

Organismo Autónomo de Parques Nacionales

**Asesoría Técnica para la modelización de las
poblaciones de gaviota patiamarilla
(*Larus michahellis*) en las Islas Chafarinas**

INFORME FINAL

Septiembre 2008

D. Jesús M^a Barandica Fernández

Grupo de Dinámica de Sistemas Ecológicos

Departamento de Ecología

Facultad de Biología

Universidad Complutense de Madrid

1. Introducción

Este documento constituye la memoria final correspondiente al Contrato Menor *Asesoría Técnica para la Modelización de las poblaciones de gaviota patiamarilla (Larus michahellis) en las Islas Chafarinas*, cuyo periodo de vigencia comprende desde septiembre de 2007 hasta septiembre de 2008.

La dirección del Proyecto esta a cargo de D. Jesús M^a Barandica, del Grupo de Dinámica de Sistemas Ecológicos del Departamento de Ecología de la Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), en coordinación con el Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN), a través de D. Javier Zapata, Director del Proyecto por parte de éste Organismo. Los demás integrantes del Grupo de Dinámica de Sistemas Ecológicos que participan en el proyecto son:

- Dr. Francisco J. Acosta, Profesor Titular.
- Dr. Francisco López, Profesor Titular.
- Dr. José Serrano, Profesor Titular.
- Dr. Juan Martín, Profesor Asociado.
- D. Clemente Fernández, Licenciado en Biología (experto en herramientas funcionales de apoyo a la gestión y diseño de bases de datos).
- Dña. Paloma Martín, Licenciada en Biología (técnico auxiliar)

El objetivo principal de esta asesoría adecuada para una organización y análisis de la información, así como para la modelización de las poblaciones de *Larus michahellis* de este singular espacio natural del Mediterráneo, con la cual acceder a un mejor conocimiento de la misma en términos cuantitativos.

Así, se pretende que de la elaboración del modelo poblacional de la gaviota patiamarilla en Chafarinas se puedan inferir las estimas verosímiles de los efectivos de los distintos estadios o fases vitales de la especie, y con ello discernir el efecto de los manejos efectuados, las fases susceptibles de manejo más efectivo, etc., además de apuntar a la predicción en términos cuantitativos de las prácticas de manejo. Esto comprendería el analizar distintos escenarios en el tiempo y según diferentes pautas de manejo hipotéticas.

Ese conocimiento se constituirá de ese modo en la base de referencia que permita proporcionar directrices para establecer los contenidos de los planes y programas

operativos necesarios para el seguimiento de las poblaciones de *Larus michahellis* objeto de gestión.

La presentación de este Informe responde a las especificaciones de la Memoria del Contrato Menor, la cual prescribe un Informe Final al finalizar el periodo de contratación, y se presenta tanto en formato impreso como electrónico.

2. Antecedentes

El archipiélago de las Chafarinas, está formado por tres islas de origen volcánico: Congreso, Isabel II y Rey. Debido a su condición de aislamiento y su configuración rocosa, es uno de los lugares preferidos por ciertas especies de aves consideradas hasta hace poco en peligro de extinción. La presencia de estas aves ha sido motivo para declarar las islas como Refugio Nacional de Caza (RNC) en 1982, posteriormente como ZEPA y ya en 2006 designarla como LIC (LIC ES6300001) sobre una superficie de 511 Ha. que incluyen tanto la superficie terrestre de las tres islas —unas cincuenta hectáreas—, como la marina circundante, con sus fondos.

Una de las especies más conspicuas en Chafarinas es la llamada gaviota patiamarilla (*Larus michahellis*) que ha venido manteniendo y aumentando sus efectivos poblacionales en las islas a lo largo de los tiempos más recientes en que ha sido seguida, desde 1983 a la actualidad.

La gestión que tradicionalmente se ha planteado en Chafarinas ha girado alrededor de las especies más escasas y amenazadas, como es el caso de la gaviota de Audouin, a pesar de que los márgenes para la acción resultan escasos. Es decir, una gestión proactiva resulta cuando menos difícil en el caso de la gaviota de Audouin, mientras que para la patiamarilla sí que caben más posibilidades de actuación, como de hecho así viene ocurriendo, pues no sólo sus poblaciones nidificantes son censadas desde hace 24 años sino que, además, se ha intervenido de manera activa eliminando adultos reproductores, interviniendo sobre la viabilidad de las puestas, etc.

Con todo, no se conoce la realidad de la dinámica de los parámetros poblacionales de esta especie en Chafarinas pues los datos y la información disponible han sido obtenidos y elaborados con otros objetivos. No obstante, su acumulación da una facilidad añadida cual es la posibilidad de ser analizada “a posteriori”.

La idea fundamental de partida es que las poblaciones de gaviotas en Chafarinas tienen una entidad tal que por sí solas pueden dar buena cuenta de la dinámica y evolución del medio natural terrestre. Si el manejo de la especie de más interés, *Larus audouinii*, resulta complejo dado que, a tenor de los estudios y seguimiento realizados, la especie podría estar siendo sujeta a influencias tróficas que escapan a la gestión posible, en cambio, el manejo de la patiamarilla posibilita influencias y sinergias importantes. Dicho

manejo ha de venir adecuadamente orientado desde la adopción de medidas de gestión basadas en el conocimiento funcional de la dinámica de sus poblaciones y su interacción con el entorno, cuya comprensión vendría facilitada mediante herramientas de modelización.

La elaboración del modelo de las poblaciones de gaviota patiamarilla (*Larus michahellis*) del RNC Islas Chafarinas requiere por tanto, una asesoría que haga factible la integración del conjunto de elementos, datos, información, etc., mediante una herramienta de formalización que permita contrastar hipótesis de gestión fundamentadas en el conocimiento funcional sobre la especie, que ponga de manifiesto las posibles lagunas y/o inconsistencias de la información o el conocimiento disponibles, y que proporcione la base de referencia para el establecimiento de los contenidos de los planes y programas operativos necesarios para el seguimiento de la especie.

3. Objetivos

El objeto de esta propuesta es asesorar para la aplicación del conocimiento y la información disponibles sobre la gaviota patiamarilla en Chafarinas a un modelo poblacional que facilite la toma de decisiones de gestión.

Esto se traduce en analizar y organizar el conocimiento y la información disponibles sobre la dinámica poblacional de la gaviota patiamarilla en Chafarinas y su interacción con el entorno; en formalizar este conocimiento, a partir del cual se construirá una herramienta operativa que permita simular y analizar funcionalmente la dinámica poblacional de esta especie, contrastando la verosimilitud de las hipótesis formuladas sobre el mismo, así como proporcionar predicciones sobre su evolución futura, además de evaluar la potencial efectividad de las posibles estrategias de manejo y/o control.

Se trata concretamente, por tanto, de efectuar un reconocimiento del área de estudio y un protocolo de los trabajos a desarrollar, configurar y contrastar los métodos que se vayan a utilizar en la selección, recogida, tratamiento y procesamiento de la información relevante.

Se considerarán las condiciones específicas del área de estudio en cuanto a la viabilidad de los requerimientos que las distintas normas jurídicas imponen respecto a cada objeto de atención (especies protegidas, hábitats prioritarios, espacios protegidos, instalaciones científicas, etc.).

Se incluirá en la asesoría la consideración de los agentes implicados para reconocer las claves de su participación respecto a los objetos de gestión, así como los requerimientos y potencialidad de sus respectivas organización e infraestructura.

Se identificarán los datos e información disponibles que sean relevantes.

Se identificarán los compartimentos poblacionales o fases de vida de los individuos en que cabe agrupar los estadios de la población.

Se pretende, de este modo, adaptar la información y datos disponibles a una aplicación informática adecuada para producir distintos escenarios en el tiempo y según diferentes pautas de manejo hipotéticas.

Utilizando esta herramienta como referencia de apoyo, se pretende determinar o identificar las acciones que en cada caso se han de desempeñar de conformidad con los objetos de manejo y la real situación de las poblaciones.

Del mismo modo, se establecerán los contenidos de los planes y programas operativos necesarios para el seguimiento de las poblaciones de *Larus michahellis* objeto de gestión.

Finalmente, se asesorará la elaboración del esquema previo de los contenidos a desarrollar para dar cumplimiento a los requerimientos de seguimiento o monitorización de la especie.

4. Desarrollo del proyecto

Se expone a continuación el desarrollo de los trabajos correspondientes a las diferentes fases en las que se ha estructurado esta asistencia técnica, según se especificaba en la Memoria del Contrato Menor.

4.1. Fase I. Reconocimiento y protocolo de trabajo

4.1.1. Información disponible sobre la población de la especie en Chafarinas

La gaviota patiamarilla (*Larus michahellis*) ha venido manteniendo y aumentando sus efectivos poblacionales en las islas a lo largo de los tiempos más recientes. Su población es censada en las dos islas principales del archipiélago, Rey y Congreso, desde 1983 hasta la actualidad (fig. 4.1).

