

MODELOS DE ESTADO

GENERALIDADES



Javier Rodríguez Barrios
Docente – Universidad del Magdalena
*Grupo de Ecología Neotropical - GIEN



ECOLOGÍA DE POBLACIONES

DEFINICIONES

Demografía

Inmigraciones

B_x
 m_x
 f_x

Nacimientos

N_1 =Crías
 N_2 =Juveniles
 N_3 =Adultos

Muertes

D_x
 S_x
 I_x

Emigraciones

Dinámica Poblacional



DEFINICIONES

- Representación ordenada de N, S y F en cada clase de **edad** o **estado**.
- Para construir las tv por lo general sólo se toma en cuenta a las hembras.

Supuestos:

- La población es cerrada (no hay emigrantes ni inmigrantes).
- Todos los individuos se reproducen durante la misma temporada.



DEFINICIONES

Tablas de vida horizontales o dinámicas: sigue a una cohorte desde que nacen hasta que mueren.

Se usan con poblaciones cuyas generaciones no se sobreponen y que presentan periodos de vida cortos.

Tablas de vida verticales o estáticas: sigue a la población completa (representantes de todas las cohortes) durante un periodo de tiempo más breve.

Se usan con organismos de vida larga y generaciones

TABLA DE VIDA POR COHORTE (DINÁMICA)

Table 4.4. Life table for a plant species.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
x	N_x	B_x	l_x	S_x	m_x	$l_x \cdot m_x$	$x \cdot l_x \cdot m_x$	$e^{-rx} \cdot l_x \cdot m_x$
0	1000	0	1.000	0.186	0.00	0.000	0.000	0
1	186	0	0.186	0.312	0.00	0.000	0.000	0
2	58	690	0.058	0.586	11.90	0.690	1.380	0.4730
3	34	465	0.034	0.647	13.68	0.465	1.395	0.2639
4	22	314	0.022	0.545	14.27	0.314	1.256	0.1475
5	12	201	0.012	0.417	16.75	0.201	1.005	0.0782
6	5	87	0.005	0.400	17.40	0.087	0.522	0.0280
7	2	35	0.002	0.000	17.50	0.035	0.245	0.0093
8	0	0	0.000	0	0	0	0	0
Total = R_0 =						1.792	5.803	1.0000
						T =	3.238	
						r_{est} =	0.180	
						r =	0.189	
						R =	1.208	



TABLA DE VIDA POR COHORTE (DINÁMICA)

N_x = número de individuos en la clase de edad x

S_x = proporción de sobrevivientes de la clase de edad x a la $x+1$

$l_x = N_x/N_0$ = Probabilidad de sobrevivencia desde el nacimiento hasta la clase de edad x

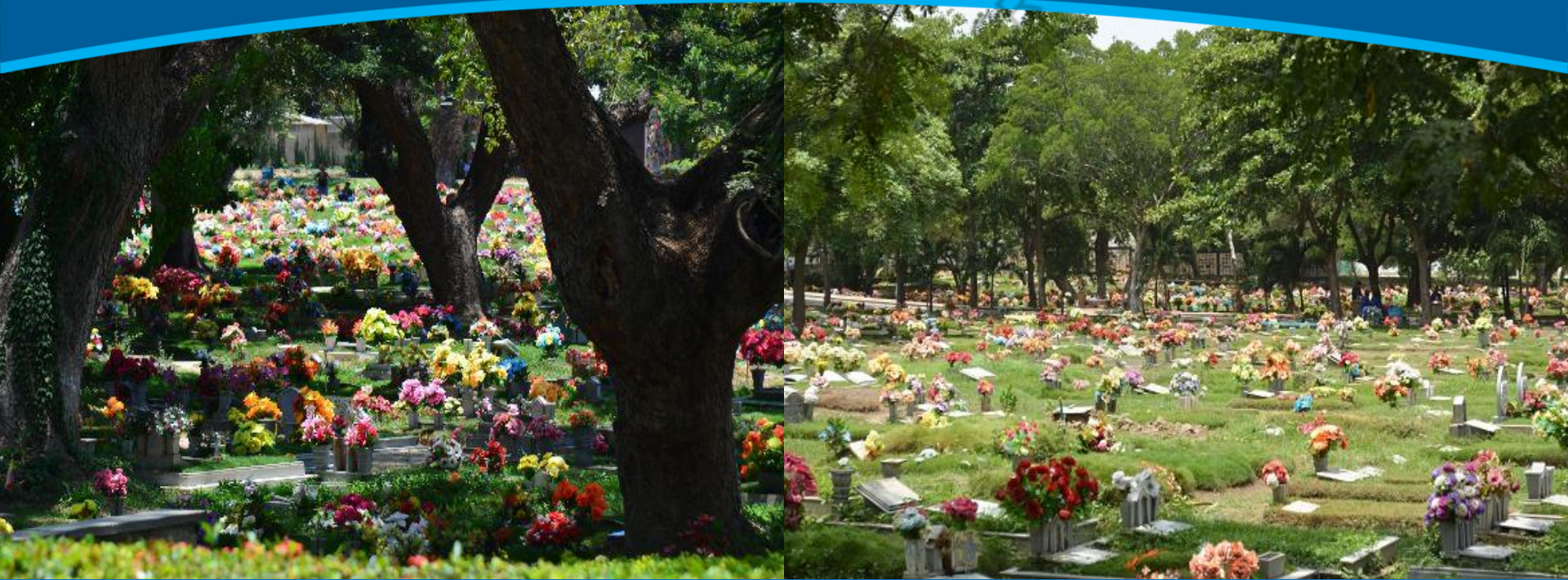
$b_x = m_x$ = Horario de maternidad. Número de crías que se espera tenga una hembra en la clase x .

Una tabla de vida puede construirse conociendo únicamente el número de organismos en cada categoría:

x	N_x	m_x
0	570	0
1	423	0,5
2	260	1,4
3	195	1
4	50	0,5

ESTUDIO DE CASO

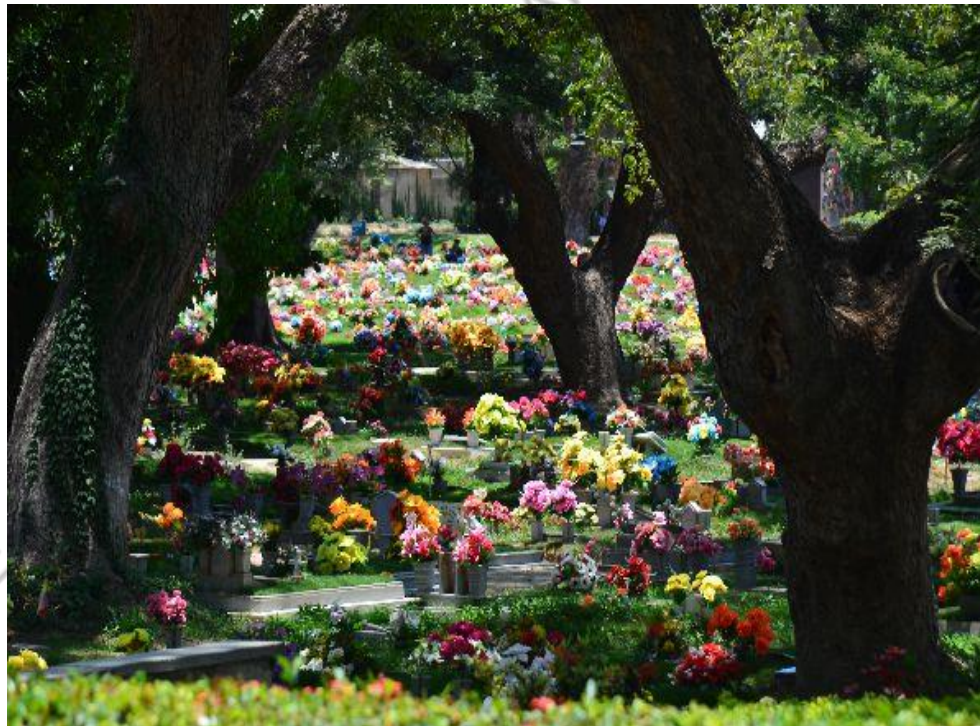
DEMOGRAFÍA DE CEMENTERIOS



EJERCICIOS CEMENTERIOS 2017-2

OBJETIVO

Evaluar la diferencia de supervivencia de las poblaciones en total y por separación de sexo e identificar su longevidad, en cuales se dará una respuesta para esto con los datos obtenidos de la recolección de los cementerios: San Miguel, Jardines la paz, Taganga y Santa Ana de Bonda.





EJEMPLO DE TABLAS DE VIDA

EJERCICIOS CEMENTERIOS 2017-2

Proporción de Supervivientes: No. de nacimientos en la clase de edad x a la clase de edad $x+1$.

$$S_x = \frac{N_{x+1}}{N_x}$$

N_{x+1} es el No de individuos vivos en la clase de edad $x+1$

N_x es No de individuos vivos en la clase de edad x .

Probabilidad de supervivencia: $l_x = \frac{N_x}{N_0}$

Donde N_0 es el número de individuos vivos en la primera clase de edad.

Esperanza de vida: $ex = \frac{T_x}{L_x}$

Donde L_x es el promedio de individuos del intervalo x a $x+1$.

$$L_x = \frac{N_x + N_{x+1}}{2}$$

Y T_x es la sumatoria de L_x .

