

Modelos de dinámica poblacional en ecología

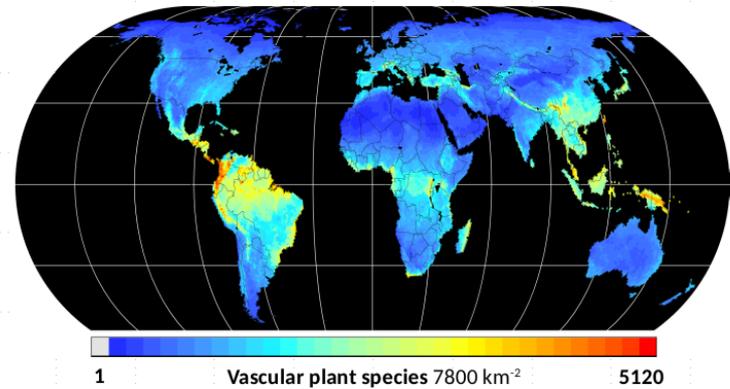
David García Callejas
david.garcia.callejas@gmail.com

¿Qué es un modelo?

- Representación física, conceptual o matemática de un fenómeno real → simplificación de la realidad

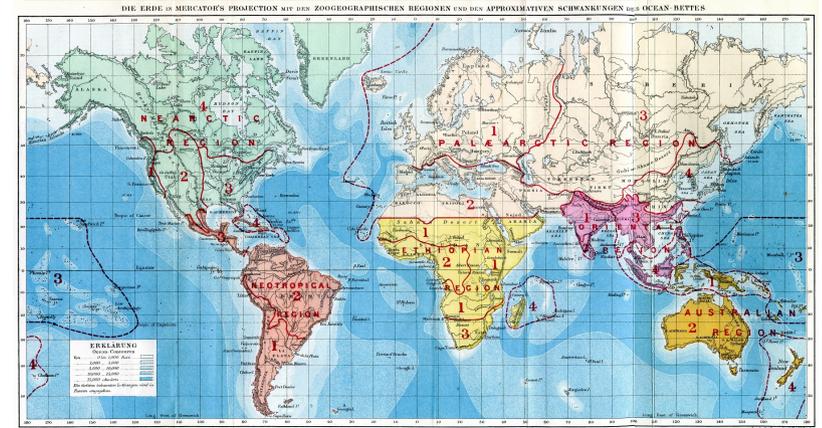
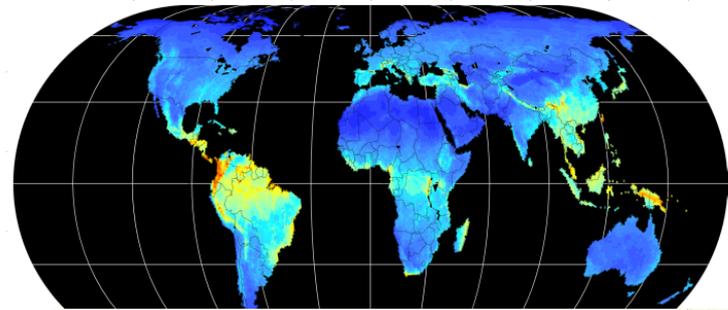
¿Qué es un modelo?

- Representación física, conceptual o matemática de un fenómeno real → simplificación de la realidad



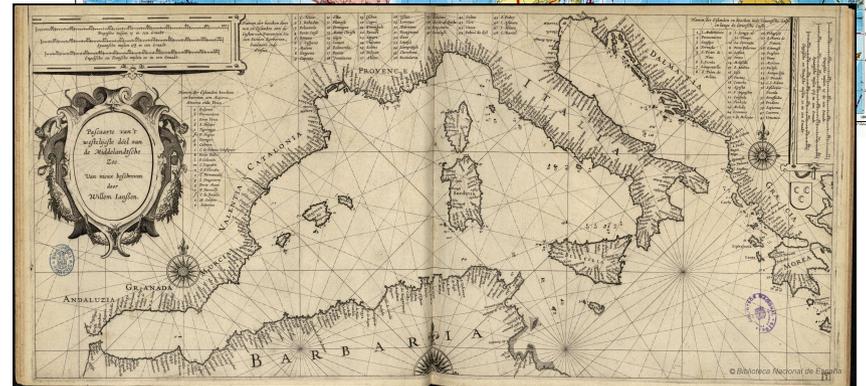
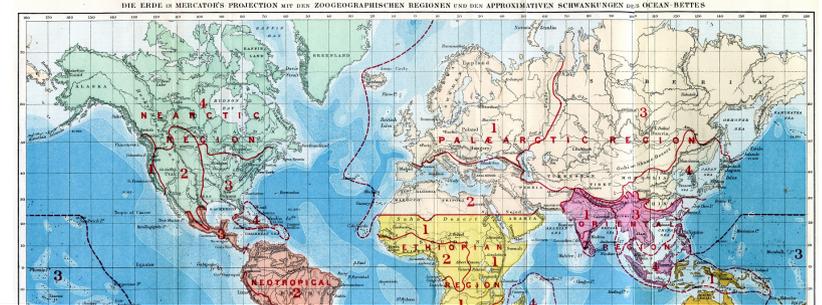
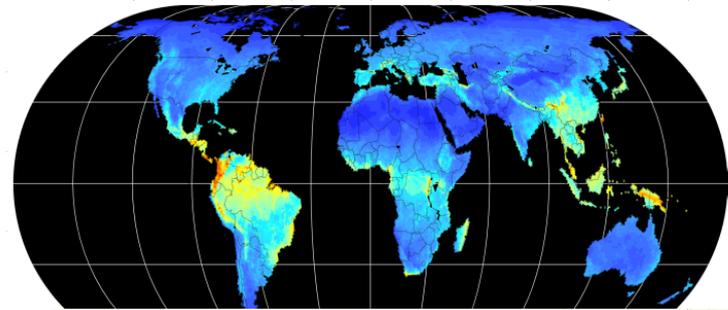
¿Qué es un modelo?

- Representación física, conceptual o matemática de un fenómeno real → simplificación de la realidad



¿Qué es un modelo?

- Representación física, conceptual o matemática de un fenómeno real → simplificación de la realidad



“all models are wrong, but some are useful”

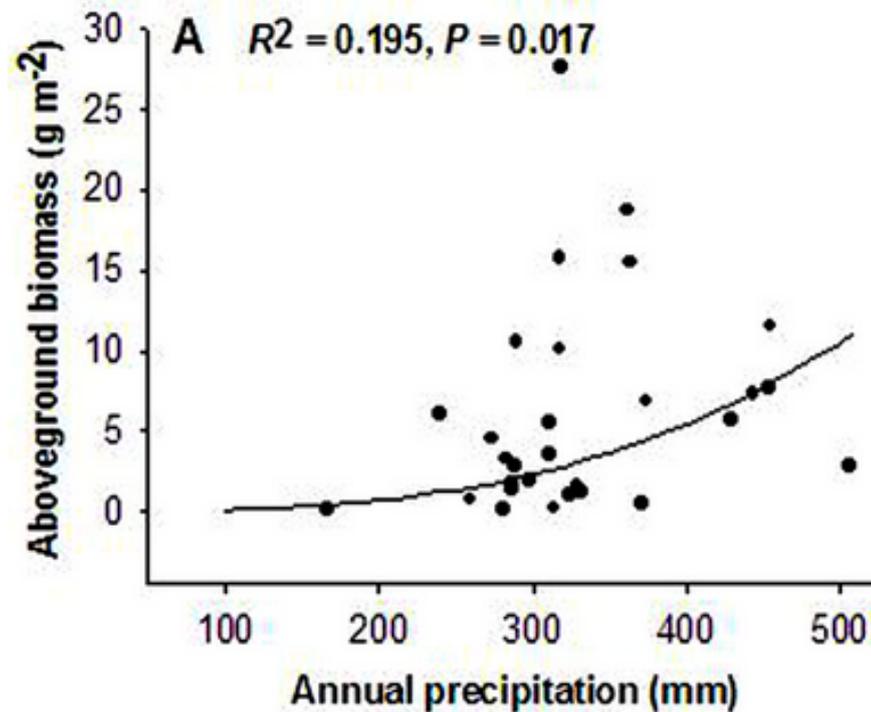
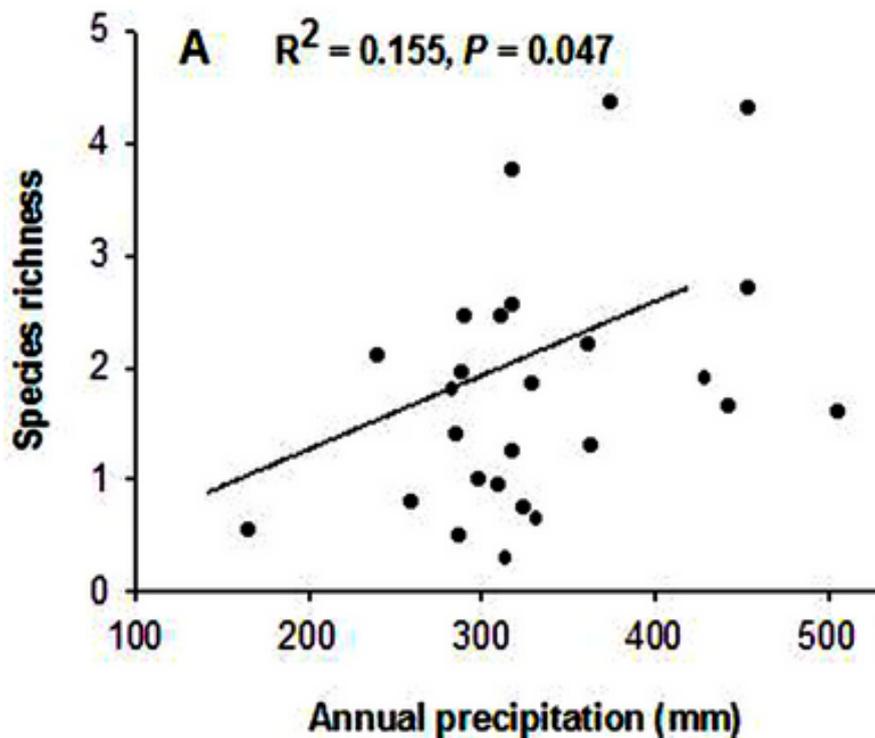
Modelos en Ecología