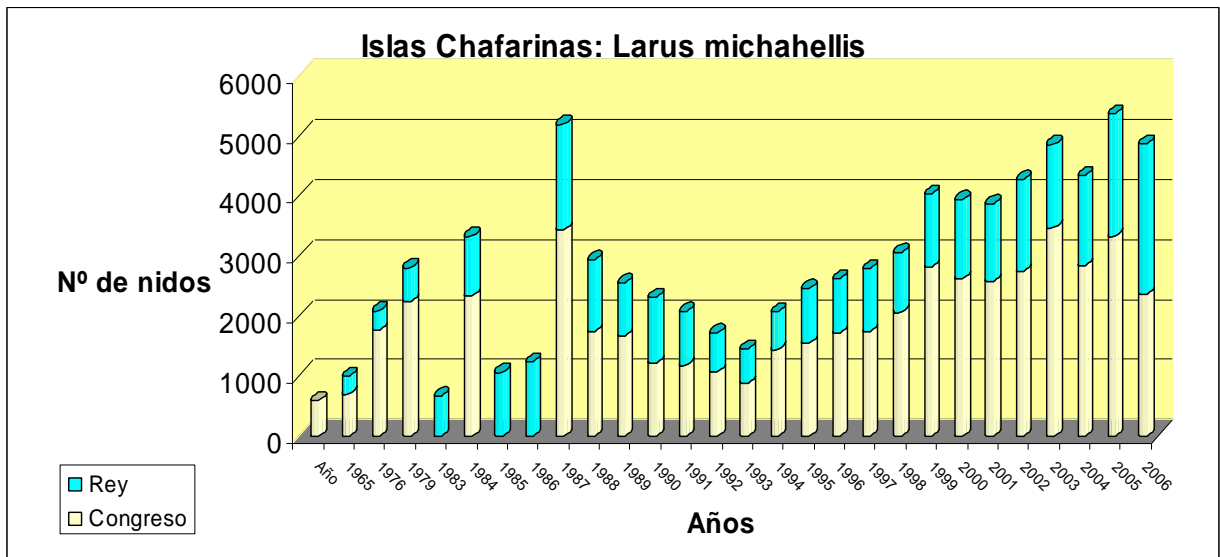


Fig. 4.1. Datos históricos del número de nidos de *Larus michahellis* en las islas de Rey y Congreso.

Sobre su población se han ensayado diversas técnicas de control, principalmente debido a que se asume un efecto negativo de esta especie sobre la supervivencia de la colonia de *Larus audouinii*. Desde 1987 a 1993 se aplicó la técnica de “culling”, eliminándose un adulto de cada nido. El efecto de esta técnica es evidente en el número de efectivos durante el periodo en que se mantuvo su aplicación: el número de nidos en 1993 es aproximadamente la quinta parte de los alrededor de 5.000 nidos de 1987.

Posteriormente, a partir del año 2003 en la isla de Rey y desde 2007 en la de Congreso, se viene realizando el parafinado de huevos en los nidos, aunque el esperado efecto de control de esta técnica está aún por determinar.

Se han analizado en detalle los datos de cría disponibles contenidos en la base de datos sobre la especie desde diferentes perspectivas, lo que permite poner de manifiesto algunos aspectos que no son evidentes a partir del análisis de los datos totales de los nidos.

Para este análisis se han utilizado los datos brutos de los censos, por lo que se comprobará que los valores anuales del total de nidos difieren de los totales que aparecen en la figura 4.1. Se han seleccionado los datos a partir del año 1991, desde cuando se llevan a cabo censos de tallados incluyendo el número de nidos y huevos.

El número de nidos muestra inicialmente el descenso atribuible al efecto de la aplicación del *culling*, que finaliza en 1993 (fig. 4.2). Posteriormente la tendencia es incremental, de un modo bastante monótonico, a pesar incluso de la aplicación de la técnica de parafinado a partir de 2003.

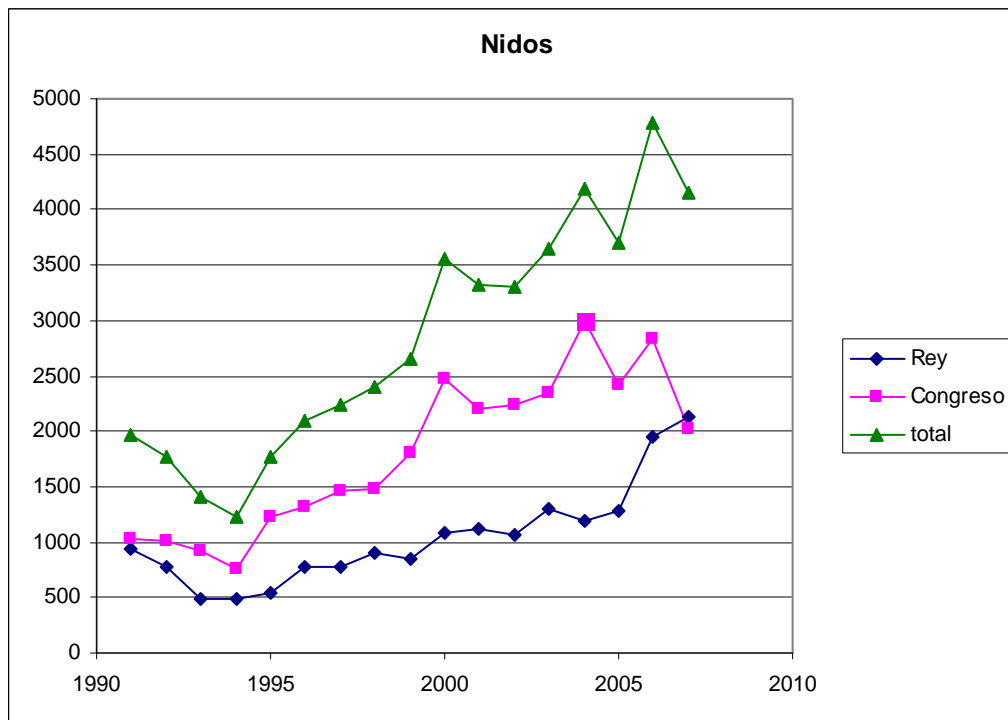


Fig. 4.2. Datos históricos del número de nidos de *Larus michahellis* según los datos brutos de los censos realizados a partir de 1991.

De hecho el incremento el total de nidos desde 1994 se ajusta notablemente bien a un modelo de crecimiento lineal (fig. 4.3). No obstante, pueden observarse dos momentos

de máximo incremento, correspondientes a los años 2000 y 2006, y una etapa en la que ese incremento de ve frenado precisamente entre esos años —que es más evidente si se considera que el dato de Congreso de 2004 corresponde a una estimación, presumiblemente al alza.

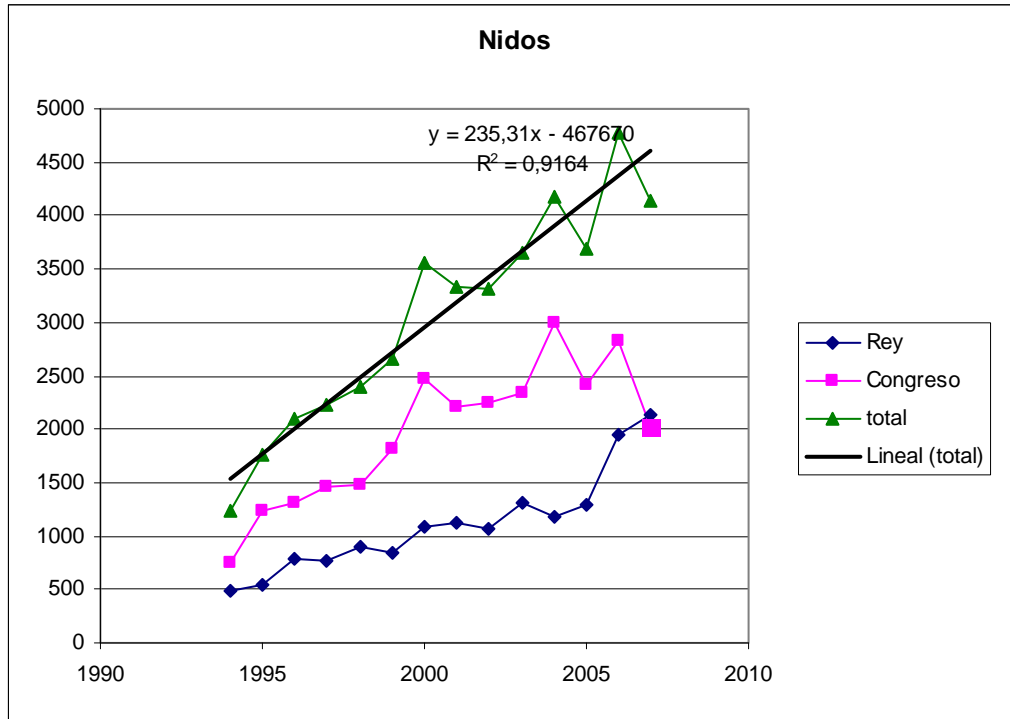


Fig. 4.3. Datos históricos del número de nidos de *Larus michahellis* según los datos brutos de los censos: detalle de 1994-2007 y ajuste de la tendencia del total de nidos.

El número de huevos presenta, en términos generales, unas tendencias similares a las vistas para el número de nidos (fig. 4.4).

