Estudio del nomadismo y modelización estadística de la colonia de gaviota de Audouin de las Islas Columbretes

B. Sarzo, C. Armero, D. Conesa y H. Perpiñán
Departamento de Estadística e Investigación Operativa
Universitat de València

Introducción

La **gaviota de Audouin** (*Ichthyaetus audouinii*) es una especie endémica del Mediterráneo y emblemática para las Islas Columbretes. Desde el inicio de su colonización en los años 70, la colonia seguía una tendencia creciente hasta alcanzar un máximo de 625 parejas reproductoras en el año 96. A partir de entonces, la colonia entró en un **declive poblacional** hasta la actual cifra de 10 parejas (dato relativo al año 2013).

Figura 1. Archipiélago de las islas Columbretes

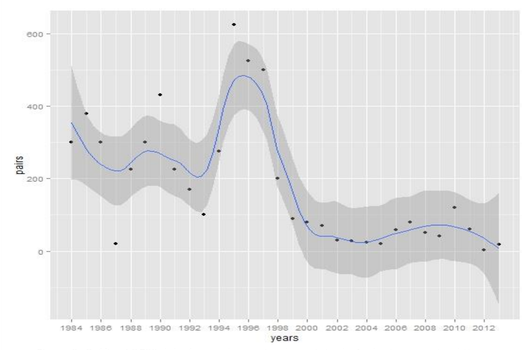

Figura 2. Gráfico LOESS del número de parejas de gaviota de Audouin respecto al tiempo

Objetivos

1. Estudiar posibles **patrones asociados a los cambios en la localización de la colonia en época reproductora.**
2. Análisis del declive poblacional de la especie en las islas.

Banco de Datos

- **Años de estudio:** 1991-2012
- **Variable Respuesta: logaritmo (log) del número de parejas de gaviota de Audouin**
- **Covariables:**
  - Lluvias primavera (**Primavera**)
  - Lluvias verano (**Verano**)
  - Fecha de **Veda de arrastre**: factor con tres niveles (**Veda 1, 2 y 3**)
  - **Log (número de parejas de patiamarilla)**
  - **Variables autorregresivas patiamarilla: log(Patiamarilla1), log(Patiamarilla 2)** y **log(Patiamarilla 3)**. Número de parejas de patiamarilla en el tiempo *t-1*, *t-2* y *t-3*.
  - **Variables autorregresivas Audouin: log(Audouin 1), log(Audouin 2)** y **log(Audouin 3).** Número de parejas de Audouin en el tiempo *t-1*, *t-2* y *t-3*.

Nomadismo

La gaviota de Audouin es una especie con **alta capacidad dispersiva** y **de carácter nomádico** debido a su evolución en hábitats costeros inestables (Oro y Ruxton, 2001). Las islas Columbretes comprenden **cuatro grupos principales de islas** (Grossa, Ferrera, Foradada y Carallot) y, desde el establecimiento de la especie en el Archipiélago, la colonia ha ido cambiando de isla de cría.

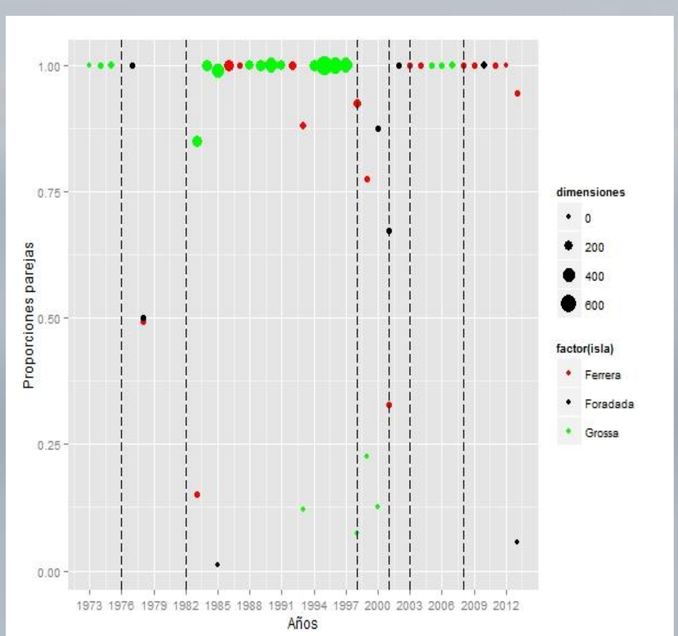

Figura 3. Proporción del número de parejas de gaviota de Audouin por islas

ACONTECIMIENTOS:

- **Años 1976 y 1982:** datos faltantes
- **Año 1998:** implementación de la veda de arrastre los meses de junio y julio
- **Año 2001:** implementación de la veda de arrastre los meses de julio y agosto
- **Año 2008:** molestias en la Isla Grossa (obras)

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto de investigación Combination and propagation of uncertainties (ComPro_UN), MTM2013-42323-P del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.
Los datos han sido facilitados por el Servicio de Vida Silvestre, Dirección General del Medio Natural, Generalitat Valenciana. En especial agradecer la recogida de datos por parte del personal de las Islas Columbretes y técnicos del Servicio.

Declive poblacional

Hemos utilizado **modelos de regresión lineal múltiple** de R (R Core Team, 2013) desde la perspectiva bayesiana a través del software **WinBUGS** (Lunn *et al.,* 2000) y hemos realizado la selección de modelos mediante la librería **BayesVarSel** (García-Donato y Forte, 2013) y el criterio de **DIC** (Spiegelhalter *et al.,* 2002). Concretamente, los modelos analizados son:

1. **Tendencia Audouin:** conjunto de modelos con variable respuesta logaritmo del número de parejas de Audouin pero sin introducir las covariables relativas al número de parejas de gaviota patiamarilla.