EJERCICIOS CEMENTERIOS 2017-2

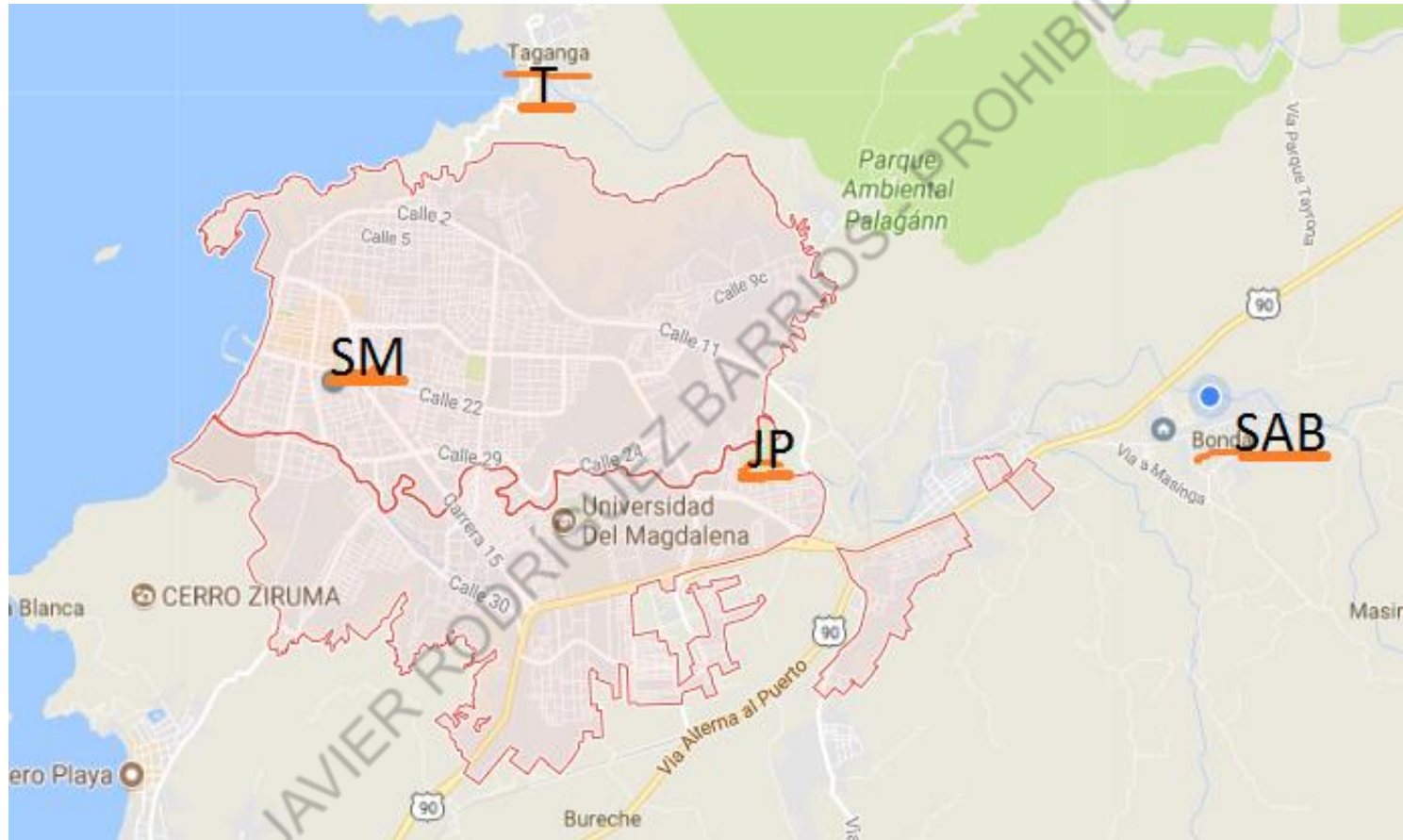


Figura 1. Mapa de la ciudad de santa marta con referencia de cada cementerio, donde (SAB) es el cementerio de Santa Ana de Bonda, (T) es el cementerio de Taganga, (SM) es el cementerio San Miguel y (JP) es el cementerio Jardines de Paz.



EJEMPLO DE TABLAS DE VIDA

EJERCICIOS CEMENTERIOS 2017-2

Tabla de vida general (hombres y mujeres)

Clase de edad	Frecuencia n_o	Vivos No	Supervivencia (Sx)	Tasa de supervivencia		Lx	Tx	Esperanza de vida (ex)
				(lx)				
0 - 9	1	122	0,99	1,00		121,50	788,00	6,49
10 - 19	4	121	0,97	0,99		119,00	666,50	5,60
20 - 29	4	117	0,97	0,96		115,00	547,50	4,76
30 - 39	10	113	0,91	0,93		108,00	432,50	4,00
40 - 49	13	103	0,87	0,84		96,50	324,50	3,36
50 - 59	11	90	0,88	0,74		84,50	228,00	2,70
60 - 69	18	79	0,77	0,65		70,00	143,50	2,05
70 - 79	31	61	0,49	0,50		45,50	73,50	1,62
80 - 89	19	30	0,37	0,25		20,50	28,00	1,37
90 - 99	9	11	0,18	0,09		6,50	7,50	1,15
100 - 110	2	2	0,00	0,02		1,00	1,00	1,00
Total	122							

EJERCICIOS CEMENTERIOS 2017-2

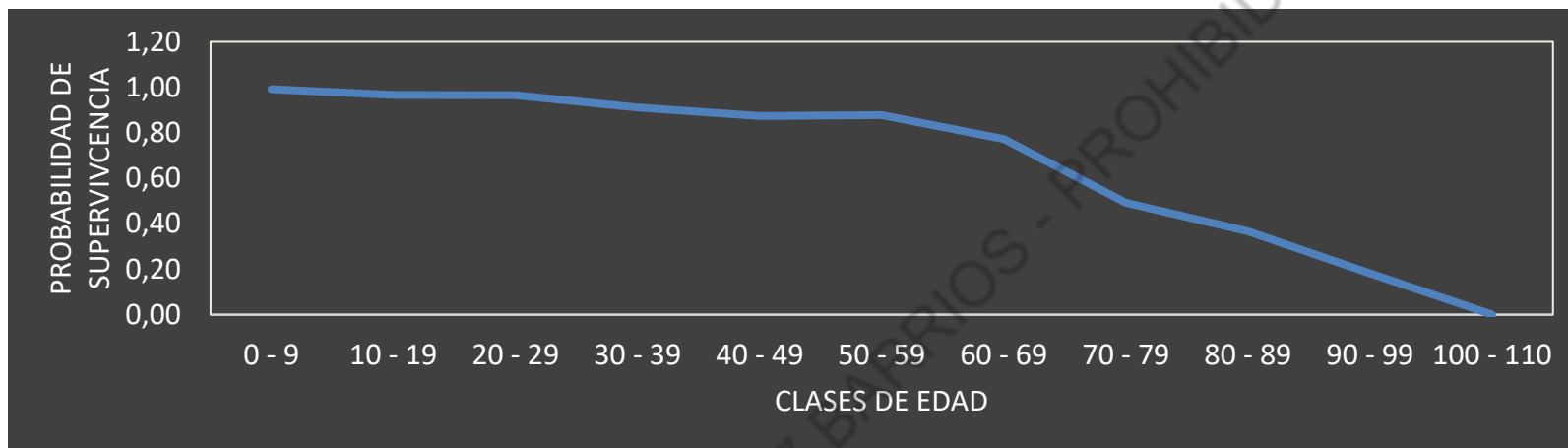


Figura 6. Curva de sobrevivencia general.

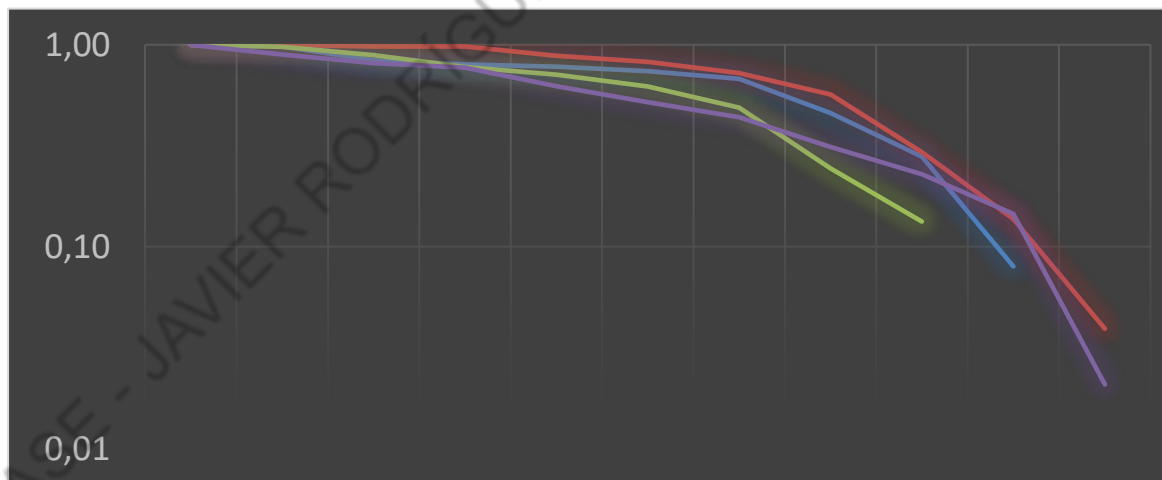


Figura 7. Curva de sobrevivencia en las mujeres en los distintos cementerios muestreados. Cementerio SAB en azul, T en naranja, SM en gris y JP en amarillo.