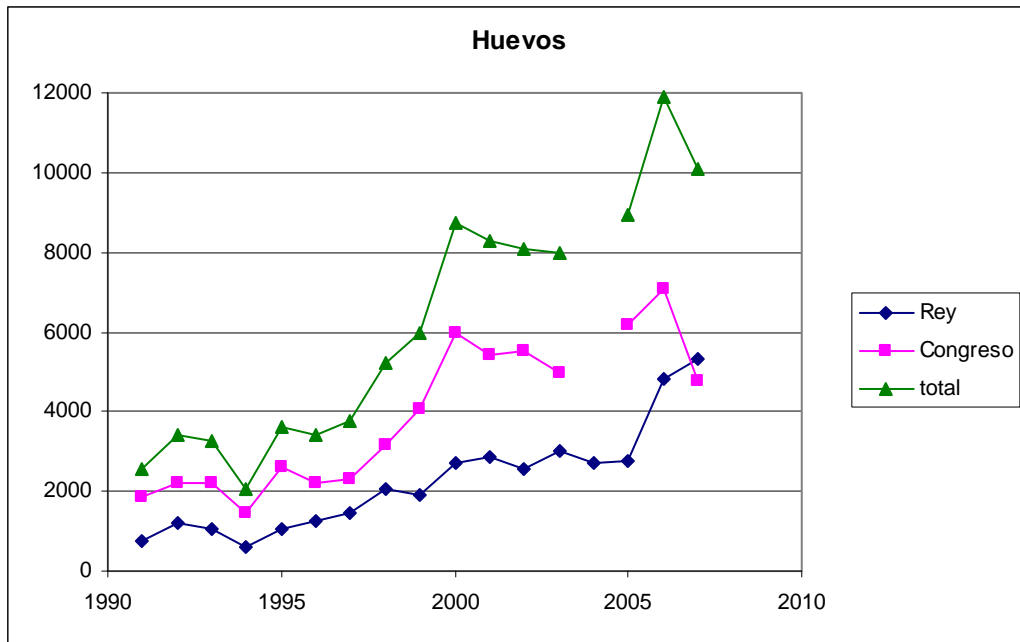


Fig. 4.4. Datos históricos del número de huevos de *Larus michahellis* según los datos brutos de los censos.

Sin embargo, la relación huevos por nido (fig. 4.5) muestra algunas particularidades dignas de mención. Presenta una tendencia inicial de incremento en los años finales de aplicación del *culling* —para los que se dispone de información. Esta tendencia se invierte justo el primer año tras finalizar dicha técnica de control y los valores no vuelven a recuperar la tendencia incremental hasta 1997. Estos datos podrían estar evidenciando un efecto secundario del *culling*, aunque la realidad de esta afirmación requeriría contrastar la información y, en su caso, una investigación en detalle.

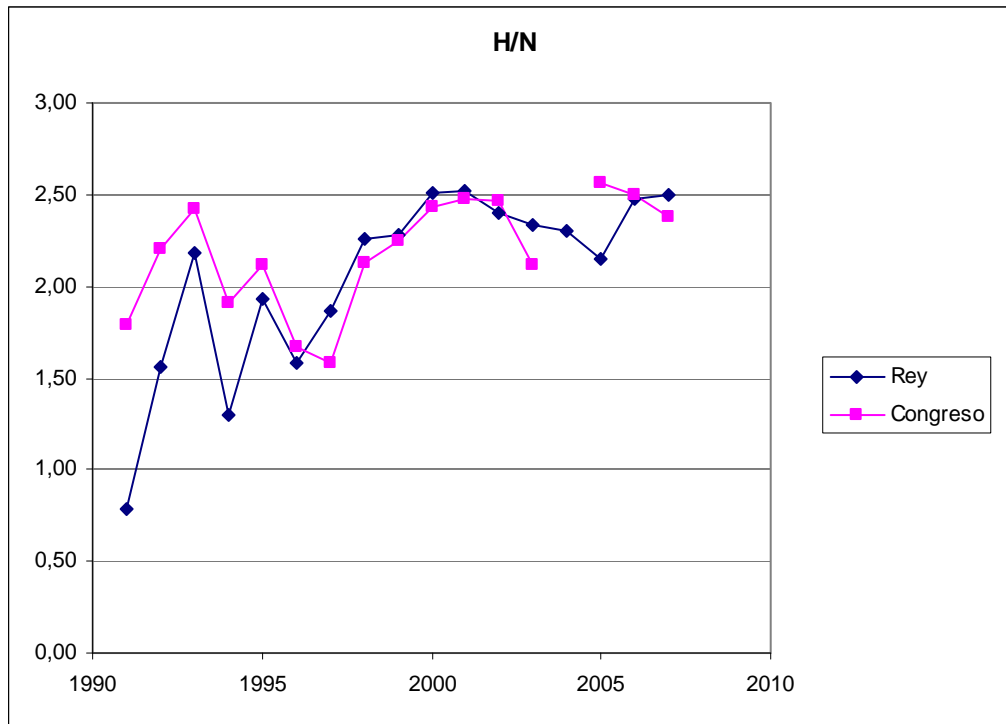


Fig. 4.5. Evolución del número medio de huevos por nido calculado a partir los datos brutos de los censos.

La relación crece hasta alcanzar de nuevo unos valores máximos en torno a los 2,5 huevos por nido, de media. Posteriormente, aparece un nuevo periodo de decremento (2000-2005), aunque menos acusado que el anterior. Cabe mencionar, además, que la aplicación de la técnica de parafinado no parece estar teniendo repercusiones sobre este índice.

En resumen, más allá de la tendencia general de incremento lineal del número de parejas nidificantes en Chafarinas y del evidente efecto de control de la población logrado mediante el *culling*, el análisis detallado de la información sugiere una dinámica subyacente algo más compleja, que se manifestaría en dos periodos en los que la población parece verse frenada en sus posibilidades de crecimiento. Lo interesante de esto —en lo que respecta al conocimiento de la dinámica poblacional de esta especie y con relación a las posibilidades de su manejo— es que las causas que estén determinando ese posible freno parecen tener un mayor efecto de control, a primera vista, que el que proporcionaría la técnica del parafinado.

4.1.2. Interacción con *Larus audouinii*

Uno de los principales argumentos que avalan el interés del estudio de las poblaciones de *L. michahellis* en Chafarinas es el efecto negativo asumido de esta especie sobre la población de *L. audouinii*. Además de las observaciones relativas a la depredación por parte de individuos de gaviota patiamarilla sobre pollos de gaviota de Audouin, el análisis de los datos poblacionales también puede apoyar esta hipótesis. Representando conjuntamente los individuos de ambas especies en época de cría a lo largo de los años para los que se dispone de censos, se pone en evidencia la tendencia recíproca de la evolución de ambas poblaciones (fig. 4.6). Cabe destacar que el incremento de la población de patiamarilla se ajusta notablemente bien a un modelo lineal —que, por otra parte, no es un modelo esperable para el crecimiento de una población natural.

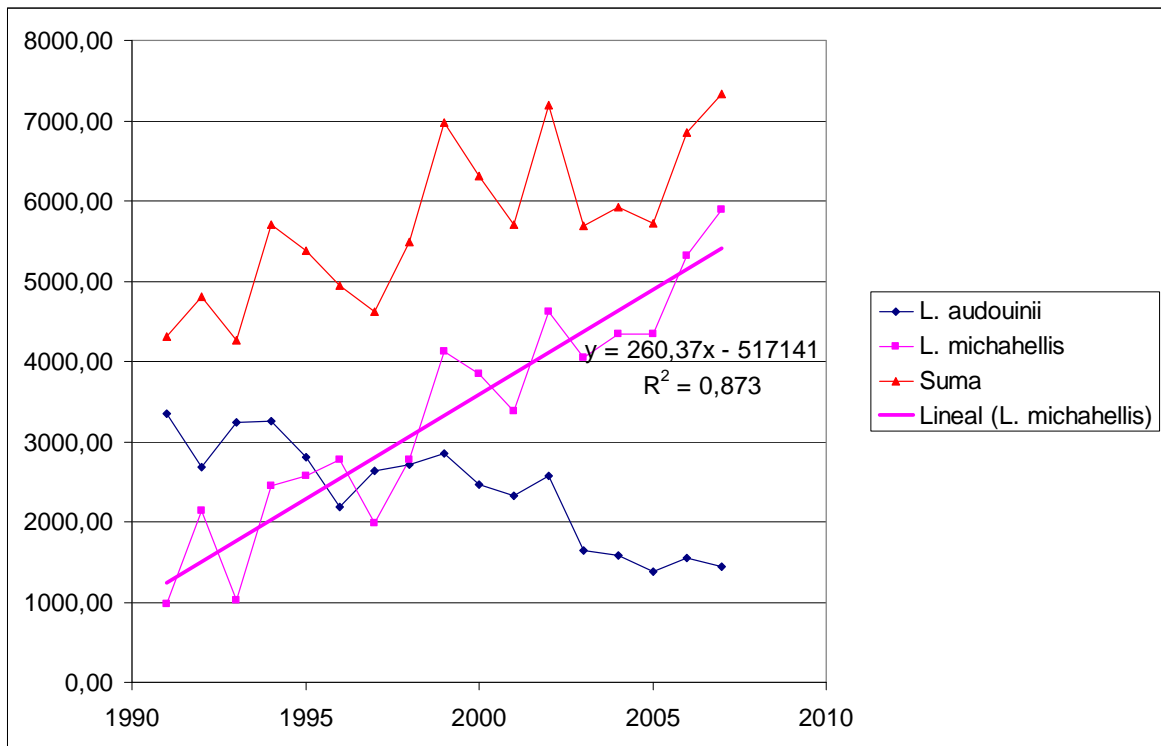


Fig. 4.6. Datos anuales de media de individuos en época de cría para las dos especies de láridos.

