera sido más sencillo obtener la misma información por medio de la caza no selectiva y verificación de la edad, de un número elevado de ciervos en 1957. La Tabla 2 representa la tabla de vida estática que se construyó a partir de los datos de Lowe. Puede observarse que se registraron más individuos de 7 años que de 6 y más de 15 que de 14 años. Por lo tanto hubo muertes

"negativas" (ver columna  $d(x)$ ), lo cual no tiene sentido biológico. Esto muestra que puede haber fallas al elaborar este tipo de tablas de vida. Sin embargo, estos datos pueden ser útiles aún si se quiere tener una idea general de la supervivencia específica de edades con anterioridad a 1957. Por esta razón, mediante técnicas de interpolación (por ejemplo medias móviles o ajuste de ecuaciones empíricas), se pueden ajustar o "suavizar" las variaciones de la cantidad de individuos entre las edades 2-8 y 10-16 a fin de asegurar una disminución continua de la supervivencia en ambos períodos. Lowe también se interesó por la fecundidad específica por edades, de modo que examinó las hembras que encontró durante su estudio y pudo derivar una secuencia de la fecundidad de las hembras correspondiente a cada edad (columna  $m(x)$ ).

3- A) Complete la tabla de vida que se presenta en la Tabla 2.

X (años)	N(x)	N(x) corregido	m(x)	l (x)	d(x)	q(x)
1	129	129	0			
2	114	119	0			
3	113	113	0,311			
4	81	91	0,278			
5	78	79	0,302			
6	59	65	0,400			
7	65	63	0,478			
8	55	58	0,358			
9	25	35	0,447			
10	9	15	0,289			
11	8	9	0,283			
12	7	8	0,285			
13	2	4	0,283			
14	1	3	0,282			
15	4	2	0,285			
16	2	1	0,284			

Tabla 2. Tabla de vida vertical. (Adaptado de BEGON et al. 1996).

b) ¿En qué edad es más intensa la mortalidad? ¿En qué edad es menos intensa?

### Curvas de supervivencia

A esta forma gráfica, se llega mediante una "tabla de vida", confeccionada a partir de recuentos periódicos de los sobrevivientes de una cohorte.

Las variables consideradas en una tabla de vida (RICKLEFS, 1998) son:

- supervivencia de individuos recién nacidos hasta la edad "x";
- fecundidad a la edad "x";
- proporción de individuos de edad "x" que fallecen a la edad "x+1";
- proporción de individuos de edad "x" que sobreviven a la edad "x +1".
- expectativa de vida de los individuos de edad "x";
- tasa de mortalidad exponencial.

Con los datos de la tabla de vida se puede representar gráficamente la variación numérica de una cohorte a lo largo del tiempo y así obtener una curva de supervivencia. Esta curva es "dinámica" porque sigue la evolución de una población según los cambios en número durante un lapso de tiempo, o hasta la muerte del último individuo de la cohorte.

**Ovis dalli.** El muflón o carnero de Dall, de Alaska. Relevamiento hecho en el Parque Nacional Mount McKinley (6.240 m), alta montaña de los Montes de Alaska, hecho por MURIE (1944).

El carnero se alimenta de musgos y líquenes. La causa principal de muerte es la depredación de los corderos, en especial cuando se extravían. Además incide en la mortalidad la inexperiencia de los jóvenes, lo que hace que caigan víctimas del viento en los precipicios. Conforme se van haciendo viejos, tienden a volverse artríticos y por ello alcanzados con facilidad por los lobos (HUTCHINSON: 128). La siguiente tabla muestra la evolución de una cohorte de 1.000 individuos.

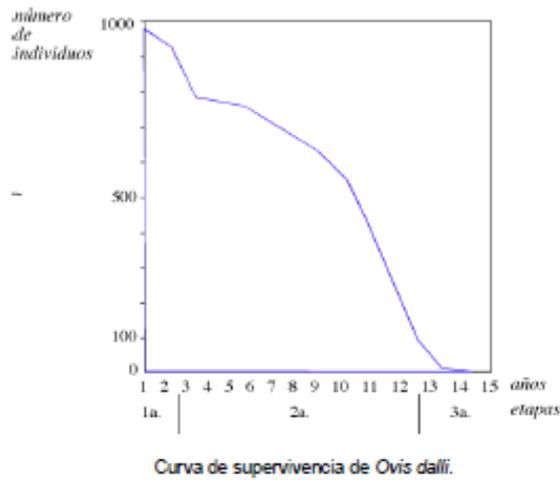


*Ovis dalli* (de R. de la Fuente, 1981).