modelo crecimiento forestal

Modelos en Ecología

correlativos

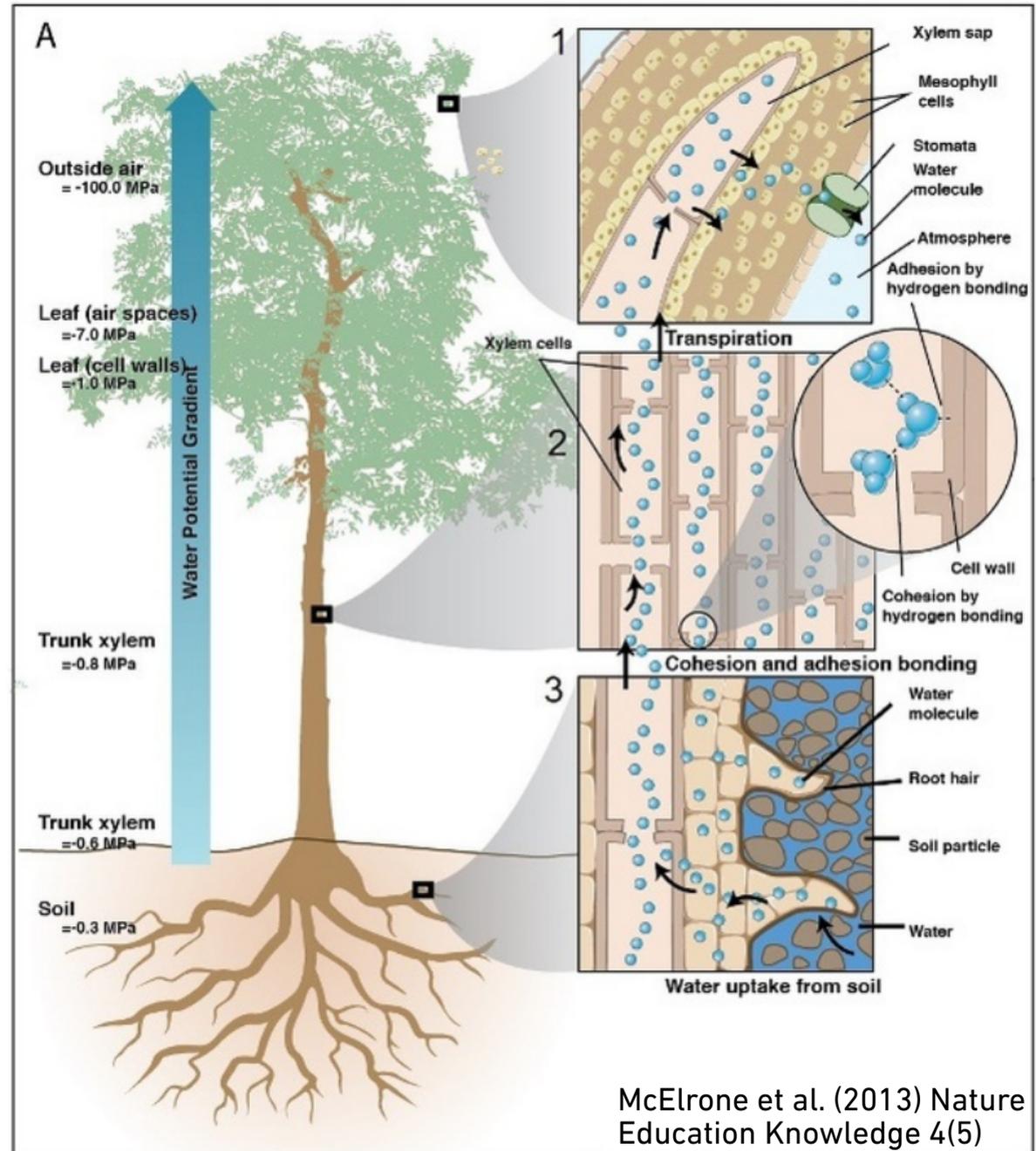
Estiman variable respuesta a partir de relaciones empíricas. Al ser estimaciones estadísticas, son difícilmente generalizables a situaciones fuera del rango de datos original.



Modelos en Ecología

basados en procesos

Estiman variable respuesta a partir de principios fundamentales. Por ello, son más difíciles de crear y parametrizar, pero se pueden usar para generar predicciones robustas.



Modelos en Ecología

comprensión



Modelos en Ecología

comprensión



predicción



¿Cómo modelizar la dinámica forestal?

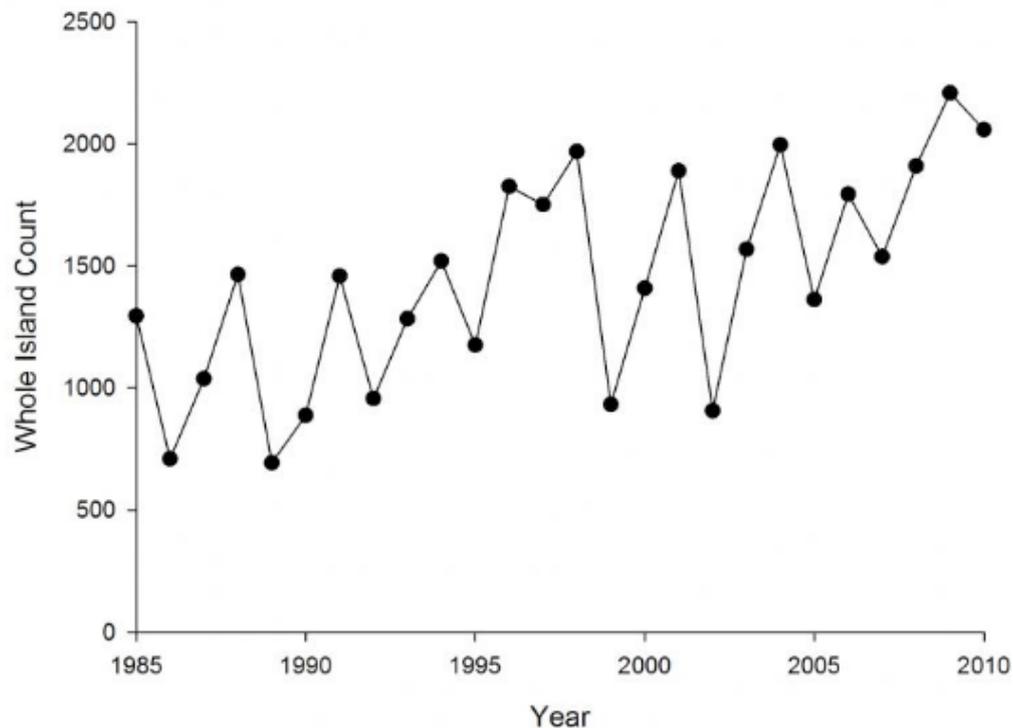
- Modelos correlativos suelen ser demasiado simplificados...
- Aproximaciones basadas en procesos ecológicos:
 - Modelos demográficos (hoy)
 - Modelos ecofisiológicos (mañana)

Modelos demográficos

$$dN/dt = \text{Nacimientos} - \text{muertes} \quad (+ \text{inmigración} - \text{emigración})$$

Procesos incluidos en el modelo:

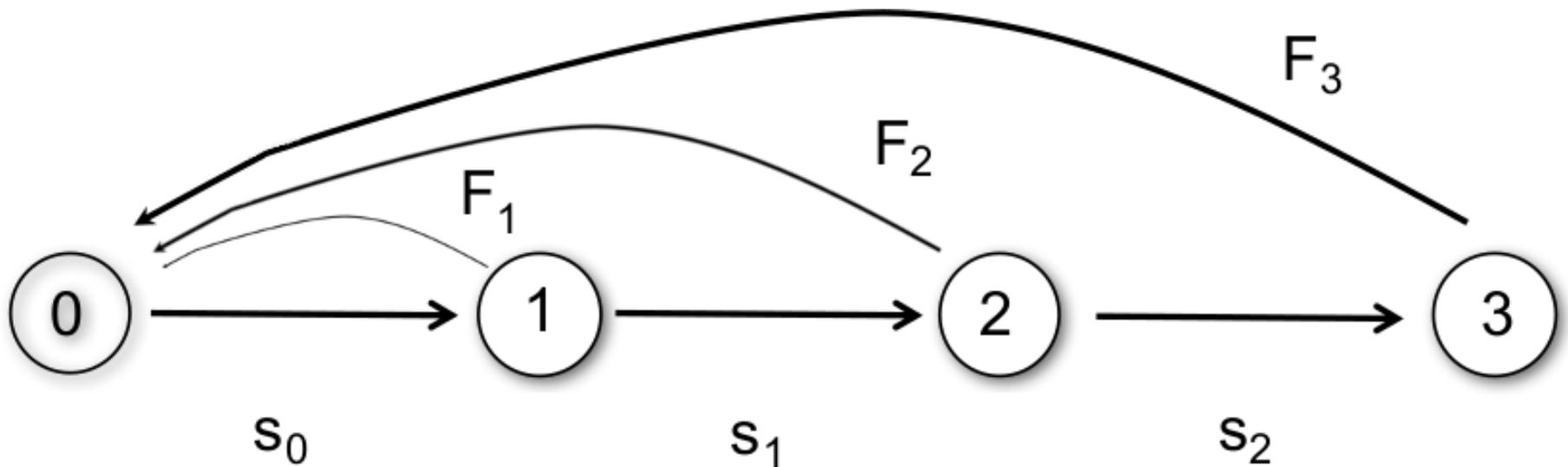
- fecundidad
- probabilidad de supervivencia



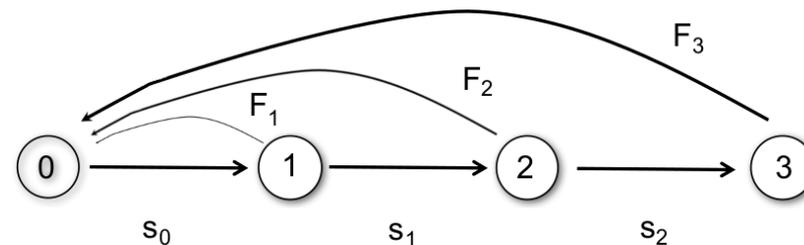
Modelos demográficos

$$dN/dt = \text{Nacimientos} - \text{muertes} \quad (+ \text{ inmigración} - \text{ emigración})$$

En especies vegetales, la fecundidad y la supervivencia suelen ser función del tamaño o edad. Si dividimos la población en 4 clases de edad:



Modelos demográficos

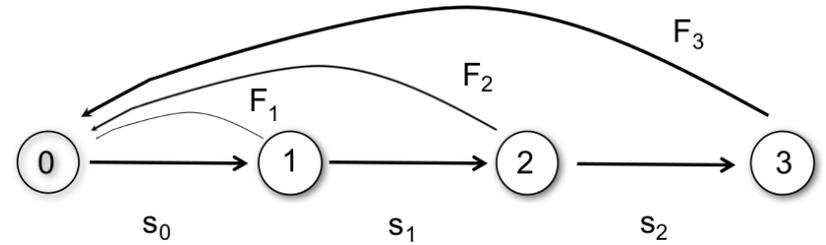


	Age 1	Age 2	Age 3	Age 4
Age 1	F_0	F_1	F_2	F_3
Age 2	S_0	0	0	0
Age 3	0	S_1	0	0
Age 4	0	0	S_2	0

F_x = fecundidad per cápita, número medio de individuos que llegan a edad 1, engendrados por individuos de edad x

S_x = probabilidad de supervivencia, número medio de individuos que sobreviven y pasan de edad x a edad $x+1$