La comparación directa de los efectivos de ambas especies es aún más clara, presentando un elevado grado de ajuste a un modelo de regresión lineal (fig. 4.7). No obstante lo anterior, cabe destacar que, en los últimos años, los datos parecen desviarse en cierto modo de esta tendencia, puesto que mientras que la población de gaviota patiamarilla continúa aumentando, la población de Audouin está aparentemente estabilizada.

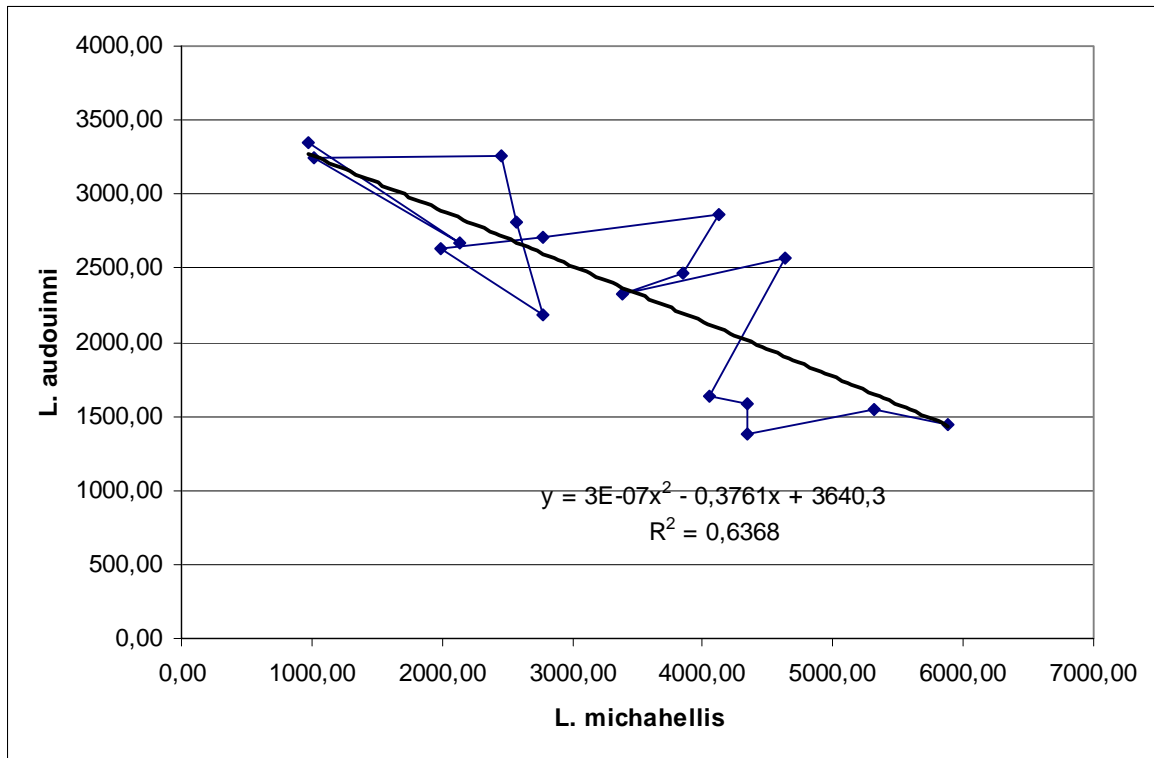


Fig. 4.7. Comparación directa del número de efectivos de ambas especies de gaviota y ajuste a un modelo de regresión lineal de pendiente negativa.

4.1.3. Otra información de contexto

Temperatura del agua

En un intento de identificar esas posibles causas se está estudiando la variación de la temperatura del agua en el entorno de Chafarinas, por la posibilidad de establecer una relación entre ésta y la disponibilidad de alimento para la gaviota patiamarilla (diferencias de abundancia de especies piscícolas).

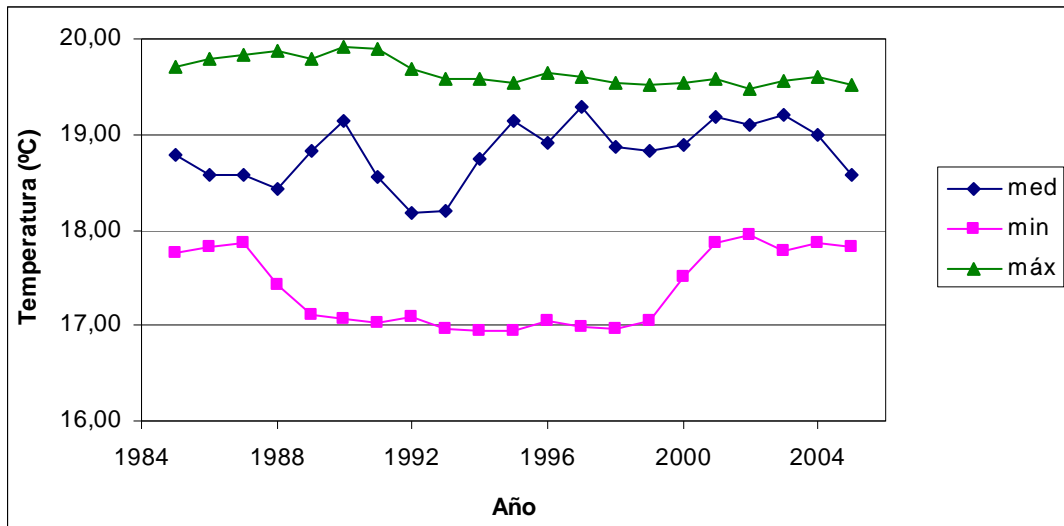


Fig. 4.8. Temperatura del agua en el entorno de Chafarinas 1985-2005. Celda: 27 km lat. x 20,25 km long., centrada en Cabo del Agua (med: media de la temperatura media mensual; min: media de las mínimas, max: media de las máximas).

En un análisis preliminar, hay que destacar el hecho de que los datos históricos de temperatura en la zona han puesto de manifiesto un patrón de variación muy conspicuo, por su regularidad a medio plazo, en lo que se refiere a la media de las mínimas mensuales: desde 1988 a 2000 la temperatura mínima diaria se mantiene un grado por debajo de la de los años anteriores y posteriores. El dilucidar si el cambio en 2000 puede tener alguna relación con el pico de incremento de los nidos de gaviota patiamarilla, requiere completar la serie de datos de temperatura del agua, así como profundizar en la relación entre los cambios de temperatura y la posible dinámica de las especies piscícolas sobre las que puede depredar este lárvido. No obstante, también se tiene en cuenta la relativa independencia de las presas naturales que le confiere a la gaviota patiamarilla su hábito de alimentarse en basureros.

Recursos artificiales para la alimentación

La plasticidad en el comportamiento de alimentación de la gaviota patiamarilla se reconoce como una de las principales razones de su notable proliferación. En concreto, su capacidad de utilizar el recurso artificial constituido por los acúmulos de restos orgánicos en basureros.

En este sentido, las gaviotas patiamarillas de Chafarinas contarían con un importante y permanente recurso de alimento constituido por un basurero en la costa marroquí próxima a las islas. Resulta, por tanto, muy conveniente evaluar la contribución

relativa a la dieta de esta especie de esta fuente de alimento, en tanto en cuanto pudiera llegar a significar la independencia de esta población respecto a sus fuentes naturales de alimento —y, por lo tanto, de su variabilidad— con lo que esto supondría para su dinámica poblacional.

Existe también, en las propias islas, una zona de acumulación de basuras procedentes de la población militar, donde las gaviotas patiamarillas acuden habitualmente a alimentarse. Este otro recurso, considerando la facilidad de acceso y que al menos pudiera constituir un recurso importante en momentos críticos de la cría, requiere también una evaluación apropiada en vistas a considerar su gestión como estrategia de manejo de la población.

4.2. Fase II. Identificar los datos e información disponibles que sean relevantes

En una primera instancia, la información más básica requerida para el conocimiento y modelización de la dinámica poblacional de la gaviota patiamarilla en Chafarinas, está constituida por las series temporales de datos sobre número de individuos, nidos y éxito reproductor. Este tipo de información está disponible, en las bases de datos sobre “Fenología de Láridos” y “Seguimiento de Patiamarilla” (ACCESS), facilitadas por el OAPN. Sin embargo, su formato es muy esquelético y requiere además el apoyo de informes o estudios paralelos para su interpretación.

Son también de interés, la información sobre supervivencia de los diferentes estadios de la población, la relativa a la fidelidad de los individuos de esta especie a las islas de Chafarinas, así como los flujos de dispersión tanto desde como hacia esta colonia. Esta información podría obtenerse a partir de los datos de anillamiento y recaptura, pero requiere de una serie suficiente de años y un esfuerzo importante de muestreo, involucrando no sólo la colonia de Chafarinas sino también colonias vecinas. Otro recurso posible es la bibliografía sobre la especie, que está siendo explorado actualmente.