EJEMPLO DE TABLAS DE VIDA

EJERCICIOS CEMENTERIOS 2017-2

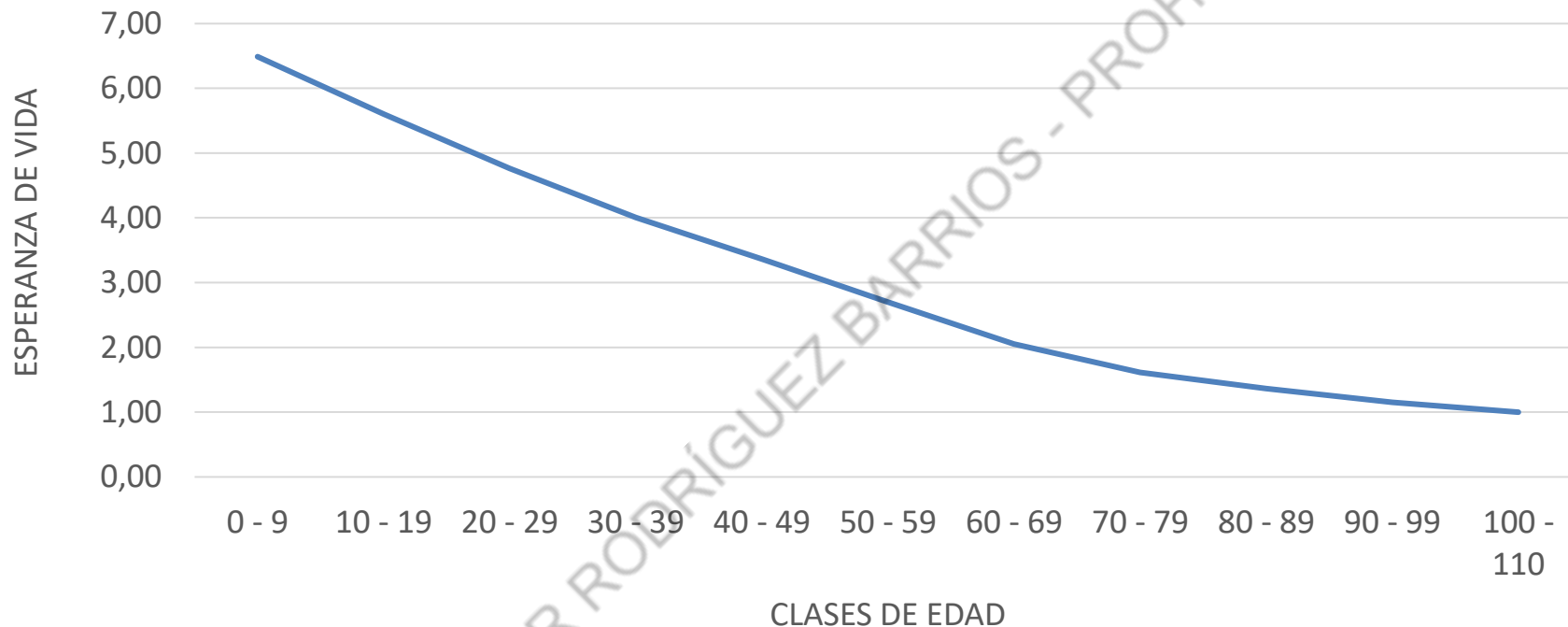
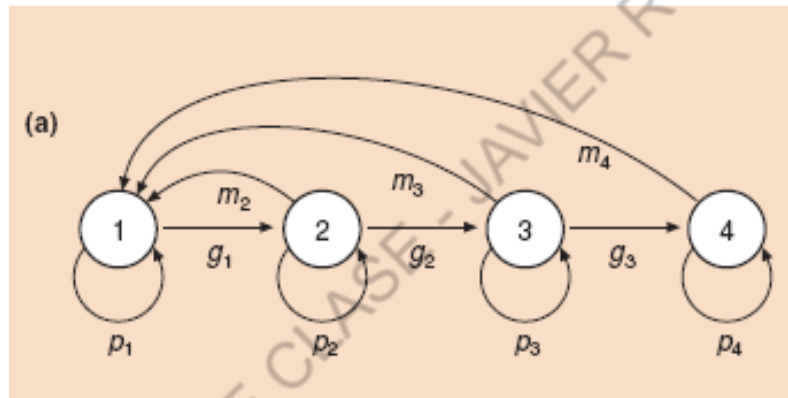


Figura 6. Curva de sobrevivencia general.

TABLAS DE VIDA

Table 4.5 A cohort life table and a fecundity schedule for the barnacle *Balanus glandula* at Pile Point, San Juan Island, Washington (Connell, 1970). The computations for R_0 , T_c and the approximate value of r are explained in the text. Numbers marked with an asterisk were interpolated from the survivorship curve.

Age (years)					
x	a_x	l_x	m_x	$l_x m_x$	$x l_x m_x$
0	1,000,000	1.000	0	0	
1	62	0.0000620	4,600	0.285	0.285
2	34	0.0000340	8,700	0.296	0.592
3	20	0.0000200	11,600	0.232	0.696
4	15.5*	0.0000155	12,700	0.197	0.788
5	11	0.0000110	12,700	0.140	0.700
6	6.5*	0.0000065	12,700	0.082	0.492
7	2	0.0000020	12,700	0.025	0.175
8	2	0.0000020	12,700	0.025	0.200
				1.282	3.928



R_0
 T
 r_{est}
 λ



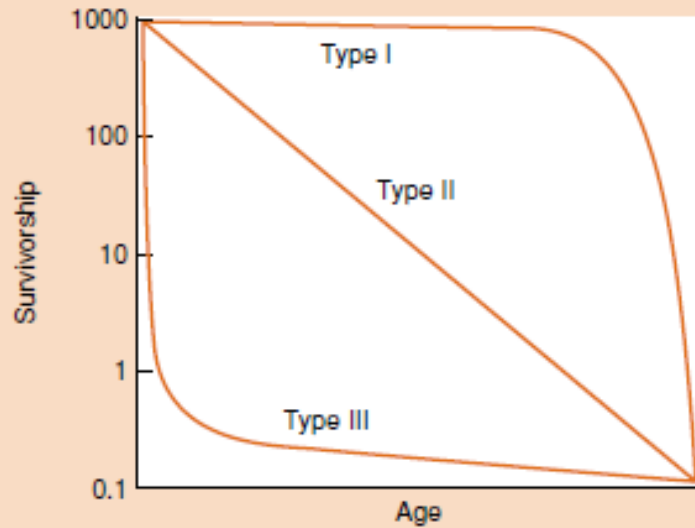


Fig. A classification of survivorship curves. **Type I** (convex) – epitomized perhaps by humans in rich countries, or animals in a zoo – describes the situation in which mortality is concentrated at the end of the maximum lifespan. **Type II** (straight) indicates that the probability of death remains constant with age, and may well apply to the buried seed banks of many plant populations. **Type III** (concave) indicates extensive early mortality, with those that remain having a high rate of survival subsequently. This is true, for example, of many marine fish, which produce millions of eggs of which very few survive to become adults. (Deevey, 1947).

TABLA DE VIDA POR COHORTE (DINÁMICA)

Table 4.2 Cohort life table for red deer hinds on the island of Rhum that were calves in 1957. (After Lowe, 1969.)

Age (years) x	Proportion of original cohort surviving to the beginning of age-class x l_x	Proportion of original cohort dying during age-class x d_x	Mortality rate q_x
1	1.000	0	0
2	1.000	0.061	0.061
3	0.939	0.185	0.197
4	0.754	0.249	0.330
5	0.505	0.200	0.396
6	0.305	0.119	0.390
7	0.186	0.054	0.290
8	0.132	0.107	0.810
9	0.025	0.025	1.000

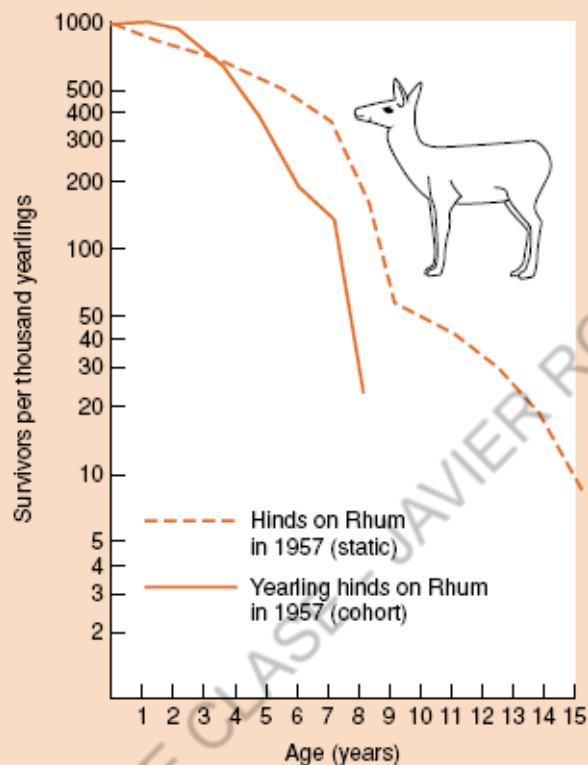


Figure 4.11 Two survivorship curves for red deer hinds on the island of Rhum. As explained in the text, one is based on the cohort life table for the 1957 calves and therefore applies to the post-1957 period; the other is based on the static life table of the 1957 population and therefore applies to the pre-1957 period. (After Lowe, 1969.)