Modelos demográficos

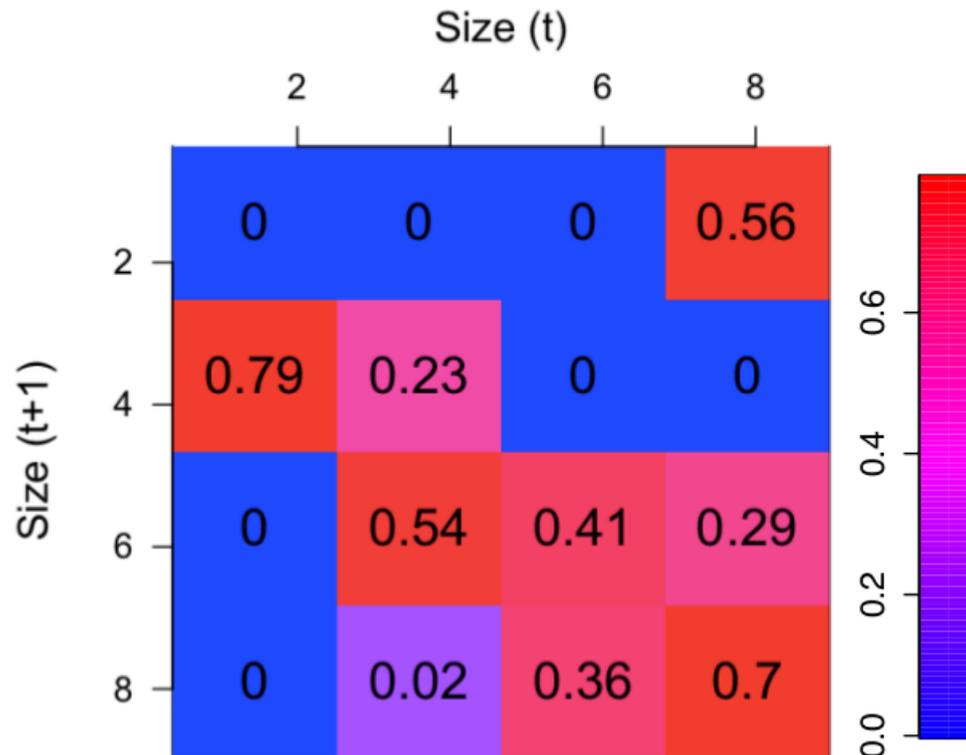


$$N_{t+1} = L \times N_t$$

$$\begin{bmatrix} N_{0,t+1} \\ N_{1,t+1} \\ N_{2,t+1} \\ N_{3,t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_0 & F_1 & F_2 & F_3 \\ S_0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_2 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} N_{0,t} \\ N_{1,t} \\ N_{2,t} \\ N_{3,t} \end{bmatrix}$$

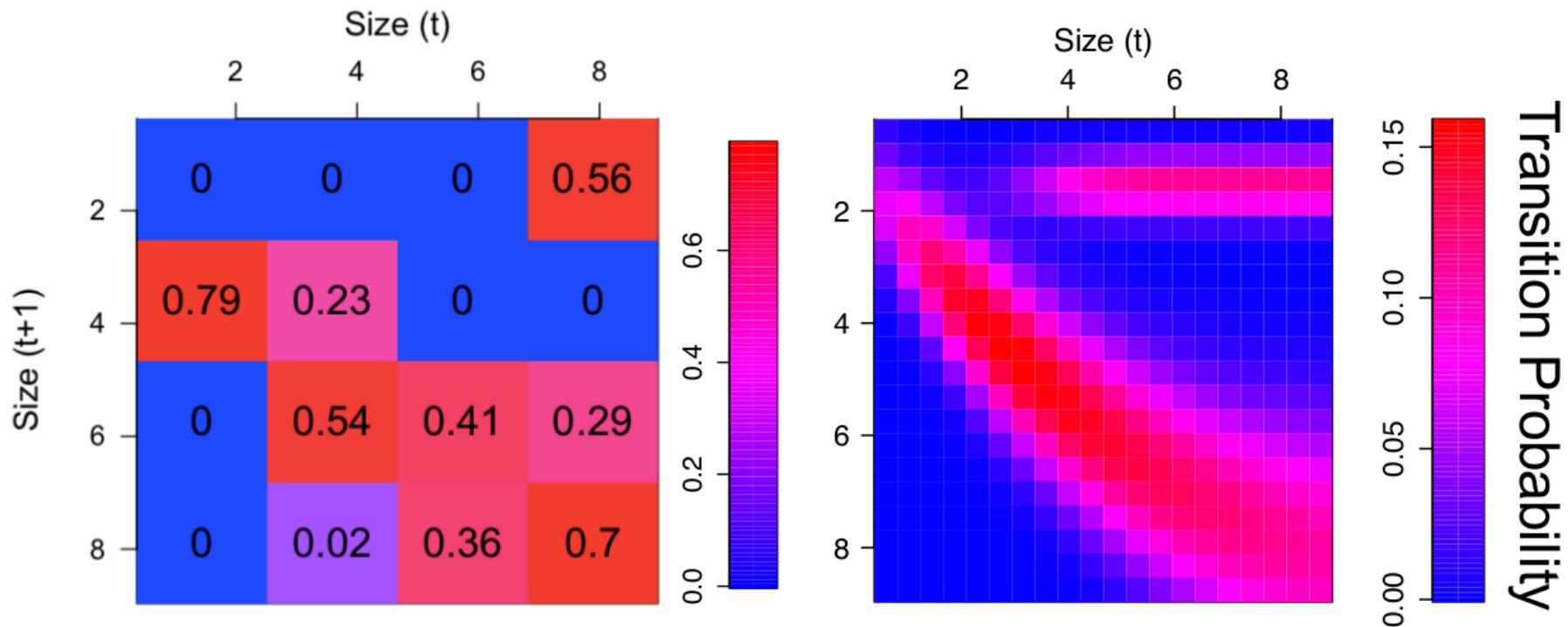
Modelos demográficos

- Inconvenientes de esta formulación:
 - en individuos de crecimiento lento y continuo, la edad no es un buen indicador de fecundidad o supervivencia → clases por tamaño
 - A su vez, es difícil dividir una población de árboles por categorías de tamaños de manera eficiente... en la naturaleza no hay “categorías”



Modelos demográficos

- Podemos dividir la población en un número cada vez mayor de clases de tamaño...



Modelos demográficos

- Si repetimos el proceso hasta tener *infinitas* clases de tamaño, recogemos la variación en fecundidad y supervivencia entre todos los individuos de la población. Para ello, reformulamos el modelo matricial a un modelo **integral**:

$$\mathbf{n}_{t+1} = \mathbf{A} \mathbf{n}_t$$

$$n_{t+1}(y) = \int_{\substack{all \\ sizes}} [P(x,y) + F(x,y)] n_t(x) dx$$

$P(x,y)$ = **supervivencia** de individuos de tamaño x , y **crecimiento** a tamaño y
 $F(x,y)$ = **fecundidad**, individuos de tamaño y nacidos de individuos de tamaño x

Modelos demográficos

- Este tipo de modelos se denomina IPM (Integral Projection Model)

$$n_{t+1}(y) = \int_{\text{all sizes}} [P(x, y) + F(x, y)] n_t(x) dx$$

$P(x, y)$ = **supervivencia** de individuos de tamaño x , y **crecimiento** a tamaño y

$F(x, y)$ = **fecundidad**, individuos de tamaño y nacidos de individuos de tamaño x

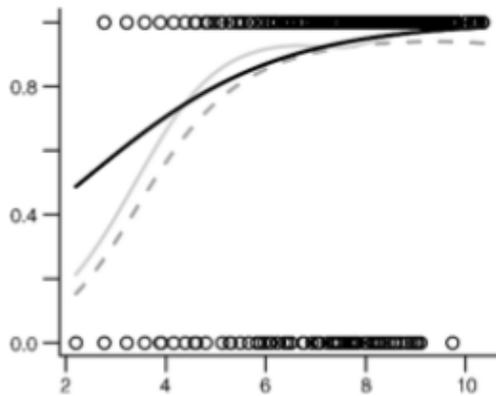
Necesitamos funciones para estimar:

- **supervivencia**
- **crecimiento**
- **fecundidad**

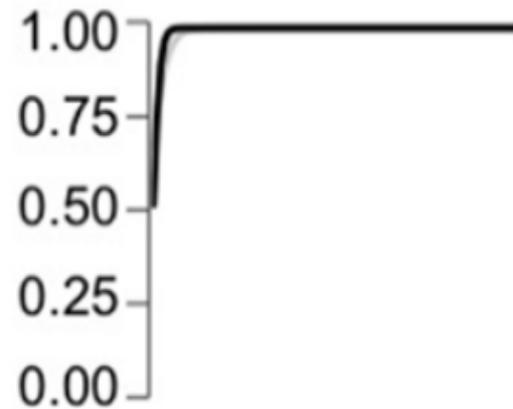
Modelos demográficos: supervivencia

Survival Probability

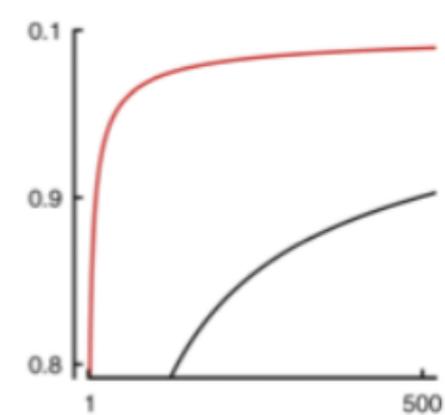
Dahlgren et al. 2011



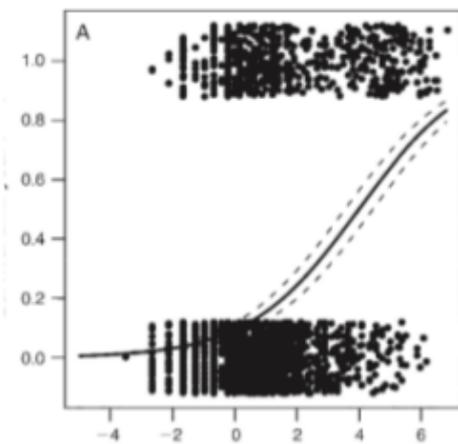
Salguero-Gomez et al. 2012



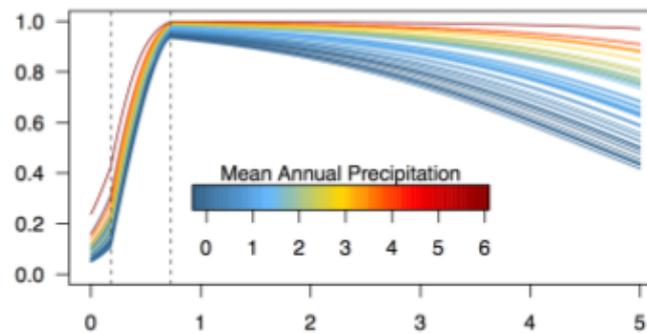
Metcalf et al. 2009



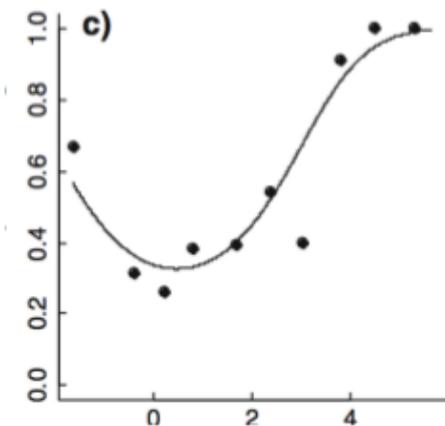
Jongejans et al. 2011



Merow et al. 2014



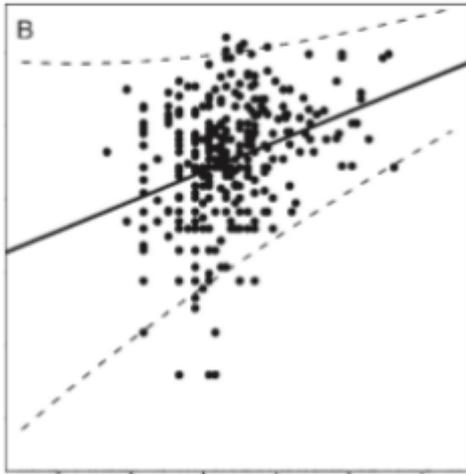
Metcalf et al. 2008



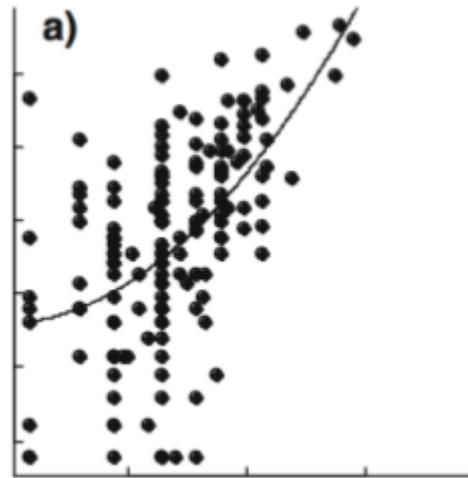
Size

Modelos demográficos: crecimiento

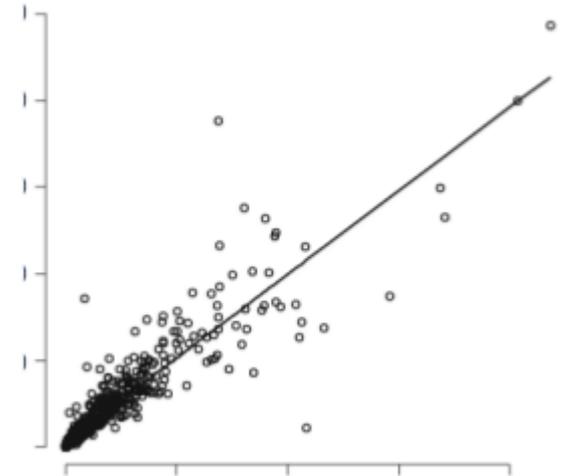
Jongejans et al. 2011



Metcalf et al. 2008

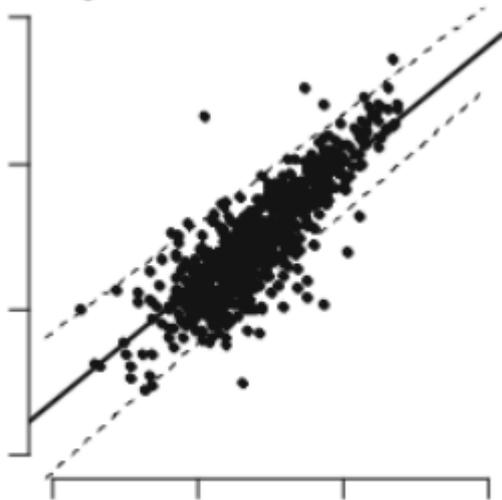


Ferrer-Cervantes et al. 2012

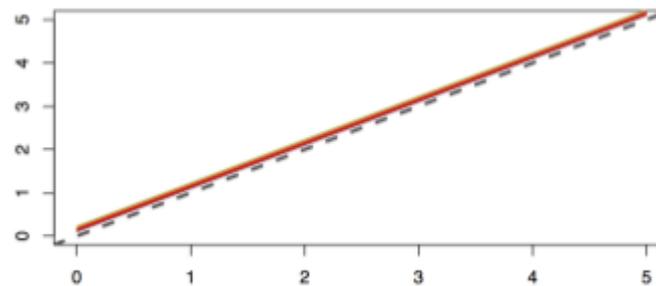


Size (t+1)

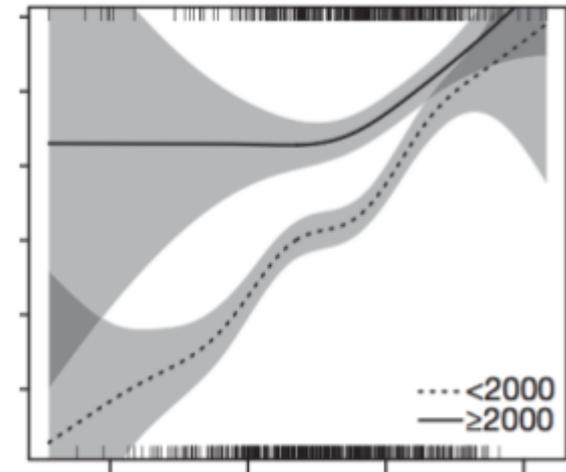
Hegland et al. 2010



Merow et al. 2014



Ozgul et al. 2010

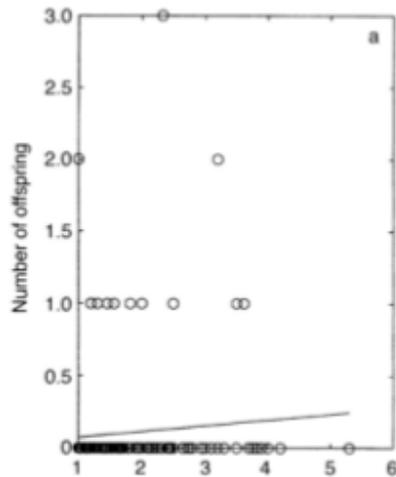


Size (t)

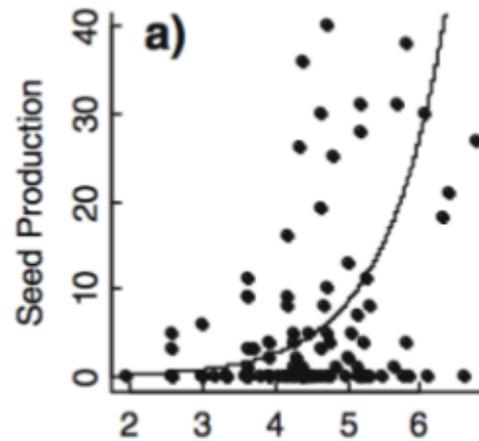
Modelos demográficos: fecundidad

Number of Babies

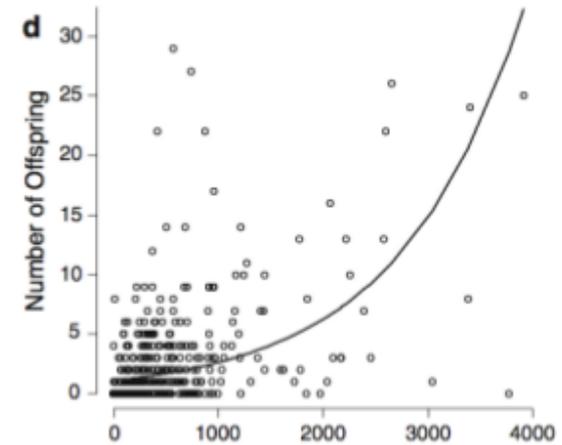
Easterling et al. 2000



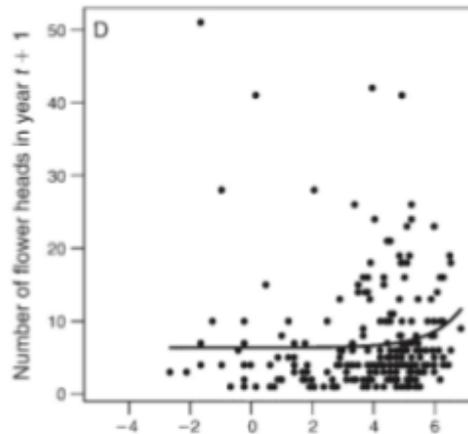
Metcalf et al. 2009



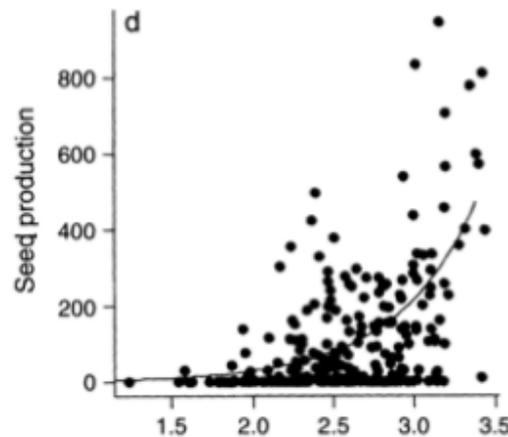
Ferrer-Cervantes et al. 2012



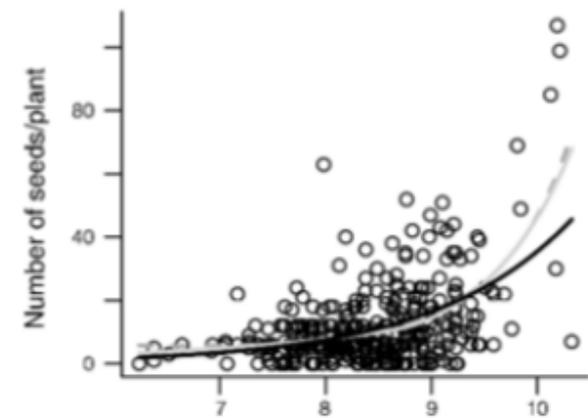
Jongejans et al. 2011



Rose et al. 2005



Dahlgren et al. 2011



Size

IPM para la Península Ibérica

- ¿Cómo variará la distribución y abundancia de especies forestales en la Península Ibérica en las próximas décadas, en un contexto de cambio climático?
- Entre los procesos demográficos (supervivencia, crecimiento, fecundidad, dispersión), ¿cuáles serán los más afectados por el cambio climático?