El conocimiento de los factores principales que puedan estar modulando la dinámica poblacional de *L.michahellis* así como la información pertinente sobre los mismos, es otro de los objetivos. La identificación de cuáles pueden ser esos factores se obtiene principalmente a través del conocimiento de la especie contenido en la bibliografía, mientras que la información sobre los mismos requerirá acudir a información empírica registrada en informes o estudios previos o aún por recopilar, así como a la experiencia de los expertos y gestores.

En concreto, existe un conocimiento bastante aproximado sobre las posibles estrategias tróficas de la especie en Chafarinas, aunque se requiere una valoración en términos cuantitativos adecuados.

En este sentido, el estudio de la variación de las temperaturas del mar en el entorno de Chafarinas se ha obtenido a partir de las series de datos de temperatura proporcionadas por el satélite Noah. Pero su relación con la variabilidad de los recursos tróficos de la gaviota patiamarilla y la repercusión de dicha variabilidad están aún por determinar.

Para la interacción, a nivel poblacional, con *L. audouinii*, no tanto como objetivo directo de este estudio, sino como referencia para el marco contextual del mismo, se dispone de las series de datos poblacionales sobre esta especie recogidas en las bases de datos “Fenología de Láridos”, “Seguimiento de Audouin” y “Lecturas” (ACCESS), además de información, sobre todo a nivel de autoecología, de la gaviota de Audouin disponible en la bibliografía científica.

4.3. Fase III. Identificar las fases de vida de la especie

La formalización de la dinámica poblacional y, en concreto en lo que concierne a la discretización de los diferentes componentes demográficos para la especie, en este caso *L. michahellis*, debe estar dirigida por la aproximación funcional al problema objetivo. Es decir, que debemos reconocer e interpretar los elementos de la población teniendo en cuenta el proceso a modelizar –en este caso el crecimiento de la población– y la función última a aplicar, que está a su vez relacionada con el nivel de resolución que es posible utilizar –en función de la capacidad de distinguir los componentes de la población y de obtener información sobre ellos y del detalle temporal adecuado.

Estos elementos, identificados y separados de ese modo, se constituyen en las variables de estado –los compartimentos– del modelo.

En una primera aproximación, se reconocieron dos estadios poblacionales:

- Inmaduros: individuos prerreproductivos, que agruparían individuos jóvenes de varias clases de edad anuales pero que no han alcanzado aún el estado reproductivo.
- Adultos: individuos reproductivos; el resto de clases de edad, asumiendo que todos los adultos son capaces de reproducirse (o, al menos, de emparejarse y establecer un nido) hasta la edad de muerte.

No obstante, la información consultada recomienda una aproximación de mayor detalle. Los individuos reproductores están constituidos esencialmente por aquellos que han cumplido ya su quinto año de edad, aunque se cita también la contribución de individuos subadultos, principalmente de 4 años de edad. Por otro lado, la mortalidad de los jóvenes de primer año es superior de forma diferencial respecto al resto de clases de edad. A esto se añade que la emigración de individuos a otras colonias distintas a su colonia natal concierne principalmente a individuos de primer y segundo año. Estas diferencias de carácter funcional nos han llevado a distinguir cinco clases de edad, que se corresponden con los individuos no reproductivos, (de 1, 2 y 3 años), los subadultos (4 años) y los adultos (de 5 años en adelante).

Cabe destacar que no todas las clases de edad están presentes, al menos de forma representativa en la colonia, particularmente durante la temporada de cría como periodo de mayor interés a la hora de determinar el número de efectivos en las islas. Concretamente,

según la bibliografía y tal y como se corroboran las personas con más experiencia sobre el tema en Chafarinas, las clases de edad correspondientes a inmaduros prácticamente no se encuentran presentes en la colonia durante la temporada activa, por lo que no se deberán tomar en consideración a la hora de simular o predecir el número de gaviotas patiamarillas en Chafarinas durante la misma.

4.4. Fase IV. Elaborar un modelo Stella© de la población

4.4.1. Estructura formal del modelo

El modelo sobre la dinámica poblacional de *L. michahellis* se construye en el programa de modelización y simulación STELLA (versión 7.0), que constituye una herramienta muy potente de simulación al tiempo que proporciona tanto diagramas de flujos como interfaces de usuario muy amigables.

En la simbología STELLA, las variables de estado o compartimentos se representan como cajas; las variables de flujo se representan con una flecha hueca con llave de paso y las variables auxiliares se representan mediante círculos. Para los flujos de información entre variables se utilizan flechas sencillas (fig. 4.9). Mediante unas nubes sencillas se indica cuándo las cantidades que se transfieren mediante las variables de flujos proceden o tienen como destino el exterior del sistema definido en el modelo.

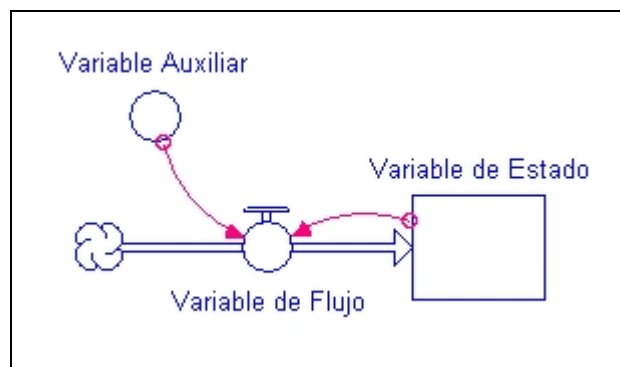


Fig. 4.9. Simbología del programa STELLA

La estructura de la población se entiende, como se ha explicado en el apartado anterior, comprendida por cinco clases de edad, las cuales se representan mediante los correspondientes compartimentos de acumulación, utilizando como magnitud el número de individuos (“año1”, “año2”, “año3”, “SubAd” y “Adultos”). Atendiendo a las características de la dinámica de esta población y en función de la información de referencia sobre la misma, se ha considerado más adecuado simularla a través de un modelo a tiempo discreto, con incrementos de tiempo anuales. De este modo, el flujo entre dichos compartimentos (envejecimiento: “envejij”) está definido de forma que en cada paso de tiempo todos los individuos (los supervivientes no emigrantes) de la clase de edad i pasan a la siguiente clase de edad j (fig. 4.10), a excepción del compartimento de

“Adultos”, en el que los individuos permanecen mientras no mueran o emigren. En este planteamiento discreto, ha de definirse un momento de referencia dentro de la dinámica anual y se ha elegido utilizar el momento del final de la cría, en el cual los pollos volantones del año ya abandonan el nido y todas las clases de edad han completado un año más de desarrollo. Esto implica definir una nueva magnitud que correspondería a estos nuevos individuos “Pollos volantones”, que se determinará, como veremos más adelante, en función del número de reproductores y la supervivencia de nidos y pollos.

Para cada uno de esos estadios de la población, se ha implementado un flujo de mortalidad, que daría cuenta del proceso de mortalidad natural anual (“mort_{ij}”), así como un flujo de emigración de individuos, que consideraría la salida de éstos fuera del ámbito de la colonia también durante ese mismo periodo de referencia (“emig_{ij}”), y se ha considerado que la magnitud de cada uno de esos flujos es proporcional al número de individuos de la clase de edad.

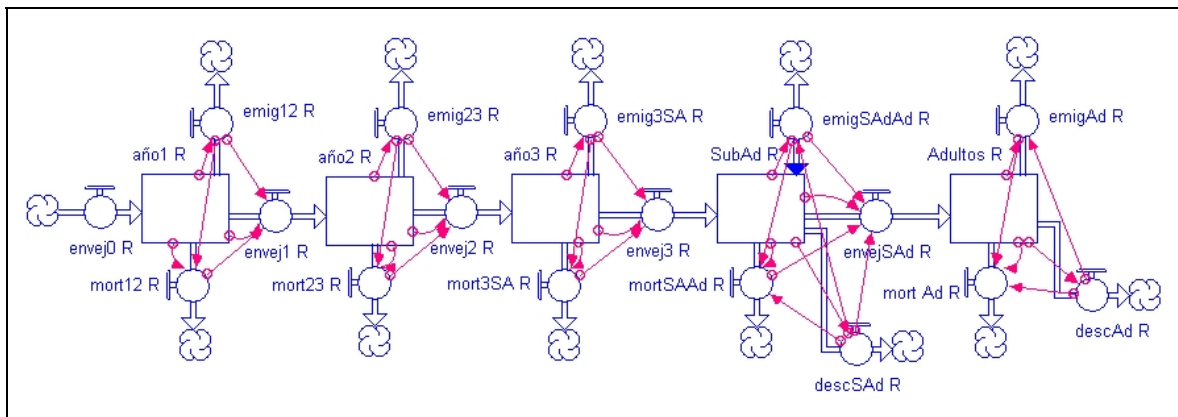


Fig. 4.10. Estructura de la población

Con relación a lo anterior, se implementan las correspondientes tasas proporcionales para los flujos de mortalidad (“tasa mort”) y emigración (“tasa emig”) en sendas variables auxiliares (fig. 4.11). Se observa en la figura que algunos de los parámetros así implementados pueden informar a más de un flujo: esta simplificación es reflejo de lo que prescribe el conocimiento disponible sobre tales procesos, como se comentará en detalle en el apartado de parametrización.