$$d_x = l_x / l_{x+1}$$

$$q_x = d_x / l_x$$

TABLA DE VIDA ESTÁTICA

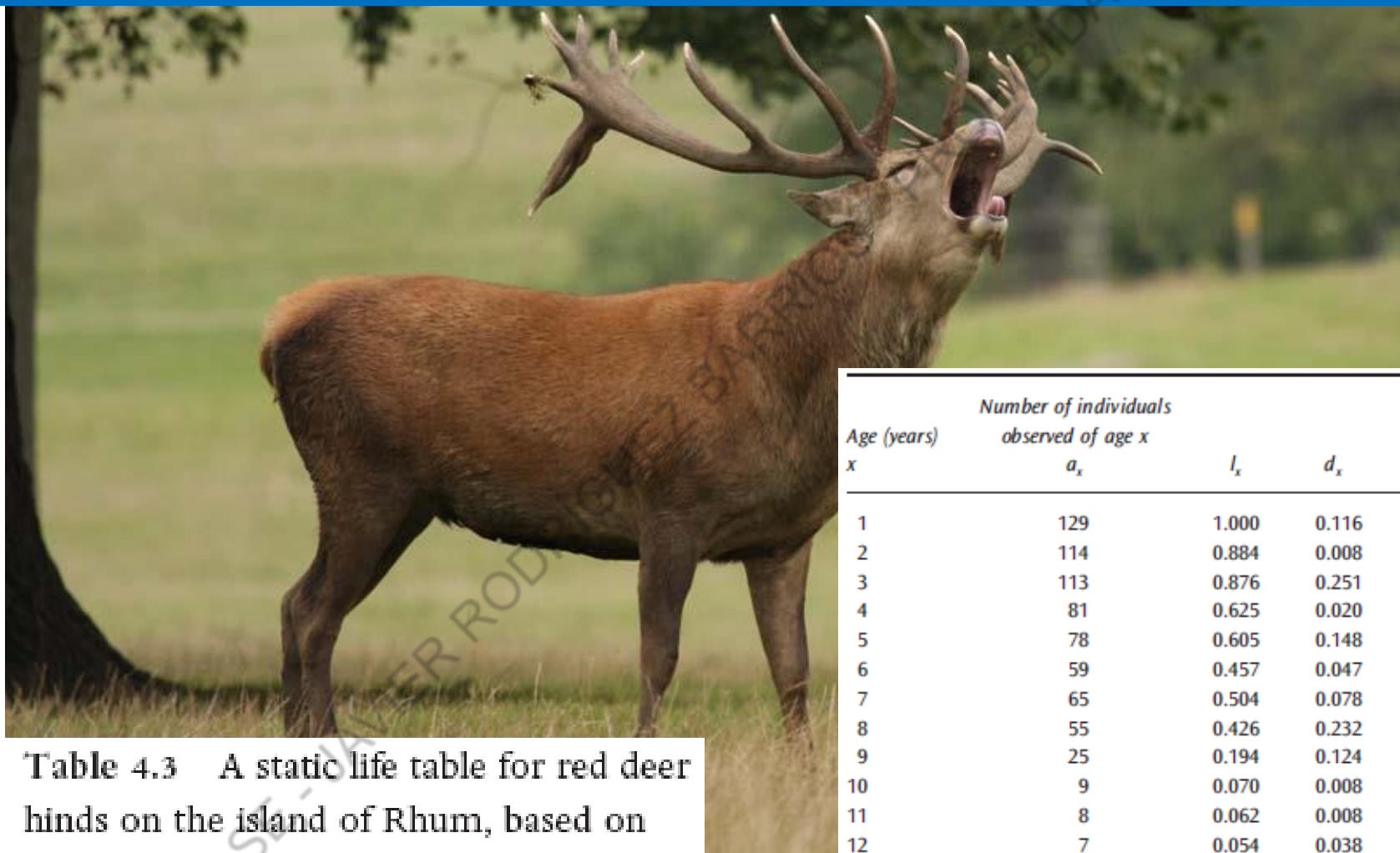


Table 4.3 A static life table for red deer hinds on the island of Rhum, based on the reconstructed age structure of the population in 1957. (After Lowe, 1969.)

Age (years) x	Number of individuals observed of age x			
	a_x	l_x	d_x	q_x
1	129	1.000	0.116	0.116
2	114	0.884	0.008	0.009
3	113	0.876	0.251	0.287
4	81	0.625	0.020	0.032
5	78	0.605	0.148	0.245
6	59	0.457	0.047	—
7	65	0.504	0.078	0.155
8	55	0.426	0.232	0.545
9	25	0.194	0.124	0.639
10	9	0.070	0.008	0.114
11	8	0.062	0.008	0.129
12	7	0.054	0.038	0.704
13	2	0.016	0.008	0.500
14	1	0.080	−0.023	—
15	4	0.031	0.015	0.484
16	2	0.016	—	—

Principales limitaciones de las tablas de vida

- Información limitada.
- Difícil estimar con precisión la edad de los individuos.
- No pueden usarse con ciclos de vida en los que las tasas de mortalidad y fecundidad dependen del tamaño o del estadio más que de la edad.

MODELOS DE ESTRUCTURA DE EDAD

Matrix Population Models

SECOND
EDITION

CONSTRUCTION, ANALYSIS, AND INTERPRETATION



Javier Rodríguez Barrios

Docente – Universidad del Magdalena

*Grupo de Ecología Neotropical - GIEN



MODELOS DE ESTRUCTURA DE EDAD

Modelo exponencial considera a los organismos idénticos (b y d independientes de la edad).

En que poblaciones “S y F” o “d y b” carecen de relevancia?

Aplicación: predecir en que momento los individuos se pueden retirar, manejar y/o reintroducir o repoblar.

Estructura de edades



**MODELOS
POBLACIONALES
MATRICIALES**

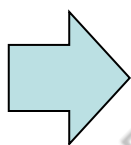
ESTRUCTURA DE EDADES

Ej: Censo de individuos: n edades (x), n_n individuos, Supervivencia (S_x) y Fecundidad (F_x). Se quiere proyectar la población.

Tabla de Vida

x	N_{xt}	S_x	F_x
0	n_0	S_0	F_0
1	n_1	S_1	F_1
2	n_2	S_2	F_2
...
n	n_n	S_n	F_n

Proyección matricial



LESLIE - L						N_{xt}		$N_{xt(1)}$
F_0	F_1	F_2	...	F_n		n_0		$n_{0(1)}$
S_0	0	0	..	0		n_1		$n_{1(1)}$
0	S_1	0	...	0	.	n_2	=	$n_{2(1)}$
0	0	0	
0	0	0	S_n	0		n_n		$n_{n(1)}$

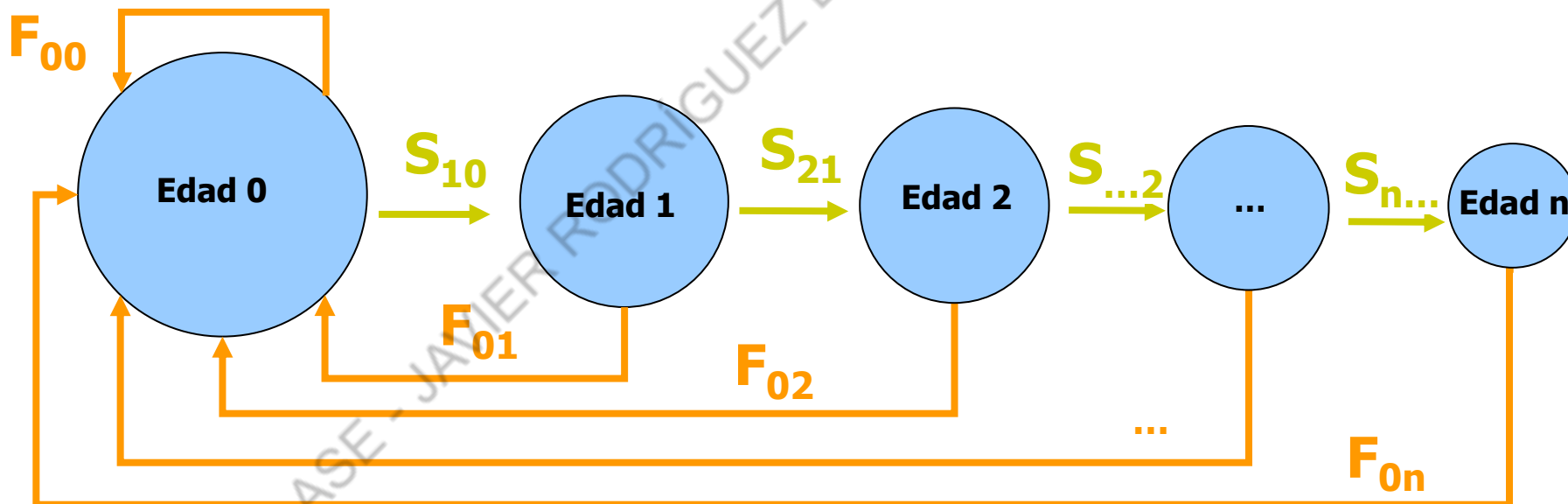
ESTRUCTURA DE EDADES

Tabla de Vida

x	N_{xt}	S_x	F_x
0	n_0	S_0	F_0
1	n_1	S_1	F_1
2	n_2	S_2	F_2
...
n	n_n	S_n	F_n

Proyección matricial

$$\begin{array}{c} t \\ t_1 \end{array} \begin{array}{c} 0 \quad 1 \quad 2 \quad \dots \quad n \end{array} \begin{array}{c} \text{LESLIE - L} \\ \begin{array}{ccccc} F_{00} & F_{01} & F_{02} & \dots & F_{0n} \\ S_{10} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & S_{21} & 0 & \dots & 0 \\ \dots & 0 & S_{\dots 2} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_{n\dots} & 0 \end{array} \end{array} \cdot \begin{array}{c} N_{xt} \\ n_0 \\ n_1 \\ n_2 \\ \dots \\ n_n \end{array} = \begin{array}{c} N_{xt(1)} \\ n_{0(1)} \\ n_{1(1)} \\ n_{2(1)} \\ \dots \\ n_{n(1)} \end{array}$$