Journal of
Plant Ecology

PAGES 1–13

doi:10.1093/jpe/rtw081

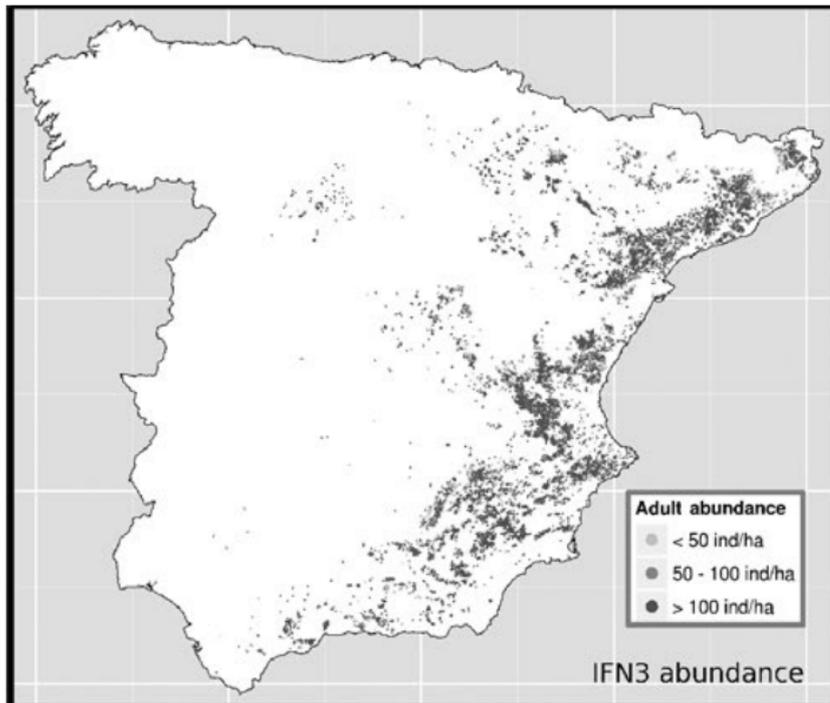
available online at
www.jpe.oxfordjournals.org

Projecting the distribution and
abundance of Mediterranean tree
species under climate change: a
demographic approach

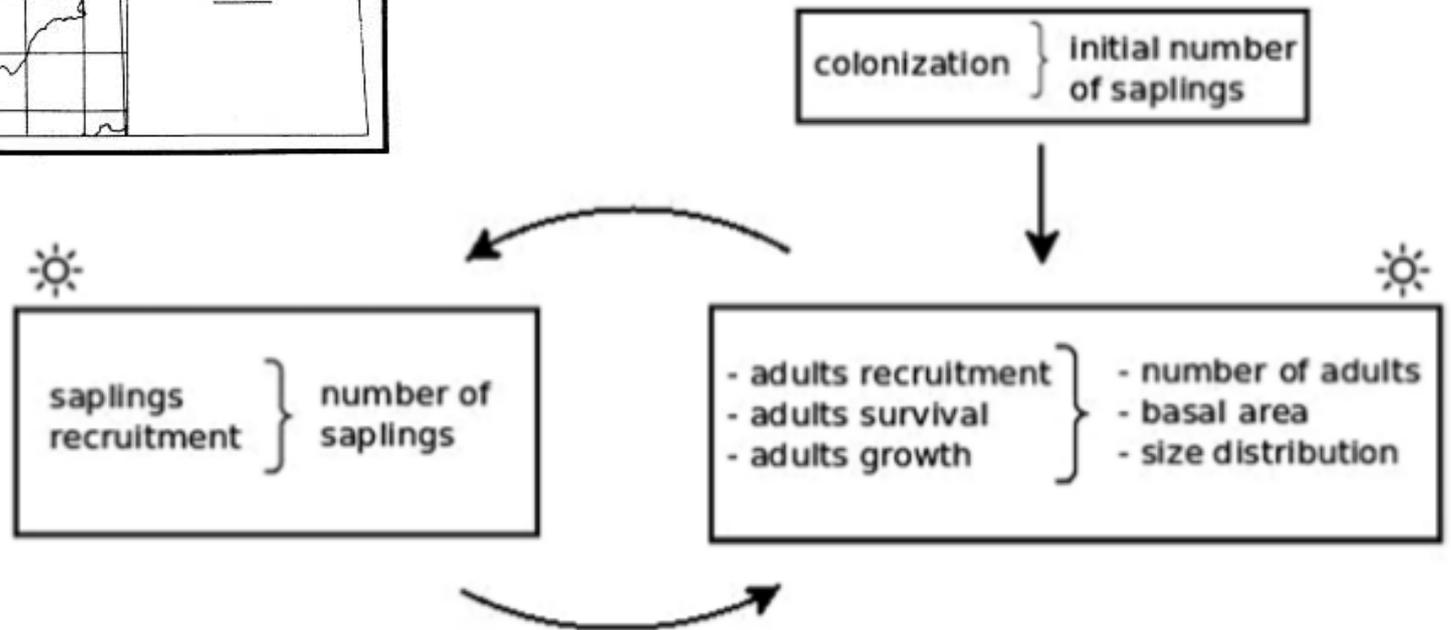
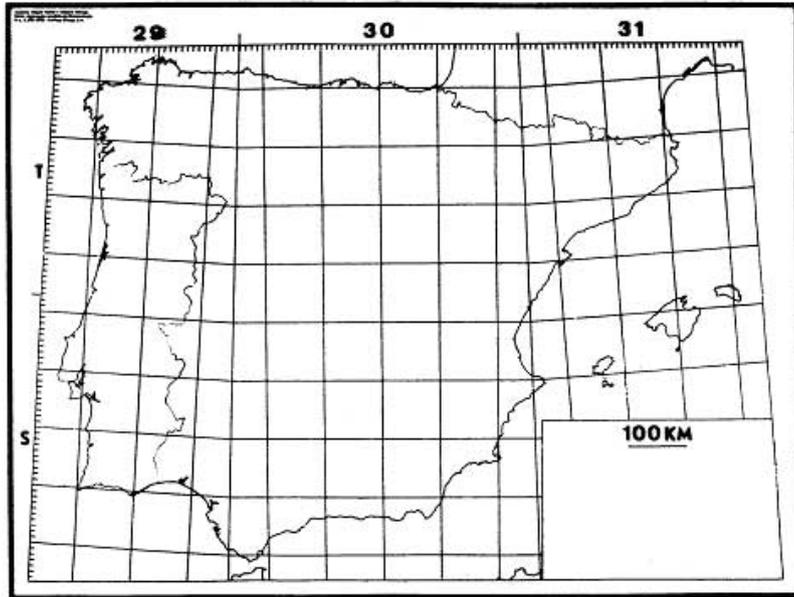
David García-Callejas^{1,}, Roberto Molowny-Horas¹ and
Javier Retana^{1,2}*

IPM para la Península Ibérica

- Datos: Inventarios Forestales Nacionales IFN2, IFN3
- Proyecciones climáticas hasta 2090
- Especie de estudio: *Pinus halepensis*