La duración de la vida del carnero puede dividirse en tres etapas: la etapa juvenil con mortalidad elevada, la etapa adulta con mortalidad baja constante y la etapa senil con mortalidad elevada pero supervivencia larga de los más fuertes.

Tabla de vida de *Ovis dalli*. "lx": número de sobrevivientes como fracción de los recién nacidos (por mil).

no. Individuos	edad	lx	%
608	1	1000	100
487	1,5	946	94
480	2,5	801	80
472	3,5	789	78
465	4,5	776	77
447	5,5	734	73
419	6,5	688	68
390	7,5	640	64
348	8,5	571	57
268	9,5	439	44
154	10,5	252	25
59	11,5	96	9,5
4	12,5	6	0,6
2	13,5	3	0,3
0	14	0	0



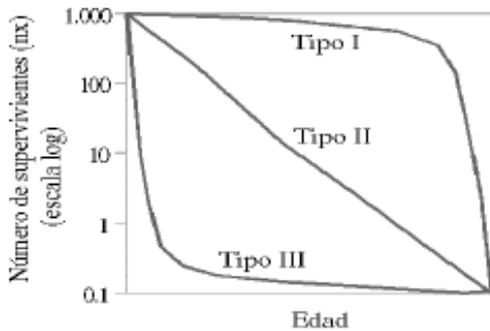
lx: número de sobrevivientes como fracción de los recién nacidos.

### Tipo de curvas de supervivencia

Básicamente podemos decir que existen tres tipos de curvas de supervivencia (Begon *et al.*: 165):

- Tipo 1: una curva convexa, en la que la supervivencia inicial es alta y la mortalidad se presenta elevada al final de la vida. El ejemplo del hombre es próximo a esta curva, los animales cuidados en un zoológico.
- Tipo 2: una curva recta, que muestra posibilidades de muerte constante a lo largo del tiempo.
- Tipo 3: una curva cóncava que muestra una fuerte mortalidad juvenil y elevada tasa de supervivencia de aquellos que logran superar la etapa juvenil. Típico de peces, de insectos que tienen elevada cantidad de huevos, de los que sólo logran sobrevivir una reducida cantidad.

Estos tres tipos básicos de curvas de supervivencia fueron descriptos por Pearl (1928).



**Figura 2.** Curvas hipotéticas de supervivencia.

- 4- El objetivo de esta actividad es reconocer y ejercitar métodos disponibles para la elaboración de tablas de vida, distintos a los del clásico monitoreo de cohortes. Una excavación efectuada en un sitio de Ohio, EE.UU. permitió descubrir el cementerio del asentamiento de una población que permaneció en el lugar aproximadamente desde el año 800 hasta el año 1100. Se descubrieron 1289 esqueletos de restos humanos, los cuales fueron clasificados por la edad de su muerte. La Tabla 6 representa la serie  $D(x)$  correspondiente (Número de muertes en cada edad).

Edad $x$	$D_x$	$d_x$	$l_x$
0	226		
1	50		
2	52		
3	43		
4	25		
5	117		
10	94		
15	92		
20	63		
25	78		
30	115		
35	154		
40	97		
45	50		
50	33		

Tabla 6. Serie  $D_x$  (Adaptado de LOVEJOY et al. 1989)

- En base a la serie  $D(x)$  reconstruya los parámetros  $d(x)$  y  $l(x)$ .
- Elabore y analice la curva de supervivencia de esta población.

## BIBLIOGRAFIA

- De Viana, M.L. *et al.*. 2008. Guía teórico –Práctica de ecología. FCN. UNSa.
- Krebs, C.J. Ecología Análisis experimental de la distribución y abundancia. 1986. Ed. Pirámide, S.A. Madrid.

## Tablas de Vida

Una Tabla de Vida describe patrones de mortalidad de una población. Fueron desarrollados por demógrafos humanos que trabajaban en compañías de seguros de vida, que tenían interés de saber cuánto puede vivir la gente. Por tanto se cuenta con pocos datos otros animales o plantas. Es un resumen específico para cada edad y las tasas de mortalidad que operan sobre una población (Krebs C.J., 1986). Las tablas de vida pueden clasificarse en:

- Tabla de vida horizontal o de cohorte:** se basa en los sucesos que le ocurren a una cohorte (la cohorte en un grupo de individuos que tienen la misma edad cronológica) a lo largo de su vida. Es evidente que si se sigue a lo largo del tiempo el destino de individuos que nacieron en la misma época, a medida que van siendo afectados por las diversas causas de mortalidad, se obtiene un registro directo del número de muertos que permite elaborar una Tabla de Vida específica por edades (De Viana, M.L. *et al.* 2008).
- Tabla de Vida Vertical:** Es la basada a partir de la estructura por edades de la población en un momento dado a base de una estimación muestral o censal según el supuesto de que la población se halla estacionaria o con una considerable superposición de generaciones. Por lo que es fundamental de este tipo de Tabla de Vida el reconocimiento e identificación de edades de los individuos de la población (De Viana, M.L. *et al.* 2008).