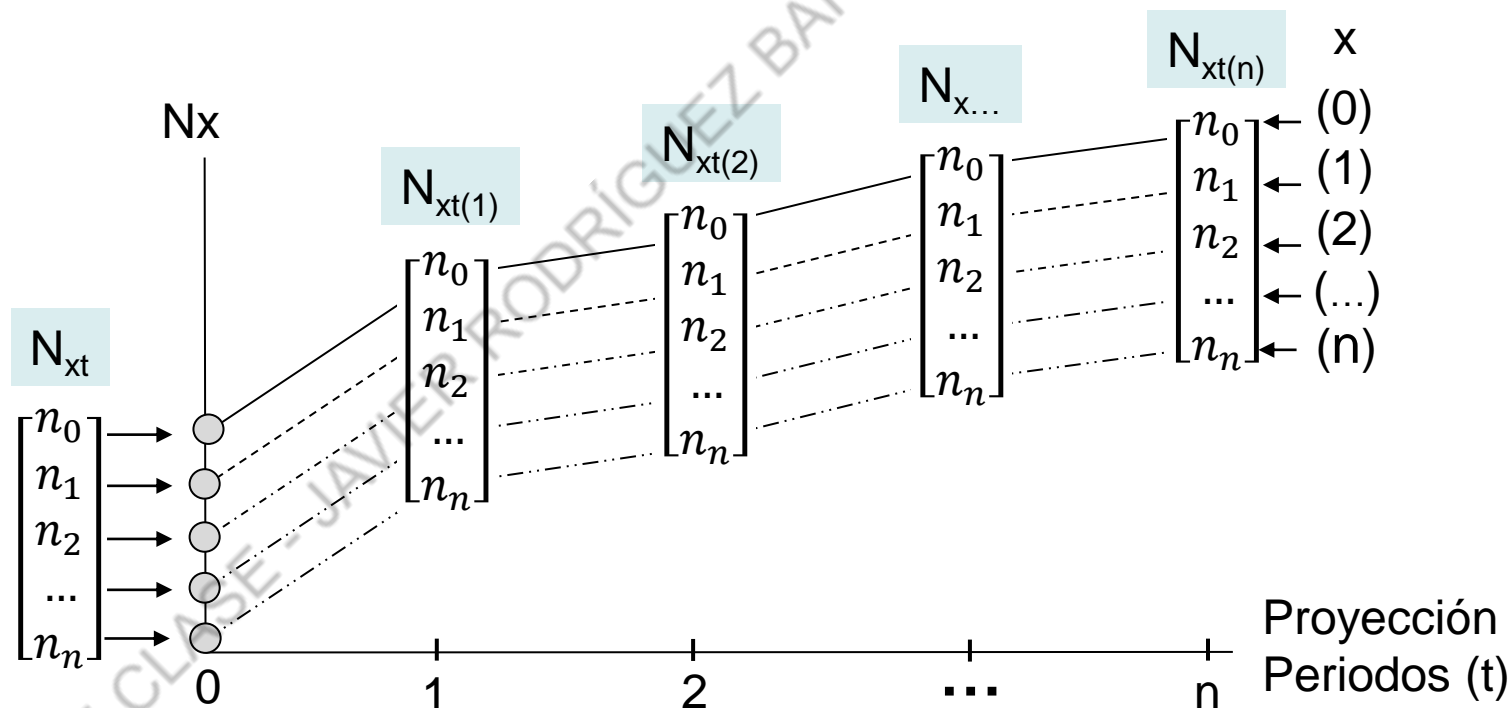
ESTRUCTURA DE EDADES

Tabla de Vida

x	N_{xt}	S_x	F_x
0	n_0	S_0	F_0
1	n_1	S_1	F_1
2	n_2	S_2	F_2
...
n	n_n	S_n	F_n

Proyección matricial

$$\begin{array}{c|c|c}
 \text{LESLIE - L} & N_{xt} & N_{xt(1)} \\
 \hline
 \begin{array}{c}
 F_0 \quad F_1 \quad F_2 \quad \dots \quad F_n \\
 S_0 \quad 0 \quad 0 \quad \dots \quad 0 \\
 0 \quad S_1 \quad 0 \quad \dots \quad 0 \\
 0 \quad 0 \quad \dots \quad \dots \quad 0 \\
 0 \quad 0 \quad 0 \quad S_n \quad 0
 \end{array} & \cdot \begin{array}{c}
 n_0 \\
 n_1 \\
 n_2 \\
 \dots \\
 n_n
 \end{array} & = \begin{array}{c}
 n_{0(1)} \\
 n_{1(1)} \\
 n_{2(1)} \\
 \dots \\
 n_{n(1)}
 \end{array}
 \end{array}$$



TALLER EN CASA

x	Nx	mx	Bx	lx	Sx	dx	px	qx	Fx (post)	Fx (preb)	lxmx	xlxmx	$e^{-rx}lxmx$
0	500	0	0	1	0,85	0,15	0,85	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	423	0,5	211,5	0,846	0,61	0,33	0,67	0,39	0,42	0,31	0,42	0,42	0,33
2	260	1,4	364	0,52	0,75	0,13	0,87	0,25	0,86	1,05	0,73	1,46	0,45
3	195	1	195	0,39	0,26	0,29	0,71	0,74	0,75	0,26	0,39	1,17	0,19
4	50	0,5	25	0,1	0,00	0,10	0,90	1,00	0,13	0,00	0,05	0,20	0,02
											1,59	3,25	1,00

Ro=	1,591
T=	2,042
r_{est}	0,227
Lambda=	1,039
r=	0,998

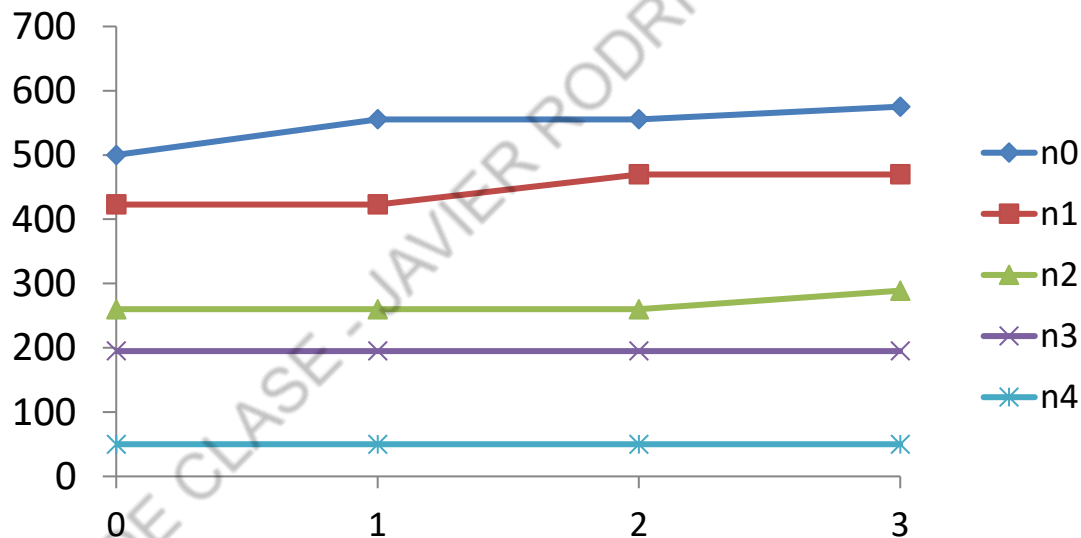
Postbreeding

Edad	0	1	2	3	4
0	Fo	F1	F2	F3	F4
1	So	0	0	0	0
2	0	S1	0	0	0
3	0	0	S2	0	0
4	0	0	0	S3	0



=MMULT(datos)

Edad	0	1	2	3	4	Nx_t	Nx_{t1}	Nx_{t2}	Nx_{t3}
0	0	0,42	0,86	0,75	0,13	500	555	555	575
1	0,85	0	0	0	0	423	423	470	470
2	0	0,61	0	0	0	260	260	260	289
3	0	0	0,75	0	0	195	195	195	195
4	0	0	0	0,26	0	50	50	50	50
Total						1428	1483	1530	1579



$\lambda = \text{Distribución estable}$

$$\lambda = \frac{\sum Nx_t}{\sum Nx_{t-1}}$$

$$\lambda = \frac{1579}{1530} = 1,03$$

ESTRUCTURA DE EDADES

Ej: Censo de peces: 26 peces de 1 año; 16 de 2 años; 12 de 2-3 años, etc.

Notación en
tiempo actual

$$\begin{pmatrix} 26 \\ 16 \\ 12 \\ 12 \end{pmatrix}$$

Notación en
términos de N_{xt}

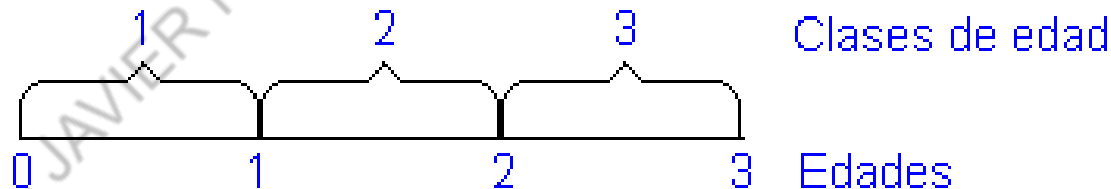
$$\begin{matrix} N_{xt} \\ \begin{pmatrix} n_1(t) \\ n_2(t) \\ n_3(t) \\ n_4(t) \end{pmatrix} \end{matrix}$$

ESTRUCTURA DE EDADES

Restricciones del modelo.

1. Se trabaja con intervalos o lapsos de tiempo iguales.
2. Crecimiento continuo es aproximado pues trabaja con clases de edad.

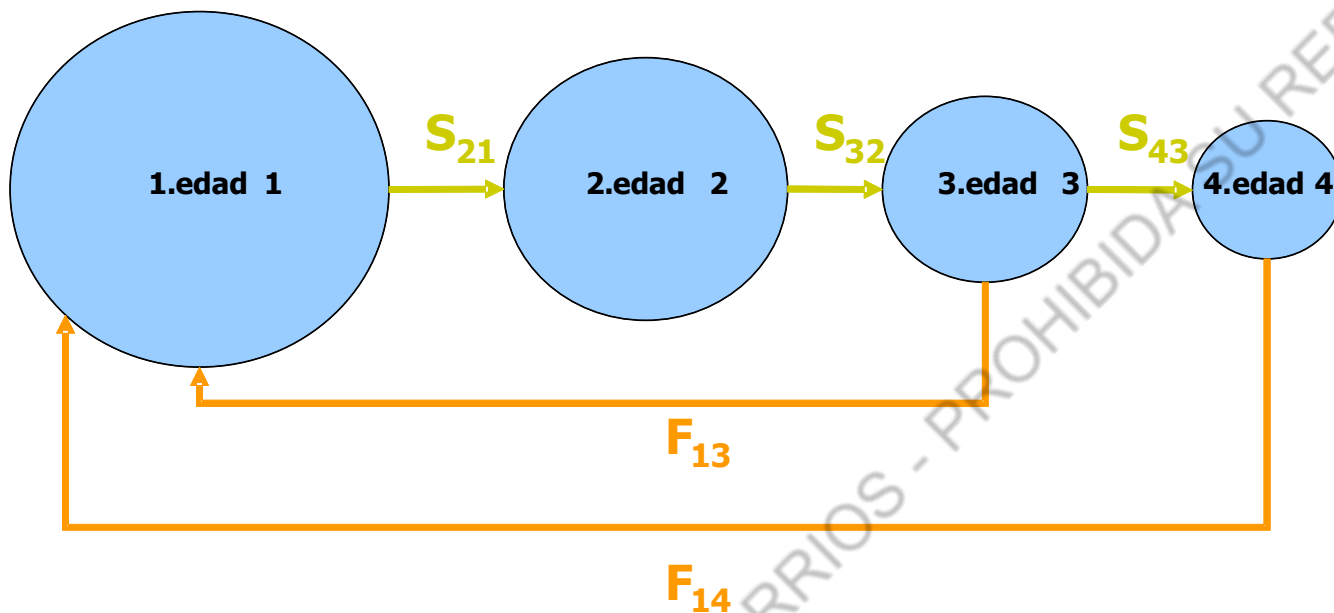
Gotelli trabaja con *clases de edad*, Akcakaya trabaja con *edades*.