IPM para la Península Ibérica

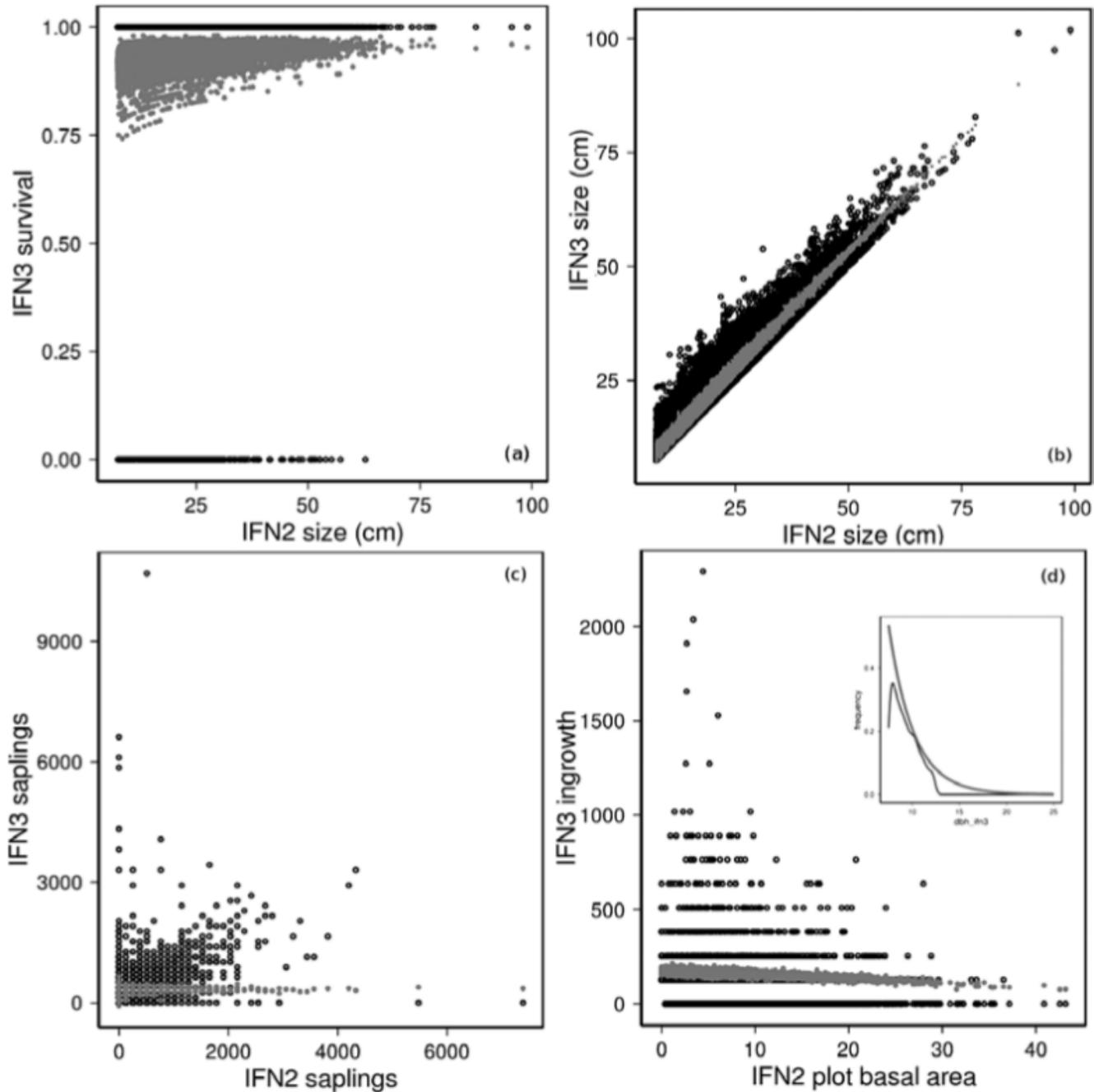


IPM para la Península Ibérica

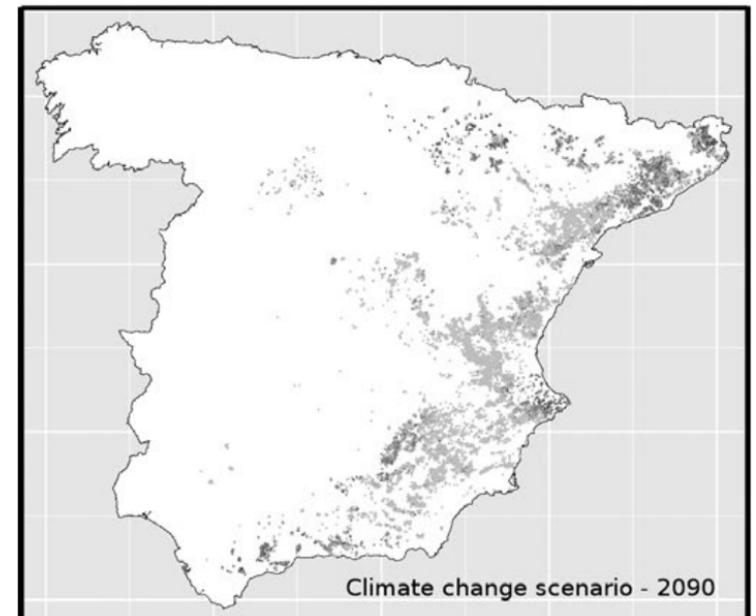
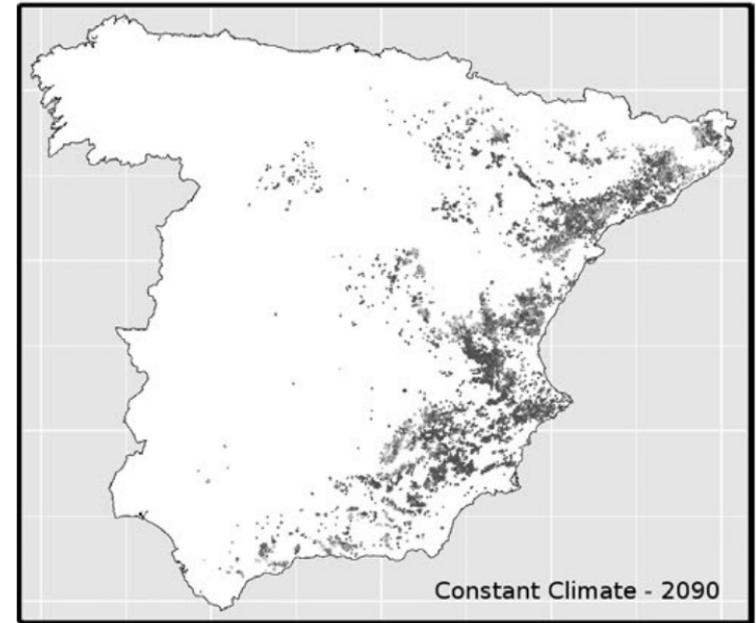
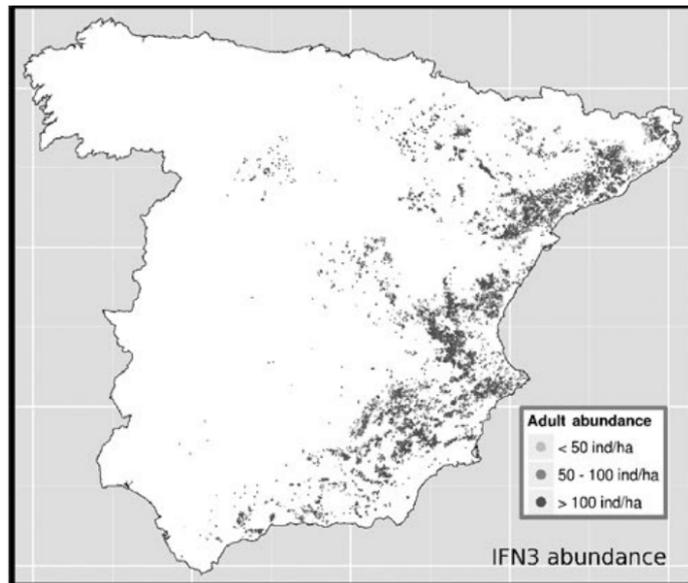
- Procesos demográficos:

- **supervivencia** ~ dbh + precipitación + temperatura + área basal
- **crecimiento** ~ dbh + precipitación + temperatura + área basal
- **nuevos adultos** ~ num. juveniles + precipitación + temperatura + área basal
- **juveniles** ~ precipitación + temperatura + área basal total + área basal *P.halepensis*
- **colonización** ~ área basal total + área basal *P.halepensis* parcelas cercanas

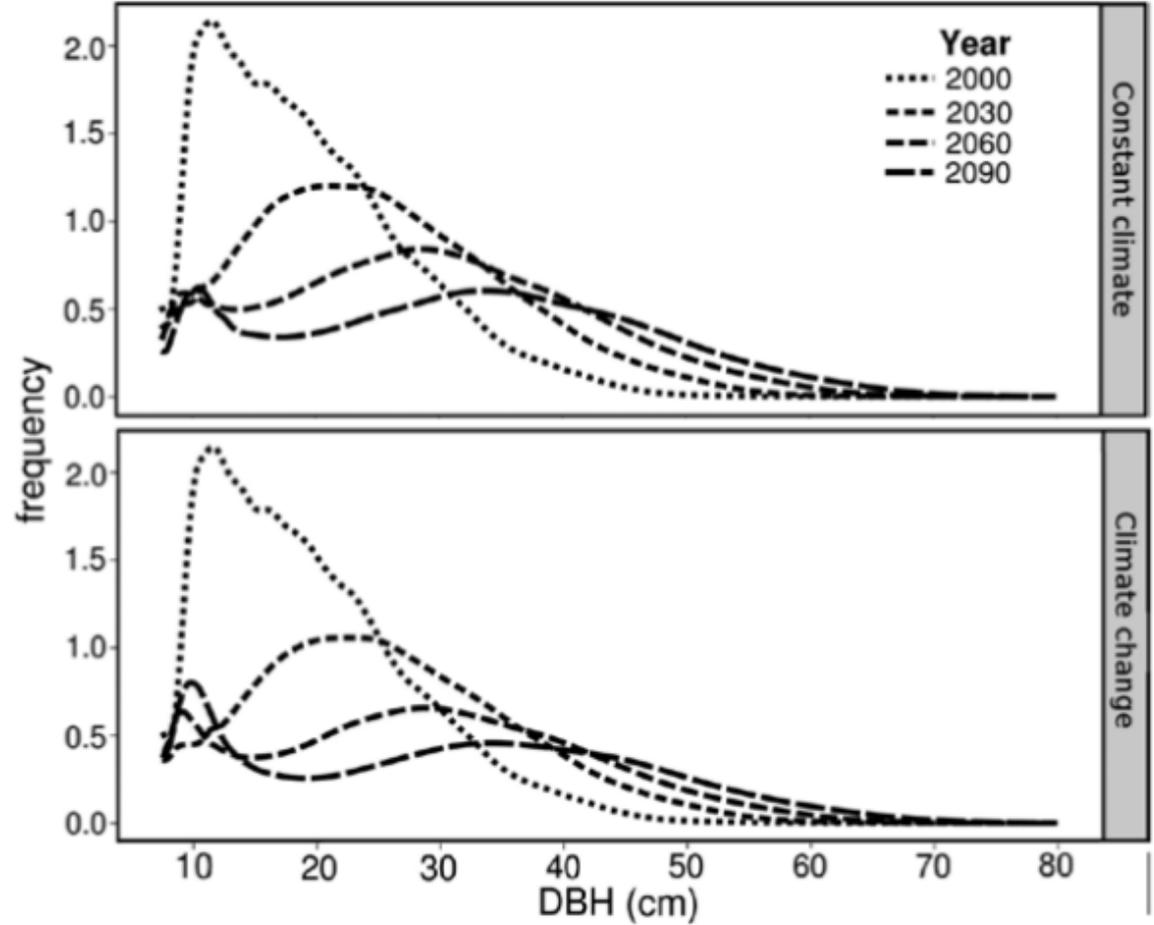
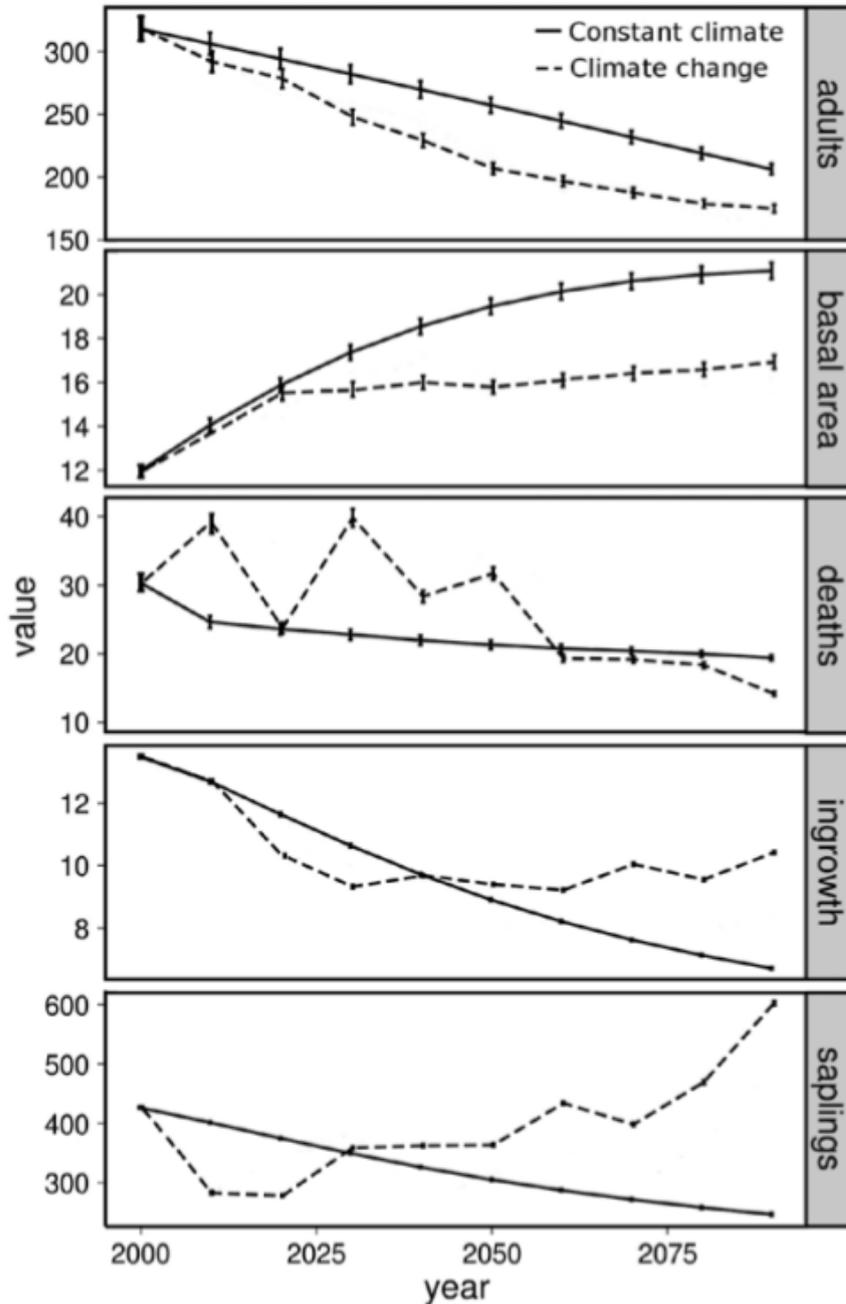
IPM para la Península Ibérica