La intención de contemplar el efecto de técnicas de control de la población, como es el caso del descaste de adultos, hace necesario incorporar a esta estructura básica dos flujos de extracción de individuos (“descaste”) para los compartimentos de las clases de

edad que participan en la reproducción (adultos y subadultos), así como su correspondiente variable auxiliar (“tasa descaste”).

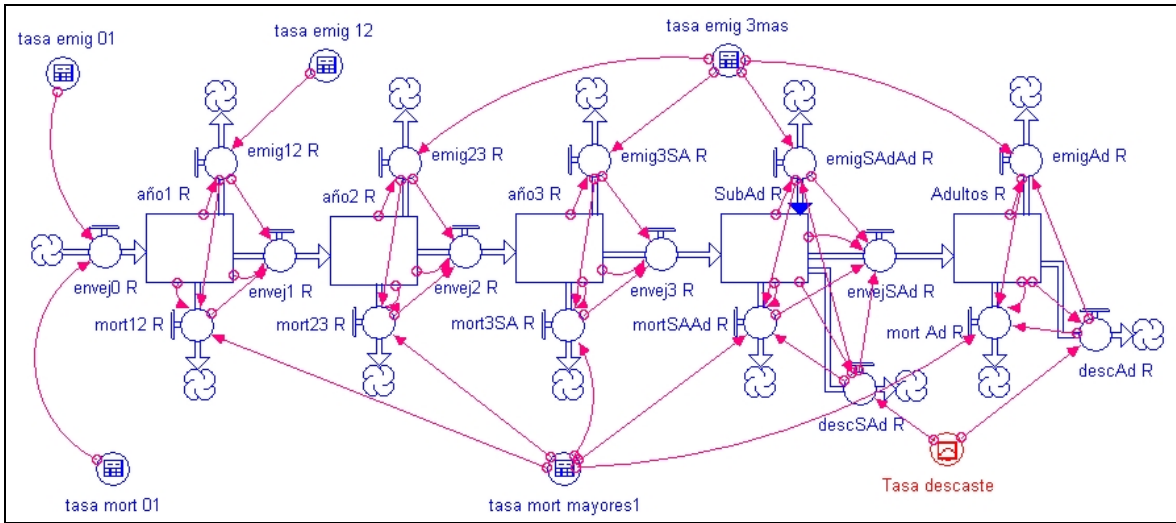


Fig. 4.11. Estructura de la población y variables auxiliares.

La incorporación de nuevos individuos a esta estructura poblacional se define mediante el flujo de entrada al compartimento “año1”, que representan las aves que finalizan su primer año de vida, flujo (“envej0”) que corresponde por tanto al proceso de desarrollo de los pollos del año anterior. De este modo, al contingente inicial de pollos nacidos hay que descontarle los individuos que mueren o emigran durante ese primer año de desarrollo (ver fig. 4.12).

La determinación de los pollos nacidos en un año tiene en cuenta los nidos producidos en función de las parejas reproductivas así como el éxito reproductor valorado para la colonia (“ER”). El conocimiento de los procesos que determinan en última instancia el reclutamiento anual de jóvenes en la colonia, previsiblemente involucra la heterogeneidad de los individuos adultos (madurez, sexo, capacidad reproductiva) que potencialmente pueden establecer un nido, la valoración que esos individuos hacen sobre los recursos disponibles, la densidad relativa de nidos en el espacio disponible en las zonas de cría, así como la dependencia del éxito reproductor con relación a la densidad de individuos o la disponibilidad de alimento. La selección de esta opción en la formulación del funcionamiento de este proceso, próxima a la perspectiva clásica que se está aplicando habitualmente en los estudios sobre la dinámica de esta especie o en trabajos relacionados, tiene en cuenta, por una parte, la falta de información y de un conocimiento funcional suficiente sobre tales relaciones de dependencia, y por otra, el interés de utilizar variables y

parámetros cuya estimación resulta plausible en el contexto del seguimiento de las poblaciones de la gaviota patiamarilla y, particularmente, con relación a la colonia de Islas Chafarinas.

Por otra parte, la necesidad de valorar también el efecto de control del parafinado de huevos, lleva a incluir el parámetro de porcentaje de supervivencia de huevos frente a esta técnica (“Porc Superv Parafina”).

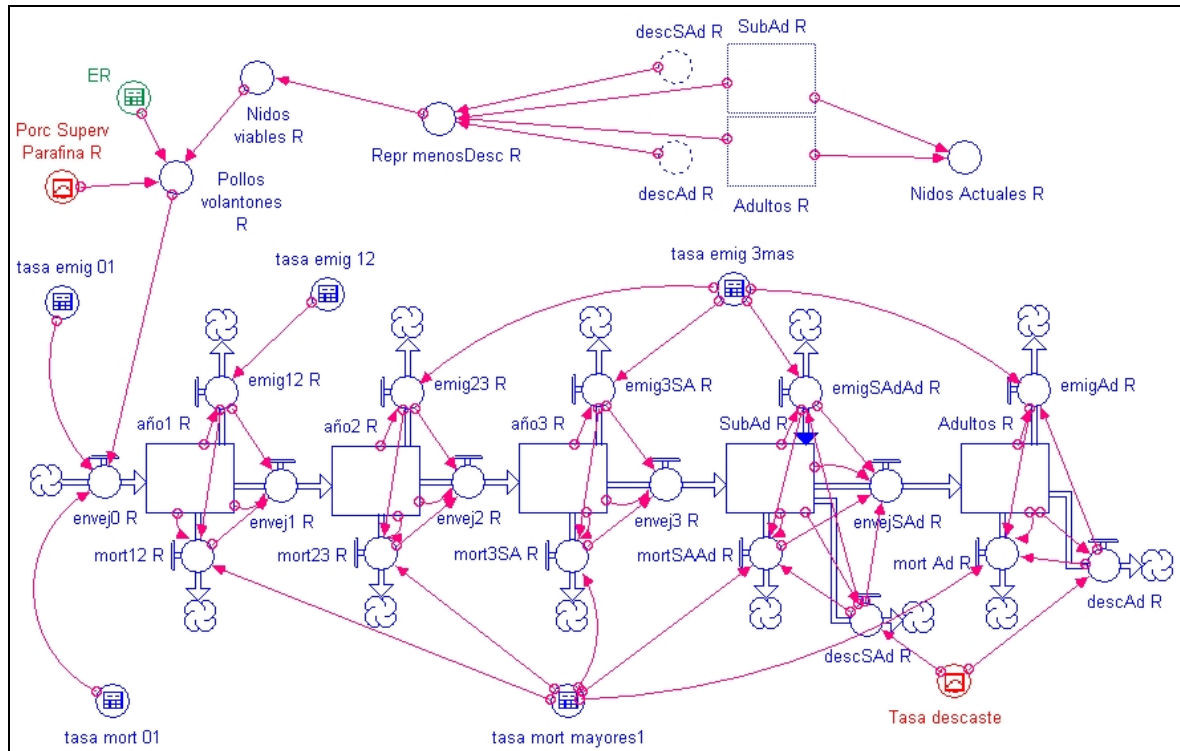


Fig. 4.12. Estructura de la población y determinación del reclutamiento de jóvenes

Los nidos establecidos en un determinado año es función de los individuos reproductivos, constituidos por los adultos y un porcentaje de los subadultos “Nidos Actuales”. Sin embargo, para considerar el efecto del control por descaste, se introduce una nueva variable que recoge los individuos reproductivos resultantes tras la aplicación de la técnica (“Repr menosDesc”). A partir de ella se obtienen los nidos que realmente han producido volantones (“Nidos viables”).

Finalmente, el proceso de incorporación de individuos procedentes de otras colonias, se introduce como retorno del flujo de emigración (fig. 4.13), concretamente en lo concerniente a los Subadultos, como se deduce de la información consultada. La variable que determina el número de inmigrantes (“Inm Max”) se implementa como un factor de variación a valorar sobre el funcionamiento interno de la población establecida en

el conjunto de la colonia y su contribución se reparte entre las dos islas en función de la relación entre sus superficies respectivas (“SupR:Sup”), siguiendo un criterio de parsimonia a falta de un conocimiento específico.