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 3.1*
Intercepto	**5.74 (0.41)**	0.23 (0.98)	**4.96 (2.72)**	**6.17 (1.88)**
Primavera	0.11 (0.33)		0.10 (0.29)	
Verano	**-0.31 (0.50)**		-0.35 (0.49)	
Veda 2	**-1.07 (0.66)**		-0.63 (0.67)	
Veda 3	**-2.13 (0.53)**		-1.89 (0.93)	**-2.07 (0.64)**
log(Audouin 1)		**1.19 (0.33)**	**0.82 (0.36)**	**0.82 (0.29)**
log(Audouin 2)		**-0.87 (0.43)**	-0.90 (0.44)	**-0.94 (0.32)**
log(Audouin 3)		**0.58 (0.32)**	0.22 (0.39)	
DIC	**64.1**	**60.92**	**61.77**	**54.00**

Descriptivo de la distribución *a posteriori* de los parámetros de interés: media (ds)
* Selección de variables con *BayesVarSel*

2. **Tendencia Patiamarilla:** conjunto de modelos con variable respuesta logaritmo del número de parejas de gaviota patiamarilla pero sin introducir las covariables relativas al número de parejas de gaviota de Audouin.

	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 6.1*
Intercepto	**6.17 (0.11)**	**2.14 (0.96)**	**1.29 (1.19)**	**1.65 (0.99)**
Primavera	-0.06 (0.08)		0.00 (0.06)	
Verano	-0.08 (0.13)		-0.06 (0.09)	
Veda 2	0.05 (0.17)		-0.36 (0.17)	**-0.19 (0.12)**
Veda 3	**0.18 (0.14)**		-0.16 (0.13)	**-0.04 (0.08)**
log(Patiamarilla 1)		**0.58 (0.26)**	**0.42 (0.27)**	**0.74 (0.17)**
log(Patiamarilla 2)		0.13 (0.29)	0.26 (0.32)	
log(Patiamarilla 3)		**-0.05 (0.20)**	0.15 (0.25)	
DIC	**4.75**	**-11.42**	**-8.18**	**-14.58**

Descriptivo de la distribución *a posteriori* de los parámetros de interés: media (ds)
* Selección de variables con *BayesVarSel*

3. **Tendencia Audouin versus patiamarilla y variables medioambientales:** variable respuesta logaritmo del número de parejas de gaviota de Audouin en relación a todas las covariables elegidas.

	Modelo 7	Modelo 7.1*
Intercepto	-3.91 (8.83)	**6.17 (1.88)**
Primavera	0.19 (0.34)	
Verano	-0.07 (0.65)	
Veda 2	-0.99 (1.30)	
Veda 3	-2.08 (1.37)	**-2.07 (0.65)**
log(Patiamarilla 1)	**1.43 (1.64)**	
log(Patiamarilla 2)	0.09 (2.23)	
log(Patiamarilla 3)	-0.65 (1.52)	
log(Audouin 1)	**0.65 (0.53)**	**0.82 (0.29)**
log(Audouin 2)	-0.96 (0.48)	**-0.94 (0.32)**
log(Audouin 3)	**0.46 (0.50)**	
DIC	**70.79**	**54.00**

Descriptivo de la distribución *a posteriori* de los parámetros de interés: media (ds)
* Selección de variables con *BayesVarSel*

Conclusiones

- Parece existir cierto **patrón de ocupación de las islas** por la colonia de gaviota de Audouin desde el inicio de su establecimiento.
- Este **patrón** de **4 (Grossa) + 2 (Ferrera y/o Foradada)** se ve **truncado** en el **año 98** con el **comienzo de la veda de arrastre obligatoria** (principal fuente de alimentación para la especie).
- El **periodo de veda** comprendido en el periodo de alimentación de los pollos (**julio y agosto: veda 3**) es el que **más afecta a la gaviota de Audouin**.
- El **periodo de veda que más afecta a la gaviota patiamarilla** es también el periodo de alimentación de los pollos, en este caso, **junio y julio (veda 2)**.
- **Relevancia del carácter social de la especie:** el número de parejas de Audouin que criaron el año anterior está asociado positivamente en el número de parejas que criará el año siguiente.
- El **número de parejas de gaviota patiamarilla no es relevante en la tendencia poblacional de la colonia de gaviota de Audouin de las islas Columbretes**, al contrario de lo que se afirmaba en estudios anteriores (Jiménez *et al.*, 2009).

Referencias

- **Lunn, D., Thomas, A., Best, N., y Spiegelhalter, D. 2000.** WinBUGS- A Bayesian modelling framework: Concepts, structure, and extensibility. *Statistics and Computing*, 10: 325–337.
- **Oro, D. y Ruxton, G. 2001.** The formation and growth of seabird colonies: Audouin's gull as a case study. *Journal of Animal Ecology,* 70(3): 527–535.
- **Spiegelhalter, D., Best, N., Carlin, B., y Van der Linde, A. 2002.** Bayesian Measures of Model Complexity and Fit. *Journal of the Royal Statistical Society*: Series B (Statistical Methodology), 64(4): 583–639.
- **Jiménez, J., Sarzo, B., Pérez, I., Mínguez, E., y Martínez-Abraín, A. 2009.** Conservación de aves marinas: Plan de Acción para la Comunitat Valenciana . Consellería de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda. Generalitat Valenciana.
- **García-Donato, G. y Forte, A. 2012.** Bayesian Variable Selection in Linear Models. Package "BayesVarSel". URL http://www.R-project.org/
- **R Core Team. 2013.** R: A languaje and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL http://www.R-project.org/