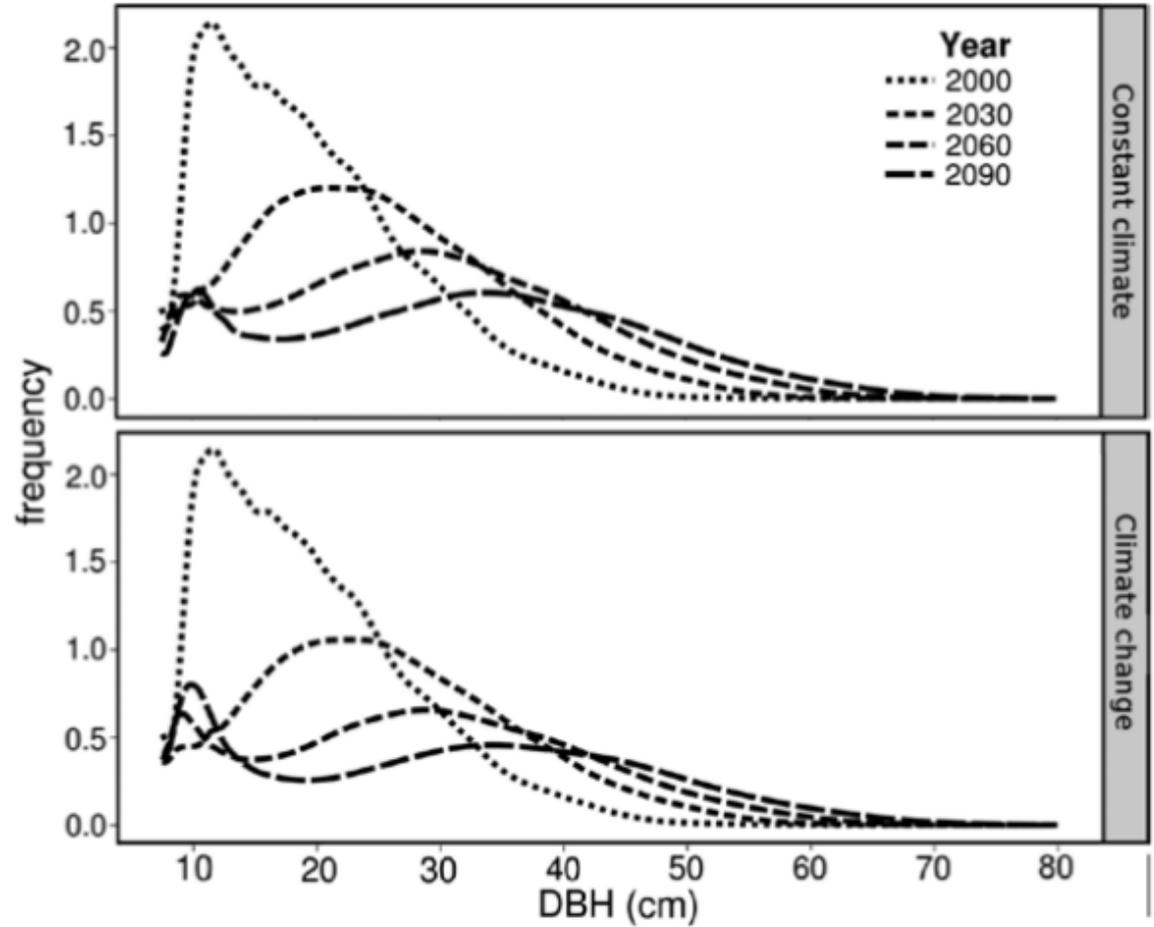
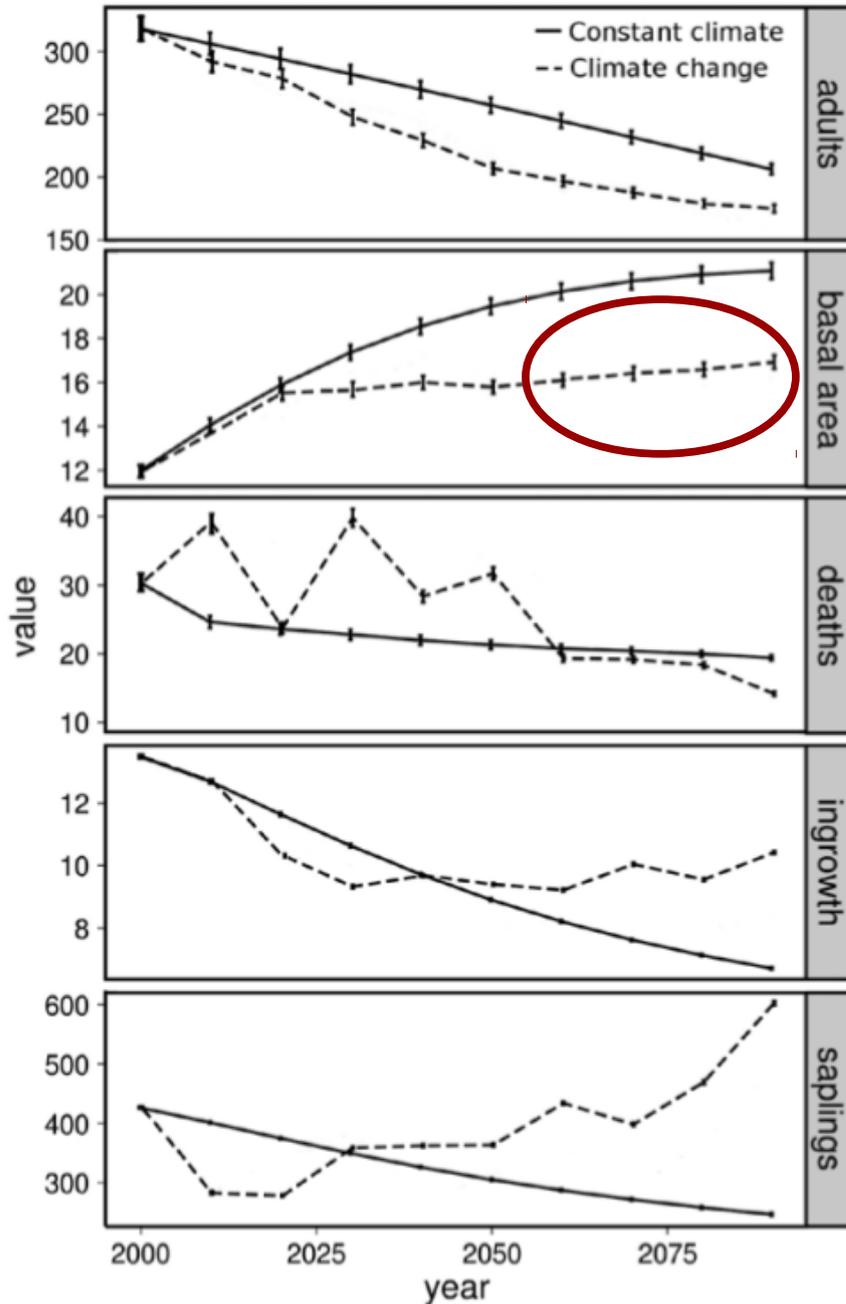
IPM para la Península Ibérica



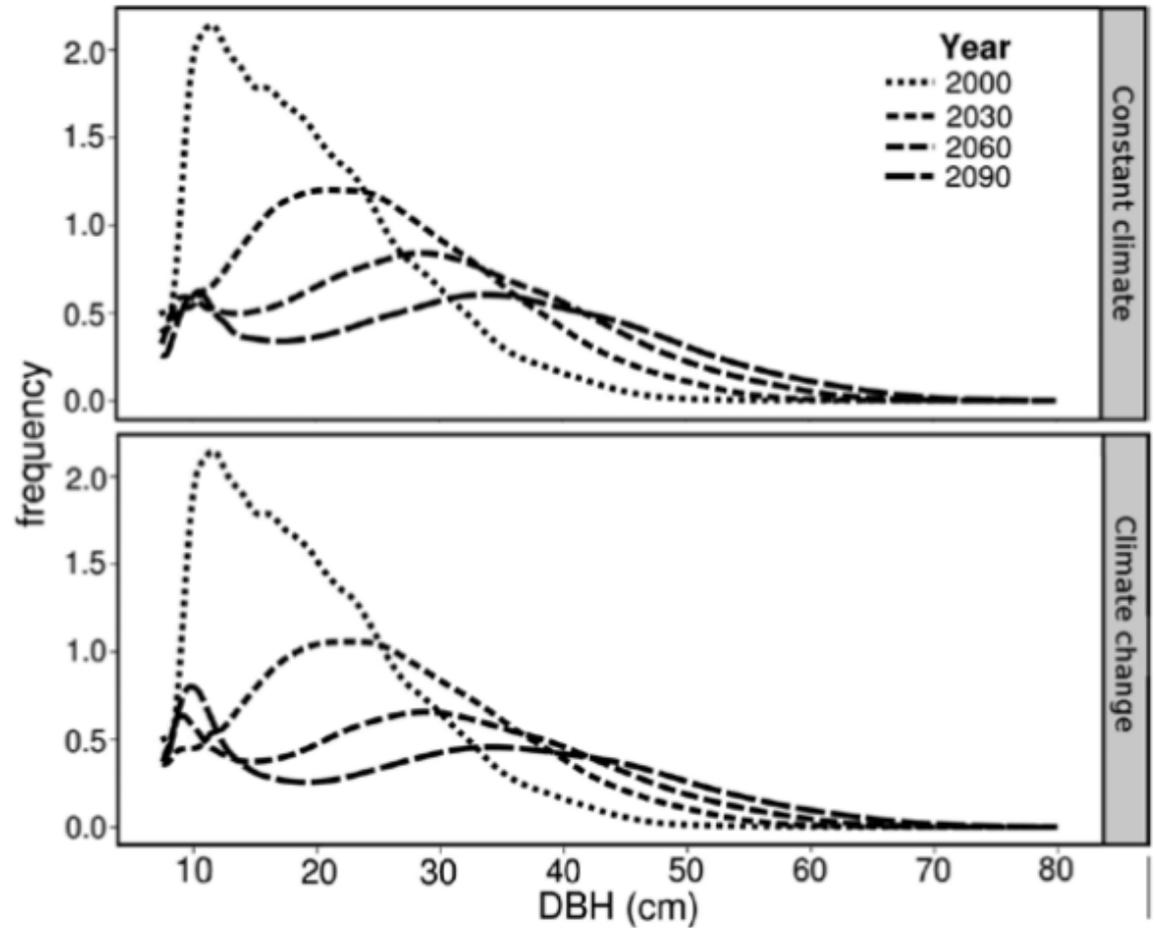
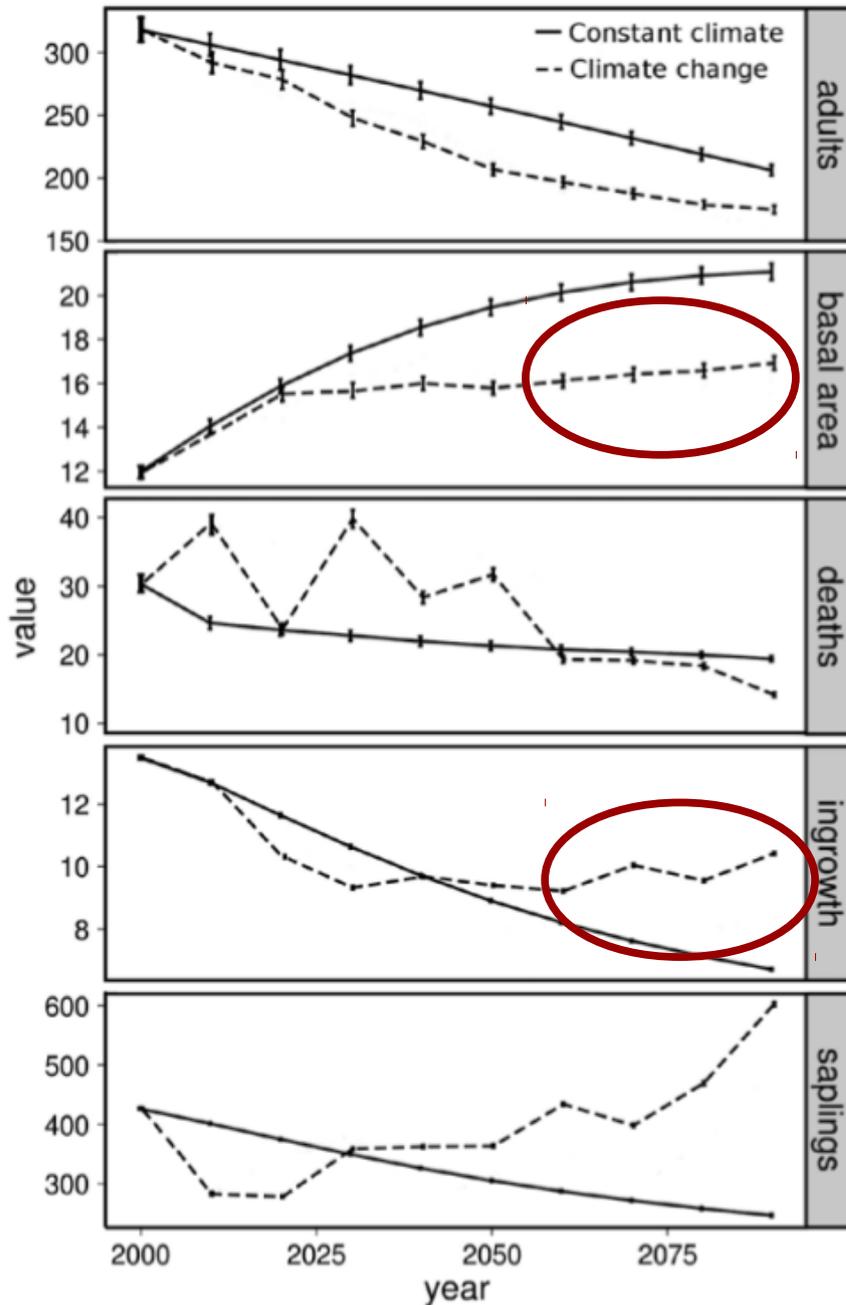
IPM para la Península Ibérica