La construcción de la Tabla de Vida se simboliza por letras y se lleva a cabo de la siguiente manera:

- $X$ : Intervalo de edad.
- $n_x$ : Es el número de individuos sobrevivientes al empezar el intervalo de edad  $x$ .
- $l_x$ : Proporción de individuos sobrevivientes al comenzar el intervalo de edad  $x$ .

$$l_x = n_x / n_0$$

- $d_x$ : Número de organismos que mueren durante el intervalo  $x$  a  $x+1$ .

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

- $q_x$ : Tasa de mortalidad durante el intervalo  $x$  a  $x+1$ .

$$q_x = d_x / n_x$$

- $e_x$ : Esperanza media de vida para los organismos al comienzo de la edad  $x$ .

$$e_x = T_x / n_x$$

Para el cálculo de  $e_x$ :

- $L_x$  (Estructura de edad de la tabla de vida): Número promedio de individuos vivos durante el intervalo de edad  $x$  a  $x+1$ .

$$L_x = \frac{n_x + n_{x+1}}{2}$$

- $T_x$ : Sumando los términos sacados de la tabla de vida, se obtiene un conjunto de valores expresados en unidades de (individuos x unidad de tiempo), que llamamos  $T_x$ .  $\infty$  representa la máxima edad alcanzada.

$$T_x = \sum_{x=\infty} L_x$$

Por ejemplo:  $T_4 = L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 + L_9 + \dots$

La parte de la tabla de vida que con mayor frecuencia se utiliza es la columna  $n_x$  (número de sobrevivientes al comenzar la edad  $x$ ). Este se expresa a menudo a partir de una cohorte inicial de 1.000, pero algunos demógrafos humanos prefieren una cohorte inicial de 100.000. Otros investigadores prefieren representar la columna  $l_x$  para mostrar la proporción de sobrevivientes. Los datos de  $n_x$  o  $l_x$  se representarán como una curva de supervivencia, y la fig. 1 muestra las curvas de supervivencia de la población humana de estados Unidos en 1972. Nótese que los valores de  $n_x$  están representados en una escala logarítmica.

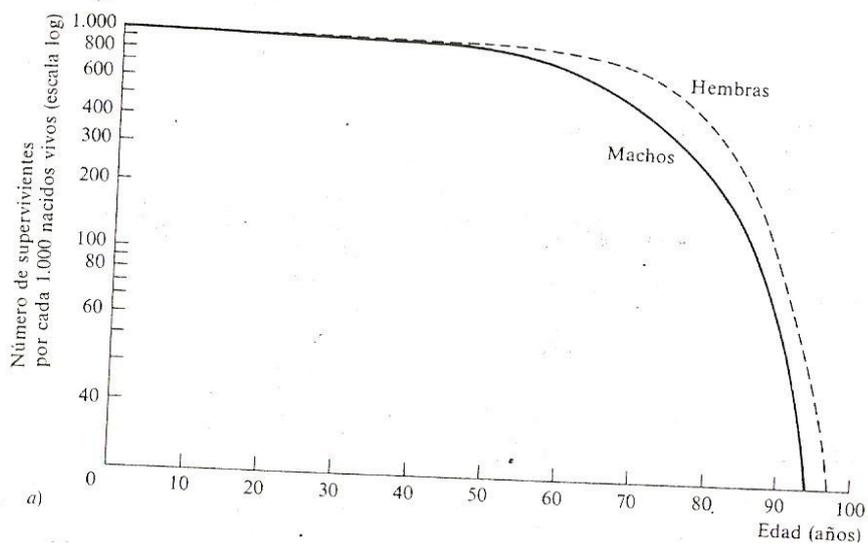


Fig. 1. Curva de supervivencia para todos los machos y hembras. Estados Unidos 1978.

