SEMINARIOS DE ECOLOGÍA
Departamento de Ecología e Hidrología
Guion actualizado el 24/11/2020
Profesor: José Francisco Calvo Sendín

UNIVERSIDAD DE **MURCIA**

SEMINARIO 3

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE POBLACIONES

1.- Introducción y objetivos

En este seminario analizaremos las características de los modelos estocásticos de crecimiento denso-independiente para realizar análisis de viabilidad de poblaciones basados en censos (series temporales), aprendiendo a interpretar el significado de la varianza de las tasas de crecimiento y su influencia en las estimas de la probabilidad o riesgo de cuasi-extinción.

2.- Desarrollo de la sesión

(A) Preparación

Una vez iniciado R (o alternativamente RStudio) cargaremos el archivo de datos y funciones desde el servidor:

```
load(url("http://www.um.es/docencia/emc/EcoPob.RData"))
```

Con la función `ls()`, o en el correspondiente panel de RStudio, podemos ver las funciones y datos disponibles en `EcoPob.RData`, muchos de los cuales se utilizaron en la práctica 3. Teclea `Info()` para más información.

(B) La función `Modelo()` *y los modelos estocásticos*

La función `Modelo()` permite simular una amplia variedad de modelos de crecimiento poblacional. En este seminario, los parámetros que proporcionaremos a la función son los siguientes:

```
Modelo(mu, s2, tiempo, N0, Nx, sim, CDF)
```

Los dos primeros, `mu` y `s2` son los parámetros (media y varianza) de un modelo estocástico; `tiempo` permite fijar el horizonte temporal de proyección; `N0` establece el tamaño inicial de la población; `Nx` es el tamaño de población crítico (umbral de extinción o cuasi-extinción); `sim` es el número de simulaciones a realizar en un modelo estocástico; y `CDF` especifica, para modelos estocásticos, la opción de visualizar únicamente la función de distribución acumulada (que representa la probabilidad de extinción en función del tiempo).

Los modelos estocásticos incorporan variabilidad en los parámetros demográficos, por lo que, a diferencia de los modelos deterministas, la estimación del tamaño poblacional en el futuro se basa en criterios probabilistas. Una aplicación de gran interés de estos modelos es la estimación de probabilidades de extinción, o más concretamente de cuasi-extinción (la probabilidad de alcanzar un tamaño de población crítico N_x). La función `Modelo()` puede simular modelos estocásticos, lo cual nos permitirá comprobar el efecto de la varianza en las probabilidades de cuasi-extinción. En el caso de los modelos estocásticos se utiliza el parámetro poblacional μ, que es el equivalente estocástico del parámetro r en un modelo determinista. [Recuerda que μ = log(λ).]

```
Modelo(mu=0.05, s2=0.05, N0=40, Nx=10, tiempo=20)
Modelo(mu=0.05, s2=0.15, N0=40, Nx=10, tiempo=20)
```

Dado que el número de simulaciones por defecto es bajo (20), las probabilidades estimadas son muy variables. Necesitaríamos un número de simulaciones mucho mayor para obtener una estima más precisa (por ejemplo 10000):

```
Modelo(mu=0.05, s2=0.15, N0=40, Nx=10, tiempo=20, sim=10000)
```

(C) Ejemplo de estimación de parámetros de un modelo estocástico

Utilizaremos un sencillo ejemplo de una serie temporal de cuatro años. En un modelo estocástico, λ es variable, de manera que:

$$N_4 = \lambda_1\, \lambda_2\, \lambda_3\, \lambda_4\, N_0$$

Para esta serie, consideraremos un tamaño inicial N = 100, y cuatro valores distintos de λ_t (0.7, 1.1, 0.9 y 1.2):

```
N0 <- 100
lambdas <- c(0.7,1.1,0.9,1.2)

0.7 * N0 -> N1
1.1 * N1 -> N2
0.9 * N2 -> N3
1.2 * N3 -> N4
N0; N1; N2; N3; N4
```

