

## LABORATORIO 3

### MODELOS DEMOGRÁFICOS – CONSTRUCCION DE UNA TABLA DE VIDA PARA EL TIBURÓN RABÓN BUENO

#### REQUISITOS

Hoja de cálculo de Excel “Lab3\_Tabla\_de\_vida\_tiburon\_rabon\_TPL.xls”).

#### OBJETIVO

En una situación ideal, el investigador pesquero tendrá disponibles series de tiempo largas de datos de la pesca (por ejemplo, datos de captura, esfuerzo, abundancia). Desafortunadamente, ésta no es la situación real con muchas pesquerías, y principalmente con las especies de captura incidental (o *bycatch*), como los tiburones y las tortugas marinas. En estos casos, el investigador puede usar modelos poblacionales basados principalmente en datos biológicos. Estos métodos son conocidos como modelos demográficos, e incluyen dos tipos principales: tablas de vida y modelos matriciales. En este laboratorio, el estudiante construirá una tabla de vida para el tiburón rabón bueno (*Alopias pelagicus*) de Ecuador. La tabla de vida permitirá evaluar el potencial de crecimiento de esta población de tiburón con diferentes niveles de explotación, y sin explotación .

#### DATOS

La información biológica disponible en la literatura para el tiburón rabón bueno es la siguiente: edad máxima, edad de primera madurez, fecundidad (número de crías por hembra), duración del ciclo reproductivo, y tasa de sobrevivencia (mortalidad natural). Fuente de los datos: Cortés, E. (2002). Incorporating uncertainty into demographic modeling: application to shark populations and their conservation. *Conservation Biology* 16(4): 1048-1062 p.

#### INSTRUCCIONES

Empiece con la hoja de cálculo “Lab3\_Tabla\_de\_vida\_tiburon\_rabon\_TPL.xls”).

1. Construya la tabla de vida para el tiburón rabón bueno usando la información biológica disponible.
  - 1.1. El primer paso es construir la función de sobrevivientes ( $l_x$ ) para esta especie:

$$l_x = l_{x-1}e^{-(M+F)} \quad (1)$$

Donde,

- $l_x$  es la proporción de individuos que sobrevive hasta la edad  $x$   
 $M$  es la tasa instantánea de mortalidad natural  
 $F$  es la tasa instantánea de mortalidad por pesca

- Antes de empezar los cálculos, debe nombrar las celdas que contienen los parámetros de mortalidad reproducción, y demográficos. ¿Recuerda cómo nombrar celdas en una hoja de Excel? Si no, mire las instrucciones en el laboratorio 1.
- Para calcular la curva de sobrevivientes ( $l_x$ ), empezamos desde un número arbitrario de individuos de edad 0 (por ejemplo, 1 tiburón). En la celda C17, escriba =1. Ahora podemos implementar la ecuación 1 para calcular la proporción de sobrevivientes para todas las edades. En la celda correspondiente a la edad 1 (celda C17), escriba =C17\*EXP(-(M0+F\_)). En la celda correspondiente a la edad 2 (celda C18), escriba =C18\*EXP(-(M1+F\_)). Copie esta celda abajo hasta la última edad 20 (celda C37). Grafique la curva de sobrevivientes.

1.2. El segundo paso es construir la función de maternidad ( $m_x$ ):

$$m_x = \frac{f \cdot p}{d} \quad (2)$$

donde

- $m_x$  es el número promedio de crías hembras producidas por una hembra de edad entre  $x$  y  $x+1$
- $f_x$  es la fecundidad, o número promedio de crías producidas por una hembra de edad entre  $x$  y  $x+1$
- $p$  es la proporción de crías hembras por camada, y
- $d$  es la duración del ciclo reproductivo.

- En la celda de  $m_x$  correspondiente a la edad 0, escriba =SI(A17>=edadMad,fecund\*hembras/(cicloRep),0). Copie abajo hasta la última edad (celda D37). Tiene hecha la tabla de vida con las curvas de sobrevivencia e maternidad para el tiburón rabudo bueno.

2. La segunda etapa del método es la estimación del potencial de crecimiento de la población (el parámetro  $r$ ) a partir de la tabla de vida.

2.1. Para esto, necesitamos estimar el valor de  $r$  que satisface la ecuación de Euler-Lotka:

$$\sum_{x=\alpha}^w l_x m_x e^{-rx} = 1.0 \quad (3)$$

donde

- $r$  es la tasa instantánea de crecimiento poblacional
- $l_x$  es la proporción de individuos que sobrevive hasta la edad  $x$  (ecuación 1),
- $m_x$  es el número promedio de crías hembras producidas por una hembra de edad entre  $x$  y  $x+1$

$\alpha$  es la edad de primera madurez  
 $w$  es la edad máxima de reproducción

- Primero, tenemos que codificar los diferentes términos de la ecuación 1 en Excel. Empecemos con la cantidad  $l_x m_x$ . En la celda E17, escriba =C17\*D17. Copie abajo hasta la última edad (celda E37).
- Codifique el término  $e^{-rx}$ . En la celda F17, escriba =EXP(-r\_\*A17) y copie abajo hasta la última edad (celda F37).
- Ahora, ya podemos codificar toda la ecuación 1. En la celda G17, escriba =E17\*F17 y copie abajo hasta la celda G37.
- El lado izquierdo de la ecuación 1 es la suma de  $l_x m_x e^{-rx}$  para todas las edades. Esta suma ya está codificada en la celda G38 (=SUMA(G17:G37)).