### Curvas de Supervivencia

Pearl (1928), distinguió tres tipos generales de curvas de supervivencia (Fig. 11.2). Las curvas de **tipo I** son de poblaciones que tienen pocas pérdidas en las primeras edades y luego muchas entre los organismos más viejos. La curva de **tipo II** implica una tasa constante de mortalidad independientemente de la edad. Las curvas de **tipo III** indican una alta pérdida en las primeras edades, seguida de un período de pérdidas constantes y mucho más bajas. Ninguna población tiene una curva de supervivencia exactamente como estas ideales, pero algunas tienden a parecerse a alguno de los tres tipos. Las naciones desarrolladas tienen un tipo I de curva de supervivencia. Muchas aves tienen un tipo de curva II de supervivencia. Las curvas de tipo III se dan en muchos peces, invertebrados marinos y parásitos.

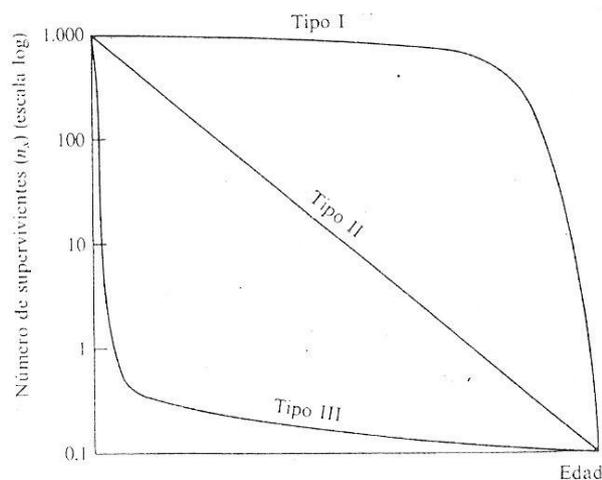


Figura 11.2.—Curvas hipotéticas de supervivencia. (Según Pearl, 1928.)

## Tasa intrínseca del aumento natural

Ahora debemos considerar la tasa de reproducción de una población y la manera de combinar las estimaciones de reproducción y la mortalidad para determinar los cambios netos de la población. Una forma de combinar los datos de reproducción y mortalidad en las poblaciones es utilizando el parámetro demográfico llamado Tasa intrínseca del aumento natural.

La capacidad innata de aumento es una característica de la población y depende de las condiciones del ambiente.

Los ambientes en la naturaleza varían continuamente. Cuando las condiciones son favorables, la capacidad de una población para aumentar es positiva, y el número aumenta; cuando las condiciones son desfavorables, la capacidad de una población para aumentar es negativa, y el número decrece. Darwin reconoció el contraste entre una elevada tasa potencial de aumento y la observación en la naturaleza de un cierto equilibrio.

Por tanto, en la naturaleza observamos una *tasa real de aumento* ( $r$ ) que varía continuamente como respuesta a cambios dentro de la población en la distribución de edades, la estructura social, la composición genética y la respuesta a cambios en los factores ambientales. En laboratorio, podemos eliminar los cambios desfavorables del tiempo atmosférico, proporcionar alimento ideal, eliminar los depredadores y las enfermedades; y en esta situación artificial podemos observar la *tasa intrínseca del aumento natural* ( $r_m$ ).

Definimos como tasa intrínseca del aumento natural ( $r_m$ ), a la tasa máxima de aumento alcanzado en una determinada combinación de temperatura, humedad, calidad de alimento, cuando la cantidad de alimento, espacio, y otros animales de la misma especie se mantienen en nivel óptimo, y las otras especies se excluyen totalmente del experimento (Andrewartha y Birch, 1954). Cuando determinamos  $r_m$  para cualquier organismo, los factores ambientales se separan en dos tipos:

- Óptimos:
  - a) Cantidad de alimento o nutrientes.
  - b) Espacio.
  - c) Densidad.
  
- No necesariamente óptimos pero controlados y especificados:
  - a) Calidad del alimento o nutrientes.
  - b) Temperatura.
  - c) Humedad.
  - d) Luz, etc.

Es decir que la tasa intrínseca del aumento natural se define arbitrariamente en base a una situación específica de laboratorio. Su importancia es el hecho que nos proporciona un modelo con el que podemos comparar las tasas reales de aumento, observadas en la naturaleza.

La tasa intrínseca del aumento natural depende de su fertilidad, longevidad y velocidad de desarrollo. Para cualquier población estas se miden por la tasa de nacimientos y la de muertes; pero estas varían con la edad. Lotka (1925) derivó una función que se llamó "tasa natural de aumento", para tener en cuenta los cambios de las tasas de nacimientos y muertes con respecto a la edad.