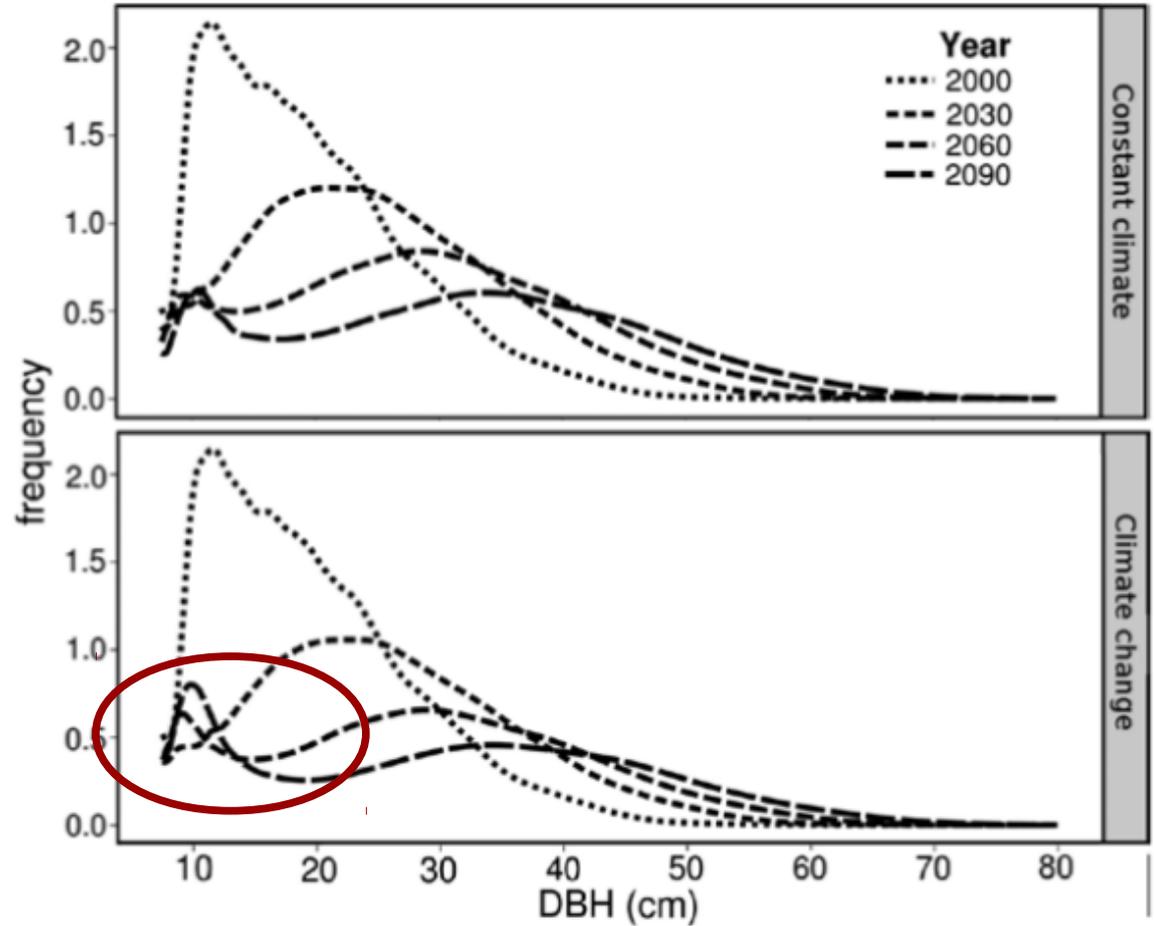
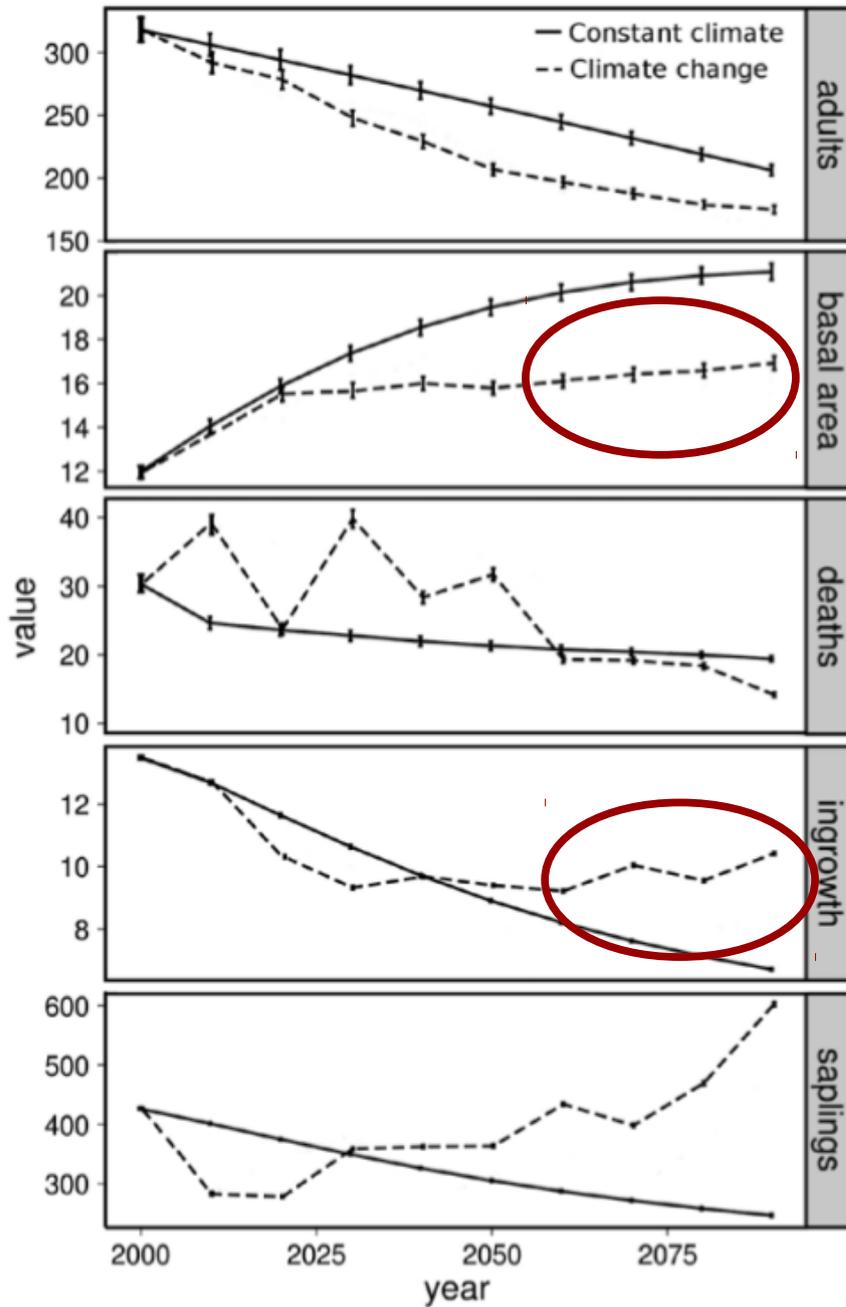
IPM para la Península Ibérica



IPM para la Península Ibérica



IPM para la Península Ibérica



IPM para la Península Ibérica

- La modelización de procesos demográficos permite comprender las interdependencias entre ellos y en relación a cambios ambientales
- En escenarios de cambio climático severo, incluso especies termófilas como *P. halepensis* pueden verse afectadas a nivel demográfico
- Para entender patrones a gran escala (p.ej Península Ibérica), es importante saber qué ocurre a escalas más pequeñas
- Limitaciones: fisiología, plasticidad poblacional, limitaciones de los datos, otros factores (usos del suelo, incendios)