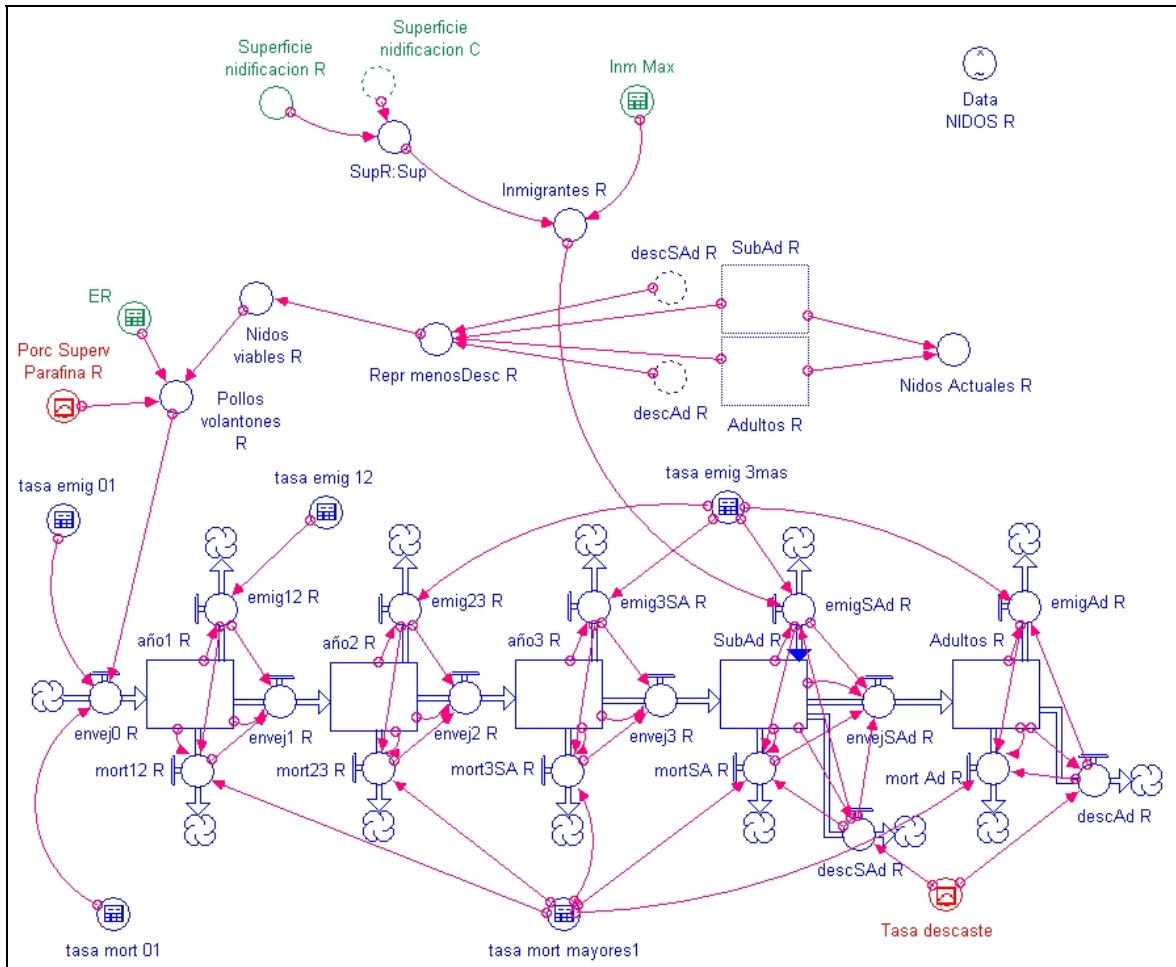


Fig. 4.13. Diagrama completo del modelo para la isla de Rey.

Con objeto de poder comparar de forma más directa con las series de datos existentes para las islas de Rey y Congreso, se ha particularizado el modelo para las colonias existentes en cada una de ellas (fig. 4.14).

No obstante, en un estudio relacionado (Coulson et al., 1982), la disminución de densidad impuesta por la aplicación continuada de la técnica de descaste da lugar a la disminución de la edad de primera cría, incorporándose los individuos incluso de 3 años (aunque en porcentaje mínimo), pero sí significativamente los de 4 años: entre un 5-65%. Como criterio conservativo, y teniendo en cuenta que no se implementa la dependencia de la densidad, se ha considerado que se incorporan a la cría un 25% de los subadultos.

Respecto a la fidelidad a la colonia natal, al menos un 60% de los jóvenes supervivientes hasta la edad de cría (a partir de los 4 años) no vuelve a la colonia, en un rango entre el 40-65% según Chabrzyk y Coulson (1976) o entre el 30-50% Parson y Duncan 1978), aunque esto podría depender en cierta medida del estado de desarrollo de la colonia y de la densidad de individuos (Coulson et al., 1982). El reclutamiento en la isla de May empieza claramente a los 4 años de edad (Chabrzyk y Coulson 1976). De Brooks y Lebreton (2001) utilizan para modelizar la emigración tasas de 0.5 para los individuos de primer año y de 0.7 para el segundo año. Nosotros hemos utilizado, dentro de este contexto, valores de partida de 0.5 para los dos primeros años y de cero para las siguientes clases de edad.

Respecto a las tasas de mortalidad, según las clases de edad se admiten (Chabrzyk y Coulson 1976, incluyendo revisión de citas diversas, Coulson 1991, De Brooks y Lebreton 2001), se considera para individuos mayores de 1 año tasas entre 0.065 y 0.11, mientras que para los jóvenes de primer año, entre 0.62-0.18, más típicamente en torno a 0.3.

Sobre el efecto del descaste llevado a cabo en Chafarinas, en la revisión llevada a cabo por Isabel Afan, se proponen dos aproximaciones, una basada en datos bibliográficos que implica un porcentaje de individuos muertos sobre el 15%, y otra que estima que muere un individuo de cada nido. En otras publicaciones sobre descaste en otras colonias se ponen en evidencia pruebas de que el descaste implica además un incremento en la tasa de emigración (Bosch et al, 1994, Coulson et al., 1982). En el modelo se ha utilizado una magnitud intermedia de 35% de mortalidad con la intención primordial de ajustar el descenso de población registrado en los datos de censo que se usan para contrastar las predicciones del modelo.

Respecto al efecto del parafinado, aunque los porcentajes de supervivencia de los huevos tratados son muy bajos, se ha ponderado su efecto teniendo en cuenta que existe

una importante proporción de nidos inaccesibles en acantilados que no son parafinados. Se utiliza por tanto como referencia un porcentaje de supervivencia del 70%.

Respecto al éxito reproductor, los datos de Chafarinas son muy escasos. Isabel Afan proporciona una estima de 1.03, aunque en datos puntuales de censo se registra hasta un 1.66. Según Brooks y Lebreton (2001), se puede considerar un rango entre 0.68-1.88, y en su modelo asumen 1.5 para colonias productivas y 1.1 para colonias en circunstancias menos favorables. Chabrzyk y Coulson (1976) estiman un éxito reproductivo de 1.03 para la colonia de May en 1972, y Coulson et al. (1982) menciona su dependencia respecto a la densidad. Kilpi y Ost (1998) registran una media de 1.4 para una colonia bien establecida y 1.1 cuando esta colonia entra en declive.

4.4.3. Simulación del funcionamiento y proyecciones

El desarrollo del modelo que ha sido posible, en función de la información y el conocimiento disponible, hace muy difícil establecer valores medios para los parámetros principales relativos al reclutamiento y la emigración de individuos. Se debe tener además en cuenta que estos parámetros se encuentran previsiblemente interrelacionados a través de su dependencia con la densidad. Por tanto, el análisis de lo que puede aportar el modelo poblacional construido a reducir la incertidumbre sobre las propiedades y las posibles tendencias en la dinámica poblacional de la colonia de gaviota patiamarilla en Chafarinas, se ha llevado a cabo a través de la simulación y comparación de escenarios.

El procedimiento seguido consiste en simular el funcionamiento del sistema para diferentes valores plausibles de éxito reproductor (ER: 1.1, 1.3, 1.5), contrastando los resultados con las series de datos empíricas, asumiendo en primer lugar las características de emigración más esperables (porcentaje de emigración de jóvenes de primer y segundo año del 50%: Temig). La contribución de los individuos inmigrantes (Inm) se ajusta según el criterio de que la simulación se aproxime razonablemente a la dinámica de la serie correspondiente a Rey. Posteriormente se repite esta serie para un escenario de funcionamiento de la colonia más conservativo, donde la importancia de la migración se reduce a la mitad, y que pretende considerar una posible estrategia de colonias incipientes.

Los resultados se expresan en función del número de nidos establecidos (Nidos Actuales) en cada una de las islas y la simulación se extiende hasta el año 2015 con objeto de poder examinar las previsiones a corto plazo (nótese que las curvas de datos reales, Data Nidos, presentan entonces una trayectoria plana).

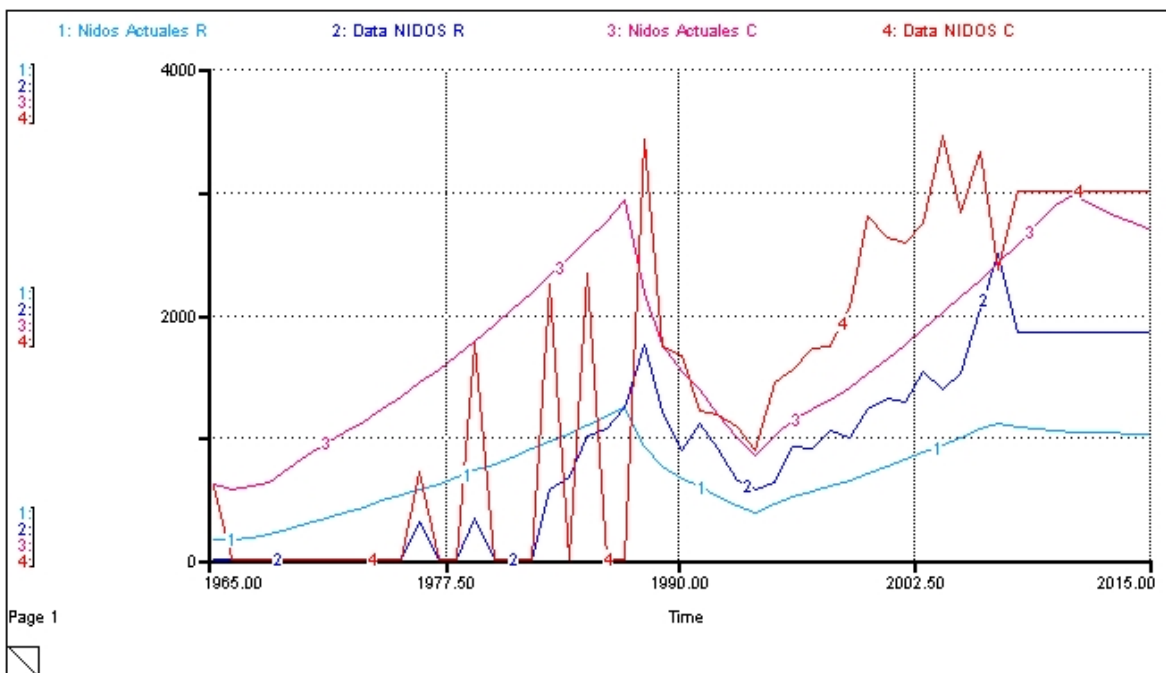


Fig. 4.15. Simulación 1.1: Temig: 0.5; ER: 1.1; Inm: 300.