La porción de la tabla de vida que se necesita para calcular  $r_m$  es la columna  $l_x$ , la proporción de la población que sobrevive a la edad  $x$ . Igualmente, la tasa de nacimientos de una población se expresa mejor con un inventario de nacimientos según la edad. Esto es una tabla que da el número de descendientes hembras producidas por unidad de tiempo por hembras de edad  $x$  y se llama **tabla de fertilidad**.

Con estos datos podemos conseguir un estadístico útil, la tasa neta de reproducción ( $R_0$ ). Definimos como  $R_0$ :

$$\text{Tasa neta de reproducción} = (R_0) = \frac{\text{Nº de hijas nacidas en la generación } t+1}{\text{Nº de hijas nacidas en la generación } t}$$

$R_0$  es así la **tasa de multiplicación por generación** y se obtiene al multiplicar los inventarios de  $l_x$  y  $b_x$  y sumándolos en todos los grupos de edad.

$$R_0 = \sum_0 l_x b_x = \sum_0 V_x$$

TABLA 11.4

Tabla de supervivencia ( $l_x$ ) y tabla de fertilidad ( $b_x$ ) para mujeres de Estados Unidos, 1978

Grupo de edad	Edad del punto medio del intervalo, o central, $x$	Proporción de supervivientes de la edad central, $l_x$	Número descendientes hembras por mujer de edad $x$ por unidad de tiempo (5 años) $b_x = m_x$	Producto de $l_x$ y $b_x$ ( $V_x$ ) $l_x \cdot m_x$
0-9	5,0	0,9854	0,0	0,0
10-14	12,5	0,9836	0,0030	0,0029
15-19	17,5	0,9816	0,1310	0,1286
20-24	22,5	0,9785	0,2808	0,2748
25-29	27,5	0,9751	0,2800	0,2730
30-34	32,5	0,9713	0,1478	0,1436
35-39	37,5	0,9663	0,0473	0,0457
40-44	42,5	0,9583	0,0098	0,0094
45-49	47,5	0,9453	0,0005	0,0005
50-superior	—	—	0,0	0,0
				$R_0 = \sum_0 l_x b_x = 0,8785$

FUENTE: Statistical Abstract of the United States, 1982 (1982-1983).

En el ejemplo de la tabla 11.4, la población humana de los Estados Unidos, si continúa con estas tasas de 1973, podría multiplicarse 0,872 veces en cada generación. Si la tasa neta de reproducción es 1,0, la población se está reemplazando exactamente. Cuando la tasa neta de reproducción es inferior a 1,0, la población no se reemplaza y en este ejemplo, si estas tasas continúan durante mucho tiempo, la población perderá alrededor del 13% en cada generación si no hay inmigración.

### Tabla de vida

#### Resultados:

TABLA 11.1

*Tabla de vida para el cirripedo «Balanus glandula» en el nivel superior de la costa de Pile Point, isla de San Juan, Washington<sup>a</sup>*

Edad (años) $x$	Número observado de cirripedos vivos cada año ( $n_x$ )	Proporción de supervivientes al empezar el intervalo de edad $x$ ( $l_x$ )	Número de pérdidas dentro del intervalo de edad $x$ a $x + 1$ ( $d_x$ )	Tasa de mortalidad ( $q_x$ )	Esperanza media de vida posterior para los animales vivos al empezar la edad $x$ ( $e_x$ )
1959 0	142	1,000	80	0,563	1,58
1	62	0,437	28	0,452	1,97
2	34	0,239	14	0,412	2,18
3	20	0,141	(4,5)	0,225	2,35
4	(15,5) <sup>b</sup>	0,109	(4,5)	0,290	1,89
5	11	0,077	(4,5)	0,409	1,45
6	(6,5) <sup>b</sup>	0,046	(4,5)	0,692	1,12
7	2	0,014	0	0,000	1,50
8	2	0,014	2	1,000	0,50
1968 9	0	0,0	—	—	—

<sup>a</sup> Los datos son del curso del año 1959, y empieza uno o dos meses antes del asentamiento. Los individuos se contaron cada año hasta 1968, año en el que ya habían muerto todos.

<sup>b</sup> Número estimado de vivos.

FUENTE: Según Connell (1970).

$x$	$n_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
0	142	102	224	1,58
1	62	48	122	1,97
2	34	27	74	2,18
3	20	17,75	47	2,35
4	15,5	13,25	29,25	1,89
5	11	8,75	16	1,45
6	6,5	4,25	7,25	1,12
7	2	2	3	1,50
8	2	1	1	0,50
9	0	0	0	—