ESTRUCTURA DE EDADES

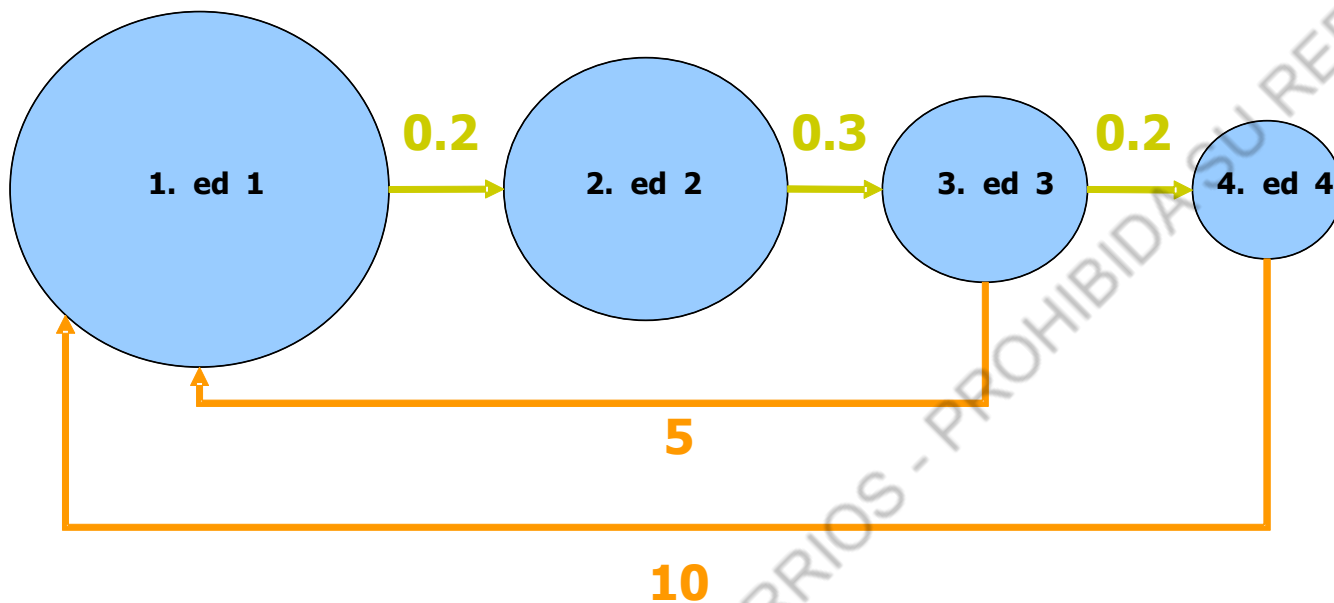
Supuestos del modelo.

1. Organismos de la misma edad presentan iguales valores de “S y F”.
2. La población es cerrada – sin migración ni emigración.
3. Recursos ilimitados (no hay denso-dependencia).
4. Nacimientos se realizan por pulsos (patrón discreto).



Tiempo t (j = columnas)

		ed 1	ed 2	ed 3	ed 4
Tiempo t + 1 (i = renglones)	ed 1	0	0	F_{13}	F_{14}
	ed 2	S_{21}	0	0	0
	ed 3	0	S_{32}	0	0
	ed 4	0	0	S_{43}	0



Tiempo $t + 1$ (i = renglones)

Tiempo t (j = columnas)

	ed 1	ed 2	ed 3	ed 4
ed 1	0	0	5	10
ed 2	0.2	0	0	0
ed 3	0	0.3	0	0
ed 4	0	0	0.2	0

**MATRIZ
DE LESLIE
(1945)**

MODELOS DE ESTRUCTURA DE ESTADO



A potter wasp (*Delta unguiculata*)



Javier Rodríguez Barrios

Docente – Universidad del Magdalena

*Grupo de Ecología Neotropical - GIEN



MODELOS DE ESTRUCTURA DE ESTADO

Modelo de estructura de edad, asume que la edad de un organismo es la variable correcta para definir las Historias de vida.

Ej: Para especies de **plantas** l_x y m_x depende de su tamaño.

Ej: **Insectos** el estado es más importante que la edad.

Ej: Organismos modulares como **corales**, un organismo es una colonia.



MODELOS DE ESTRUCTURA DE ESTADO

SUPUESTOS

1. Características demográficas (B y D) se relacionen con el estado de desarrollo.
2. Las poblaciones son cerradas.
3. Las tasas vitales son constantes (no hay estocasticidad).
4. Las tasas vitales son densoindependientes.

Como se selecciona una variable de estado adecuadamente?

- Conocimiento de expertos.
- Correlaciones, ACP, Regresiones.



MODELOS DE ESTRUCTURA DE ESTADO

MODELO MATRICIAL DE LEFKOVITCH (1965)

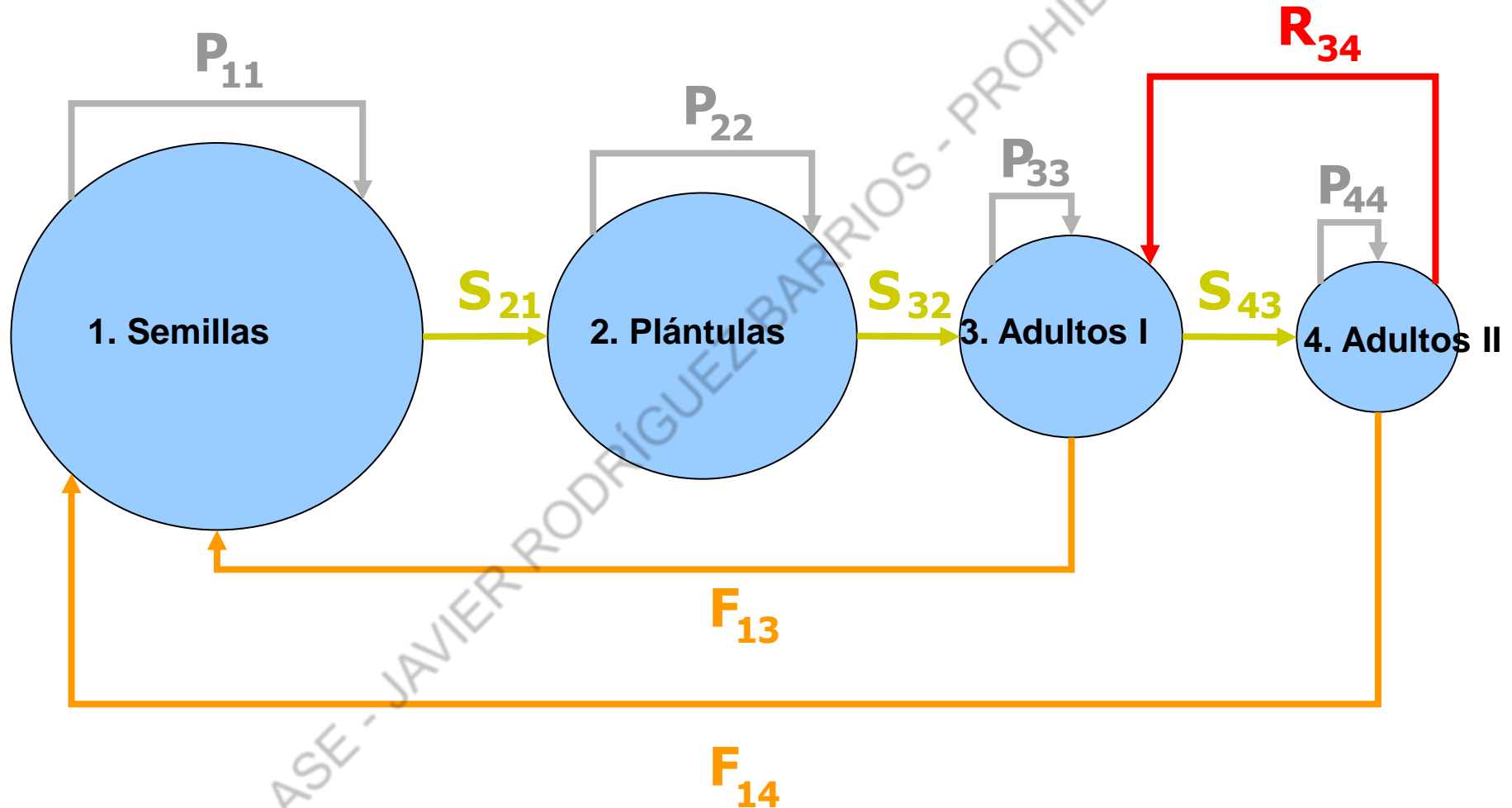
Se presentan dos tipos de transiciones:

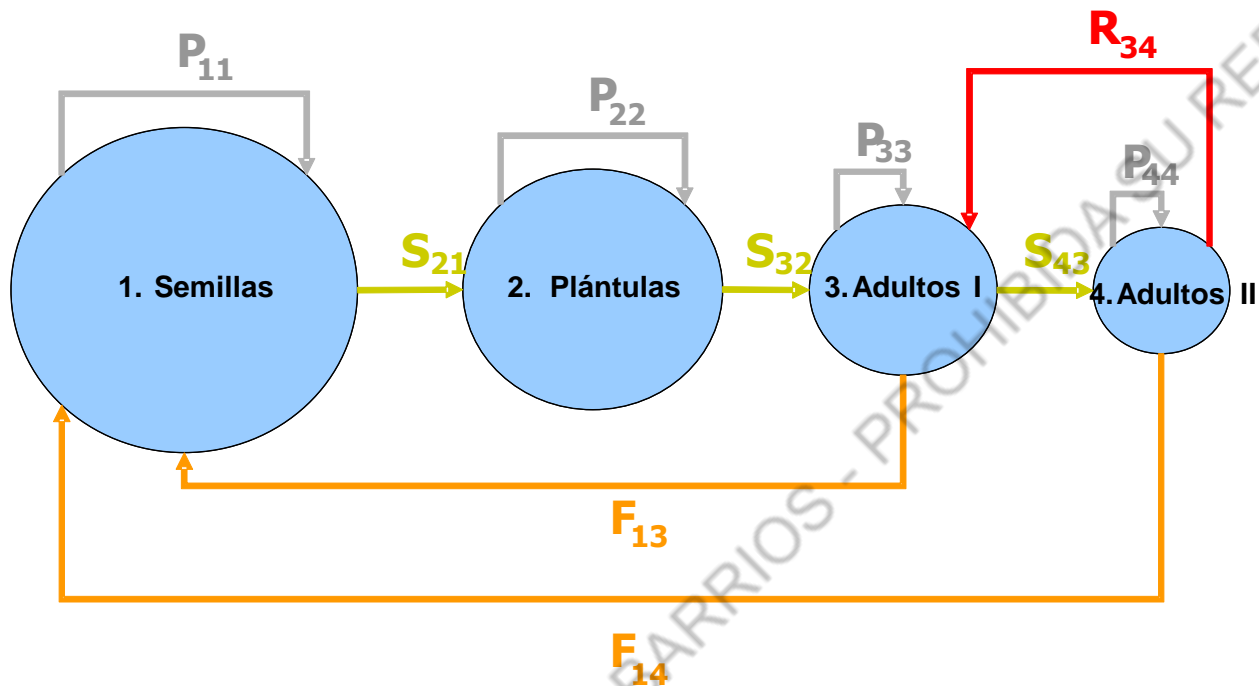
- **Envejecimiento:** moverse a la siguiente clase de estado.
- **Producción de crías.** Si esto no sucede se asume que el individuo muere.

	Huevo	Larva	Adulto	
Huevo	0	0	F_{ah}	$S = P =$ Probabilidad de supervivencia por permanencia
Larva	S_{hl}	S_{ll}	0	
Adulto	0	S_{la}	S_{aa}	

- **Primera fila:** fecundidades o fertilidades.
- **Segunda y tercera fila:** probabilidad de transición entre estados.
- **Subdiagonal:** corresponde a la supervivencia.
- **Diagonal:** probabilidad de permanencia (indv. no crecen).

Intentemos un ciclo de vida más complejo: UNA PLANTA

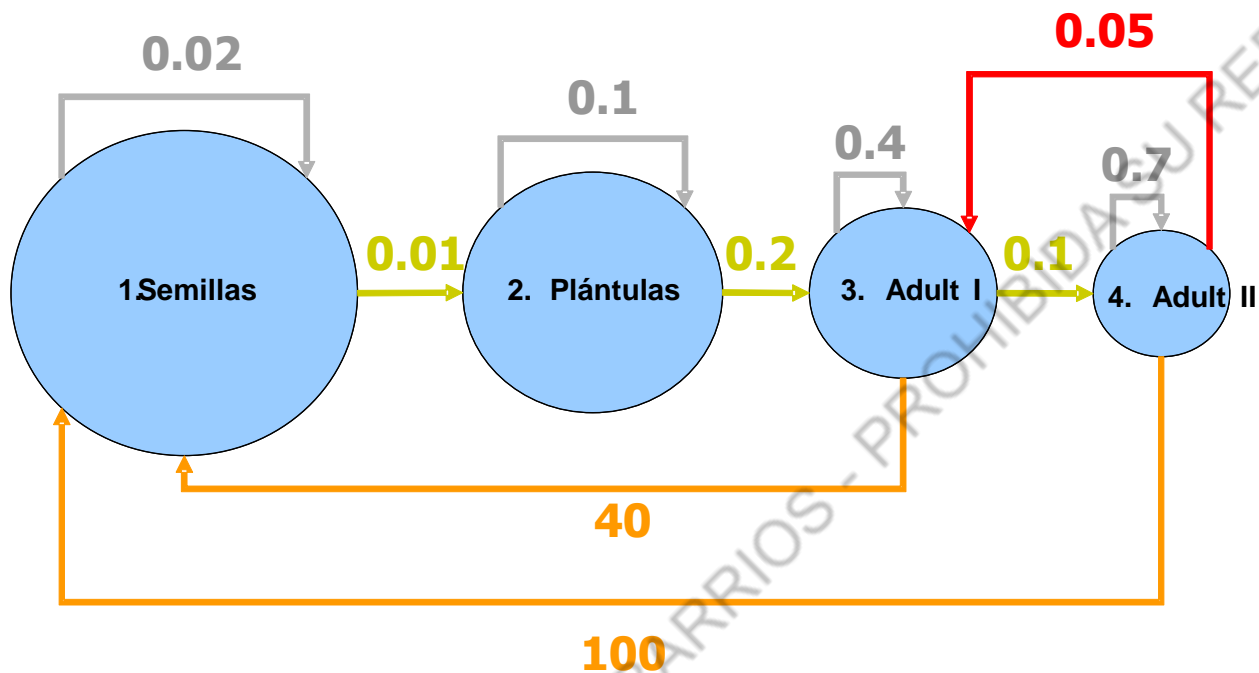




Tiempo $t + 1$ (i = renglones)

Tiempo t (j = columnas)

	cat 1	cat 2	cat 3	cat 4
cat 1	P_{11}	0	F_{13}	F_{14}
cat 2	S_{21}	P_{22}	0	0
cat 3	0	S_{32}	P_{33}	R_{34}
cat 4	0	0	S_{43}	P_{44}



Tiempo $t + 1$ (i = renglones)

Tiempo t (j = columnas)

	cat 1	cat 2	cat 3	cat 4
cat 1	0.2	0	40	100
cat 2	0.01	0.1	0	0
cat 3	0	0.2	0.4	0.05
cat 4	0	0	0.1	0.7

**MATRIZ DE
LEFKOVITCH
(1965)**

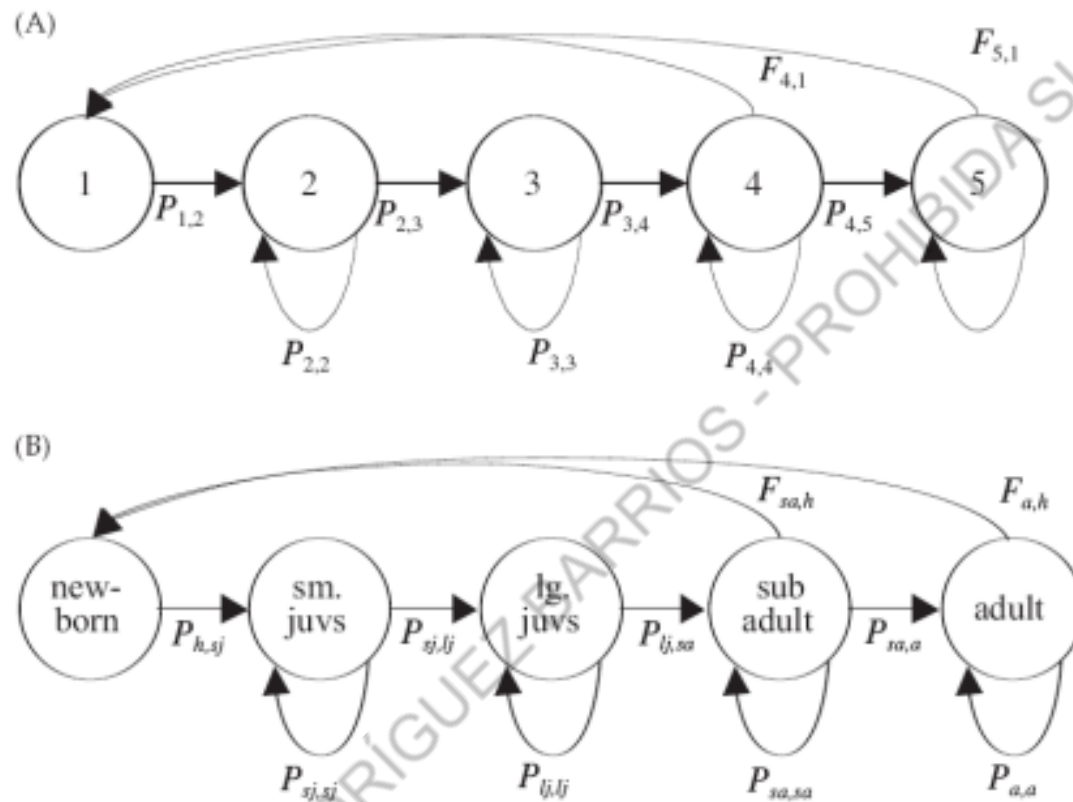


Figure 1. (A) A theoretical life history model for an organism with a stage- or size-structured life history.