Lo que es equivalente a:

```
0.7 * 1.1 * 0.9 * 1.2 * N0
```

o también:

```
prod(lambdas) * N0
```

Es interesante comprobar que la media aritmética de las λ_t no describe adecuadamente la dinámica de la población.

```
mean(lambdas) -> ml; ml
ml^4 * N0
```

Lo correcto es utilizar la media geométrica:

$$\lambda_{\mathrm{G}} = \left(\prod \lambda_t\right)^{(1/t)}$$

que en R calculamos así:

```
prod(lambdas)^(1/4) -> mgl
mgl
```

Ahora sí podemos comprobar que con esta media geométrica obtenemos el tamaño de población correcto:

$$N_t = \lambda_{\mathrm{G}}^t \, N_0$$

```
mgl^4 * N0
```

Comprueba que este valor de lambda se obtiene también, de forma más simple, calculando:

```
(N4 / N0)^(1/4)
```

Cuando se trabaja con modelos estocásticos, se utilizan habitualmente los logaritmos de las λ_t, cuya media (*aritmética* en este caso), es el parámetro μ (equivalente en un modelo estocástico a la *r* de un modelo determinista). Comprueba que μ puede calcularse también como el logaritmo de la media geométrica de las lambdas:

$$\mu = \frac{\sum \log \lambda_t}{t} = \log \lambda_{\mathrm{G}}$$

En R:

```
mean( log(lambdas) )
log(mgl)
```

El parámetro de varianza del modelo estocástico (s^2) se calcula como:

```
var( log(lambdas) )
```

(D) Ejemplo de un caso real

Utilizaremos los datos de una serie temporal correspondiente al cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*):

```
condor
```

La tabla contiene dos variables: el año (`year`) y el tamaño de la población (`Nt`). Podemos utilizar estas variables usando las expresiones:

```
condor$year
condor$Nt
```

La información adicional sobre los datos cargados puede consultarse usando: `Info("condor")`.

Empezaremos a analizar la serie temporal del cóndor, para obtener los parámetros μ_t y s^2. En primer lugar calcularemos las lambdas para cada año:

```
lambdas <- condor$Nt[2:16] / condor$Nt[1:15]
lambdas
```

Comprueba, por ejemplo, que λ_6 (o λ_{1970}) es el cociente entre el tamaño poblacional de 1971 y el de 1970.

A continuación, a partir del vector de lambdas, calcularemos su media geométrica λ_G y finalmente μ y s^2.

```
prod(lambdas)^(1/15)
mean(log(lambdas))
var(log(lambdas))
```

Cuando la serie temporal de censos no está completa, este procedimiento de cálculo no puede aplicarse, y hay que utilizar otro método algo más complejo (detalles en Morris & Doak 2002). La función `mus2()` permite realizar estos cálculos de manera automática, con sus intervalos de confianza al 95%:

```
mus2(condor)
```

Finalmente, con la función `Modelo()` podemos obtener las probabilidades de extinción. Para visualizar únicamente la función de distribución acumulada especificaremos el argumento `CDF=TRUE`. En el caso del cóndor:

```
Modelo(mu=-0.0768453, s2=0.1175639, N0=12, Nx=1, tiempo=100, sim=50000, CDF=TRUE)
```

3.- Ejercicios propuestos

Practica con otros ejemplos utilizando las siguientes series de datos disponibles: `parrot`, `perdicera` y `wolf`. Considera diferentes umbrales de cuasi-extinción (por ejemplo N_x = 10).

4.- Bibliografía

– Morris WF, Doak DF. 2002. *Quantitative Conservation Biology*. Sinauer, Sunderland, MA, USA.

Descripción de las funciones y datos

Utiliza la función `Info()` en el archivo EcoPob.RData. Por ejemplo: `Info("condor")` o `Info("mus2")`.