2.2. Terminados los pasos anteriores, ya podemos estimar el valor del parámetro  $r$  que satisface la ecuación de Euler-Lotka (ecuación 1). Para este propósito, usaremos el método iterativo implementado en la rutina *Solver* de Excel.

- En el menú *Datos*, abra la ventana de *Solver*.
- Ponga la celda de la función objetivo (la suma en la celda G39) en *Celda objetivo*.
- En *Valor de la celda objetivo* seleccione *Valores de* y escriba 1 en la ventana al lado derecho.
- En la ventana *Cambiando las celdas*, introduzca la celda con el parámetro por estimar: la celda con el parámetro  $r$ , E3.
- Hay algunos trucos que podemos usar para estabilizar la estimación del método iterativo. Por ejemplo, use la opción “*Usar escala automática*” en el menú “*Opciones...*” de *Solver*.
- Es también importante empezar la estimación desde buenos valores iniciales del parámetro por estimar,  $r$ . Fíjese que empiece el proceso iterativo a partir de un valor de  $r$  que resulte en una suma cercana a 1 (la condición de la ecuación de Euler-Lotka, ecuación 1).
- Oprima la tecla “*Resolver*” o *Enter*.
- Para terminar, corra *Solver* una vez más para asegurarse que obtuvo una solución estable.

**Cuestión:** ¿Cuál es el valor de  $r$  que obtuvo para la población en estado virgen (no explotada) del tiburón rabón bueno?

2.3. Se puede asumir que el parámetro  $r_{obs}$  estimado mediante el método de la tabla de vida es una aproximación (estimación mínima) de la tasa intrínseca de crecimiento de la población, es decir el parámetro  $r$  del modelo exponencial o logístico (mire la clase teórica 3 e el laboratorio 1).

- Tome el valor de  $r_{obs}$  como el parámetro  $r$  del modelo exponencial y construya una curva de crecimiento exponencial para el tiburón rabón bueno. Coloque 1

individuo en la celda H17. En la celda H18, escriba =H17\*EXP(r\_) y copie abajo hasta la celda H37. Grafique la curva exponencial.

3. Estime los otros parámetros demográficos estándar usados para evaluar el potencial de crecimiento de una población.

3.1. Calcule el valor de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda = e^r$ ) para el tiburón rabón bueno. En la celda E4, escriba =EXP(E3).

3.2. Calcule el tiempo de duplicación de la población ( $t_{x2}$ ):

$$t_{x2} = \frac{\ln(2)}{r} \quad (4)$$

- En la celda E5, escriba =LN(2)/E3.

3.3. Calcule tasa neta de reproducción ( $R_0$ ), es decir, el número total de hembras producido por un individuo en una cohorte:

$$R_0 = \sum_{x=\alpha}^w l_x m_x \quad (5)$$

- En celda E6, escriba =SUMA(E17:E37).

3.4. Calcule la duración promedio de una generación ( $G$ ), es decir, el tiempo promedio entre el nacimiento de un progenitor y de su descendencia:

$$G = \frac{\sum_{x=\alpha}^w l_x m_x x}{R_0} \quad (6)$$

- En primer lugar, tenemos que calcular en numerador de la ecuación 6. Para calcular  $l_x m_x x$  para cada edad, escriba =A17\*E17 en la celda J17 y copie abajo hasta la última edad en la celda J37. La suma ya está calculada en la celda J39.
- Para terminar el cálculo de  $G$ , escriba =J39/E6 en la celda E7.

**Pregunta:** Compare los parámetros demográficos estimados para el tiburón rabón bueno con los mismo parámetros presentados para el tiburón azul en la clase teórica T4. ¿Cuál de estas dos especies es la más productiva?

4. Estime la distribución estática de edades  $c_x$  para la población de tiburón rabón bueno en estado virgen:

$$c_x = \frac{(e^r)^{-x} l_x}{\sum_{x=0}^w (e^r)^{-x} l_x} \quad (7)$$

- En primer lugar, tenemos que calcular el numerador de la ecuación 7 para cada edad. En la celda K17 escriba =C17\*F17 y copie abajo hasta K37. La suma (el denominador de la ecuación) ya está calculada en la celda K39.