ESTRUCTURA DE ESTADO

$$L = \begin{bmatrix} S_{TT} & F_{ST} & F_{MT} & F_{LT} \\ S_{TS} & S_{SS} & 0 & 0 \\ 0 & S_{SM} & S_{MM} & 0 \\ 0 & 0 & S_{ML} & S_{LL} \end{bmatrix}$$

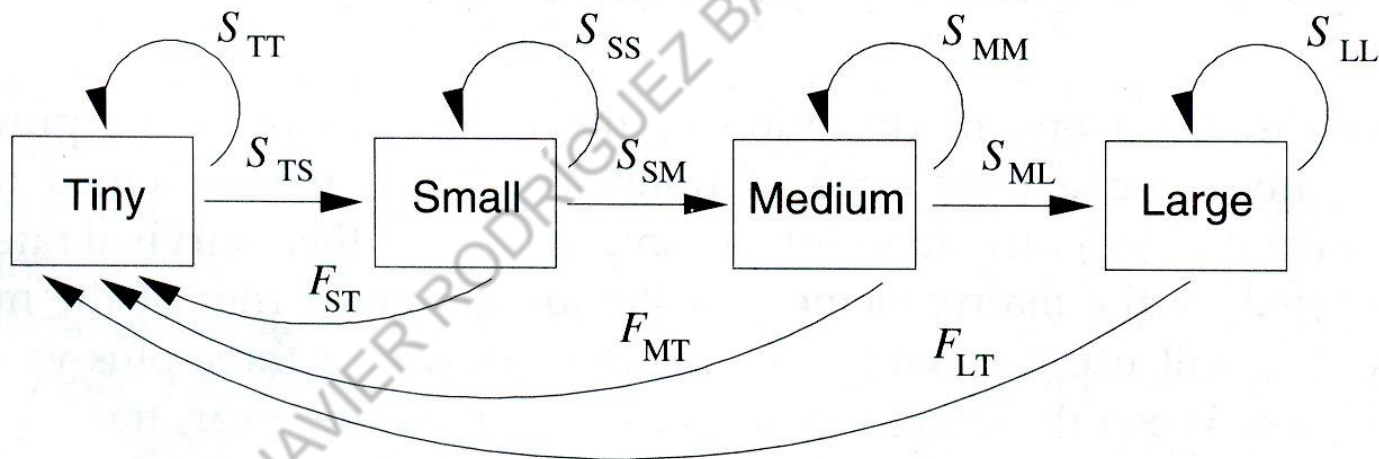
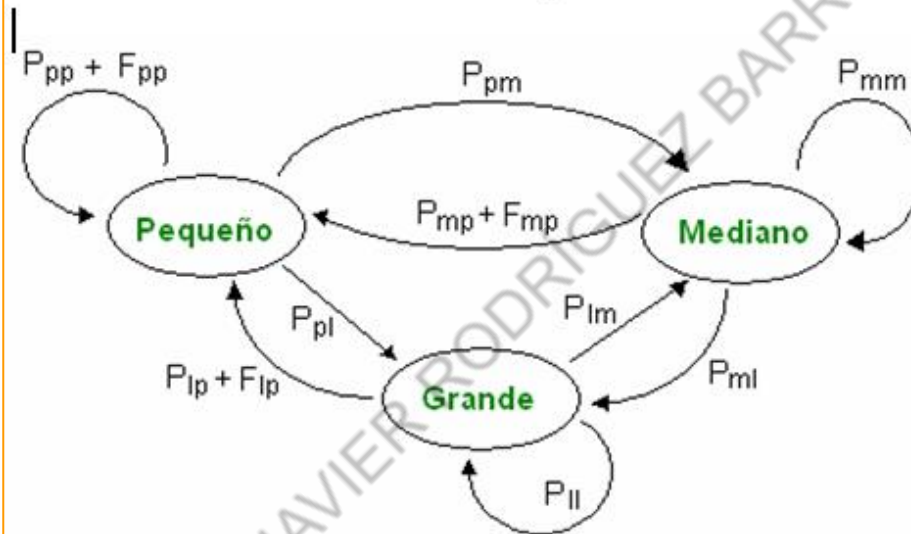


Figure 5.3. Diagram for a stage-structured model.

ESTRUCTURA DE ESTADO

Ej: Población de una especie de coral haematípico.

	Pequeño	Mediano	Grande
Pequeño	$P_{pp} + F_{pp}$	$P_{mp} + F_{mp}$	$P_{lp} + F_{lp}$
Mediano	P_{pm}	P_{mm}	P_{lm}
Grande	P_{pl}	P_{ml}	P_{ll}



- **Diagonal:** Permanencias en clases del mismo tamaño.
- **Subdiagonal:** Probabilidad de crecimiento al siguiente estado.
- P_{lm} : "reversión". Probabilidad de que grandes se fragmenten a medianos.
- P_{lp} : "reversión", de grandes a pequeños.

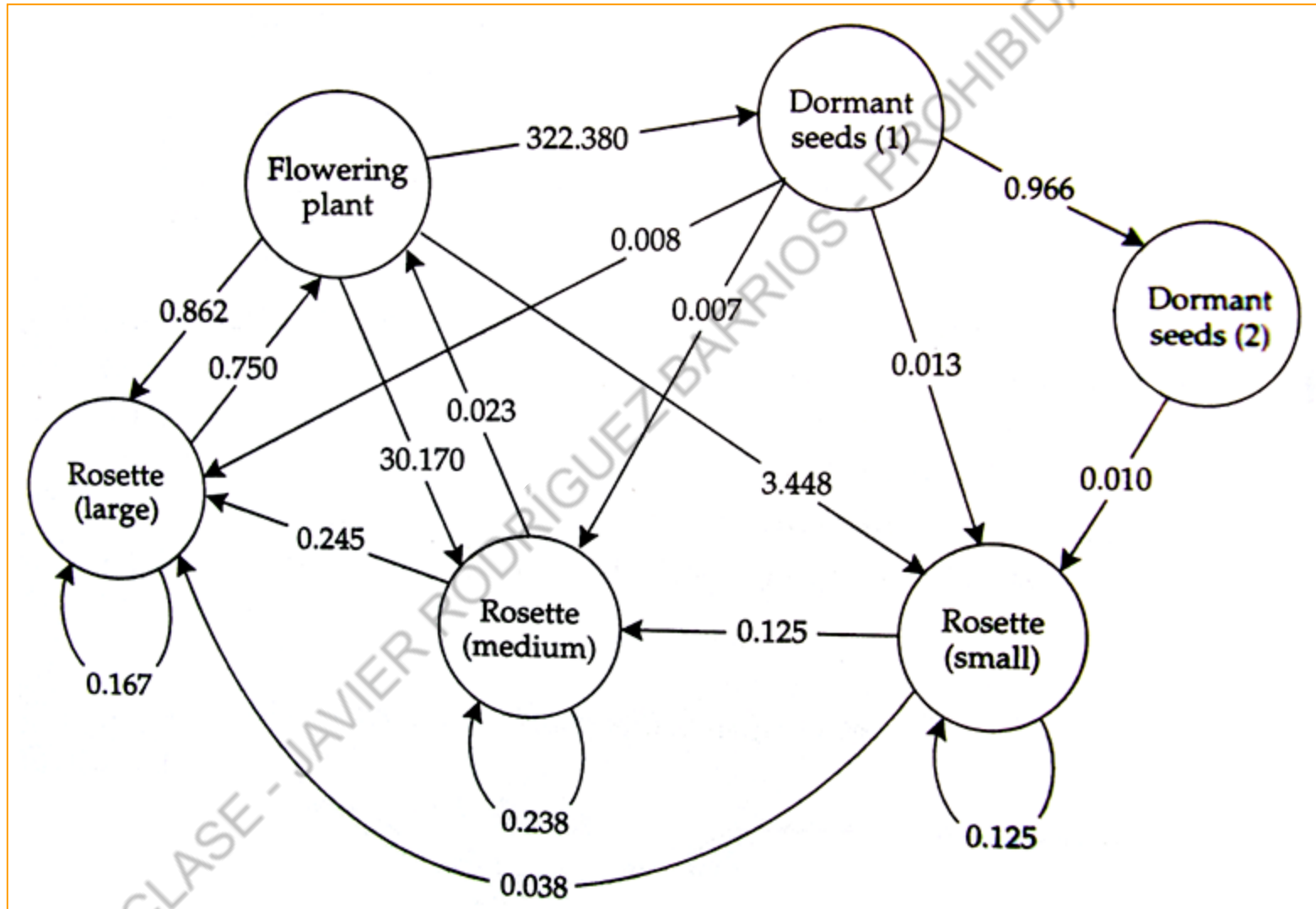
ESTRUCTURA DE ESTADO

Ej: Estructura de estado de una planta herbácea *Dipsacus silvestris*.

	Seed (1)	Seed (2)	Ros (s)	Ros (s)	Ros (L)	Flow. Plant
Seed (1)	0	0	0	0	0	322,38
Seed (2)	0,966	0	0	0	0	0
Ros (s)	0,013	0,01	0,125	0	0	3,448
Ros (s)	0,007	0	0,125	0,23	0	30,17
Ros (L)	0,008	0	0	0,24	0,167	0,862
Flow. Plant	0	0	0	0,02	0,75	0

(1) Semillas dormantes de 1º año, (2) semillas dormantes de 2º año, (3) rosetas pequeñas “s” (<2.5 cm de diam.), (4) rosetas medianas “s” (2.5 – 18.9 cm), (5) rosetas grandes “L” (>18.9 cm), (6) plantas con flores “s”.

ESTRUCTURA DE ESTADO





INVESTIGAR

Análisis de Perturbación Prospectiva

Análisis de sensibilidad y elasticidad

Aplicaciones: sensibilidad y elasticidad

Triángulo demográfico (Silvertown et al. 1993)

Programa PopTools

GRACIAS



¡Vamos por la
Acreditación
Institucional!



CERTIFICADO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD



Certificado N° SC-07181



CALIFICACIÓN

A+
Capacidad de pago
Calificación: <http://www.fitchratings.com>
FitchRatings
COLOMBIA S.A.



“La autonomía y la excelencia siempre lo primero” PERIODO 2012 - 2016