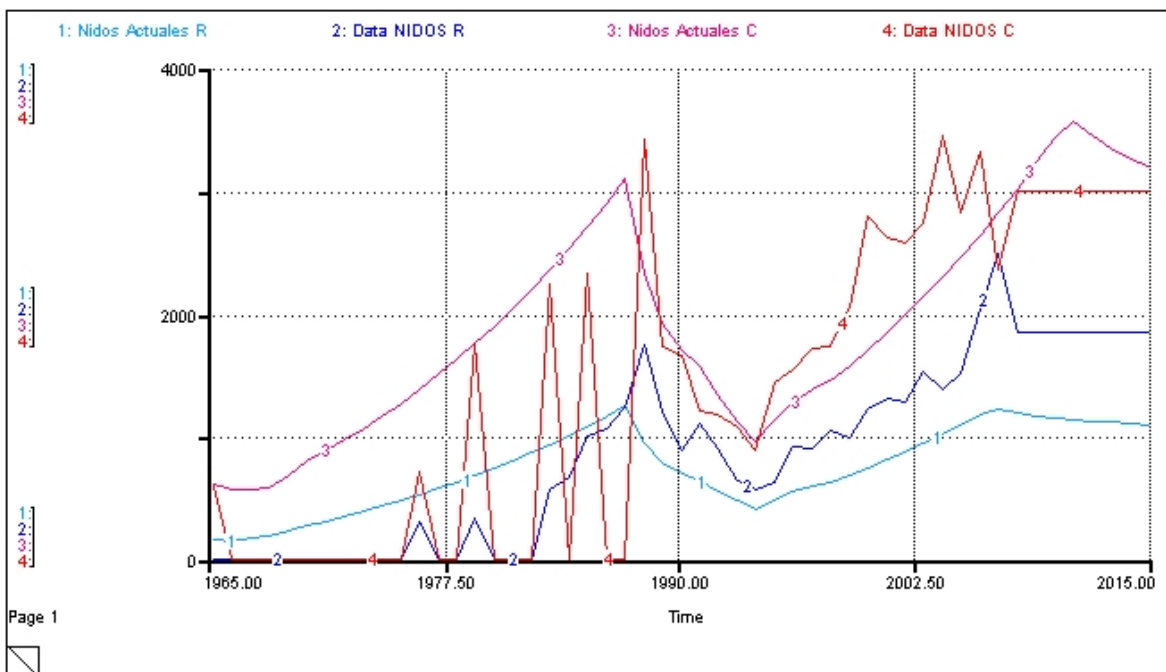


Fig. 4.16. Simulación 1.2: Temig: 0.5; ER: 1.3; Inm: 240.

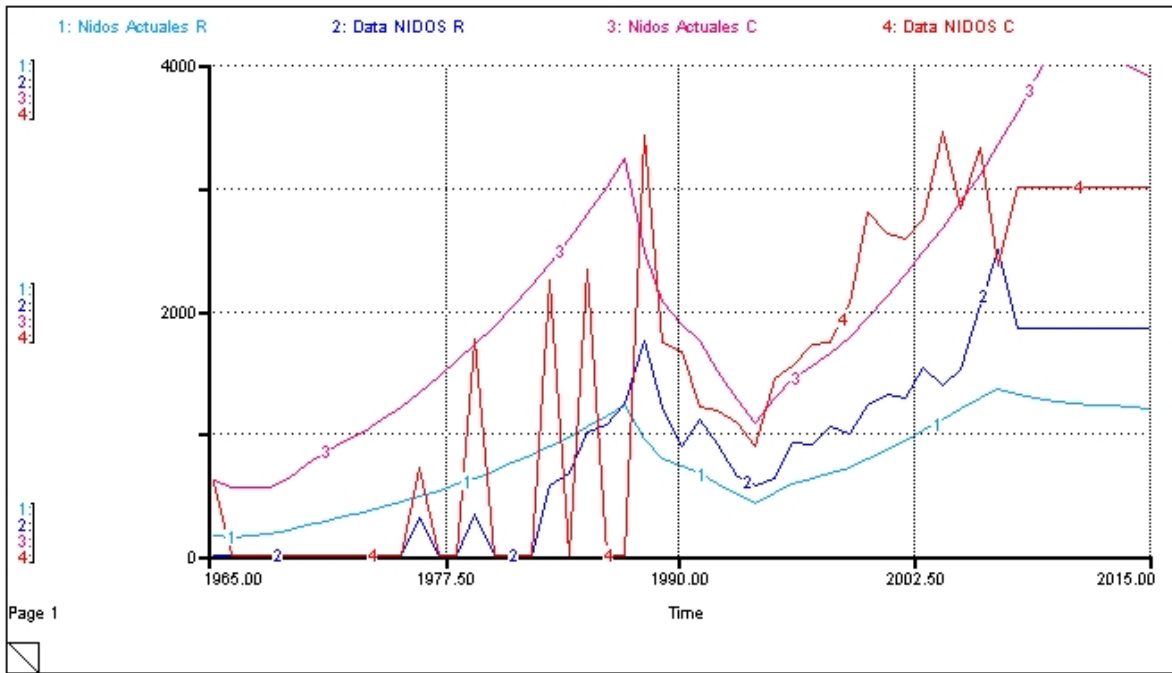


Fig. 4.17. Simulación 1.3: Temig: 0.5; ER: 1.5; Inn: 180.

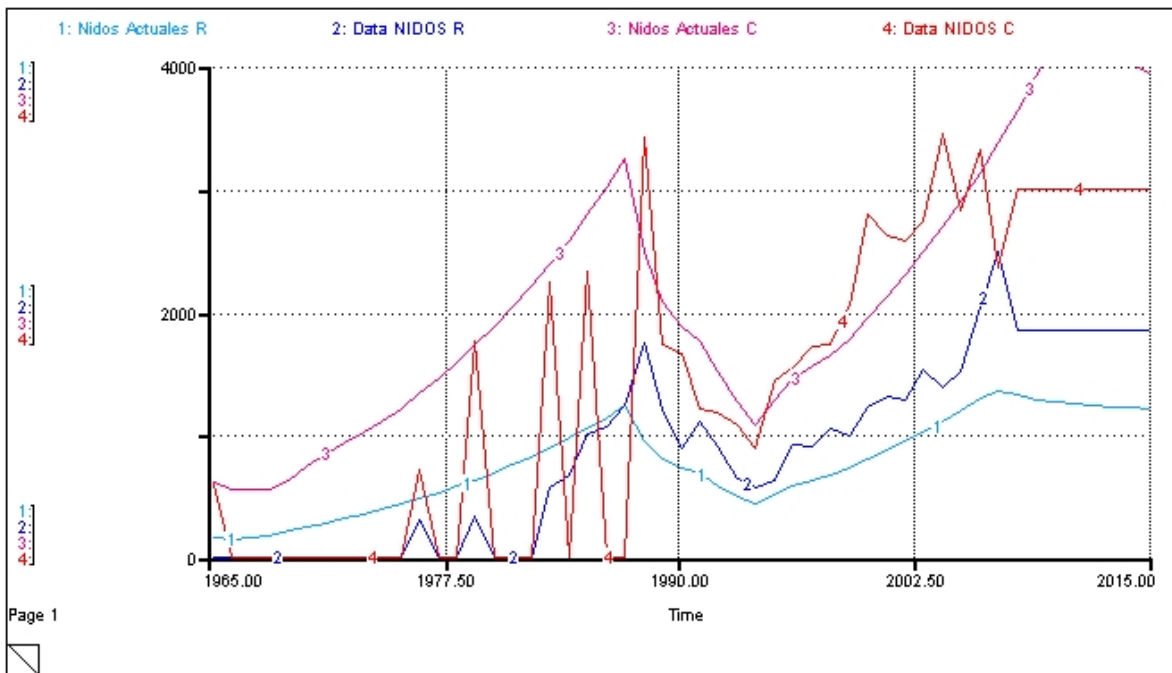


Fig. 4.18. Simulación 2.1: Temig: 0.25; ER: 1.1; Inn: 180.

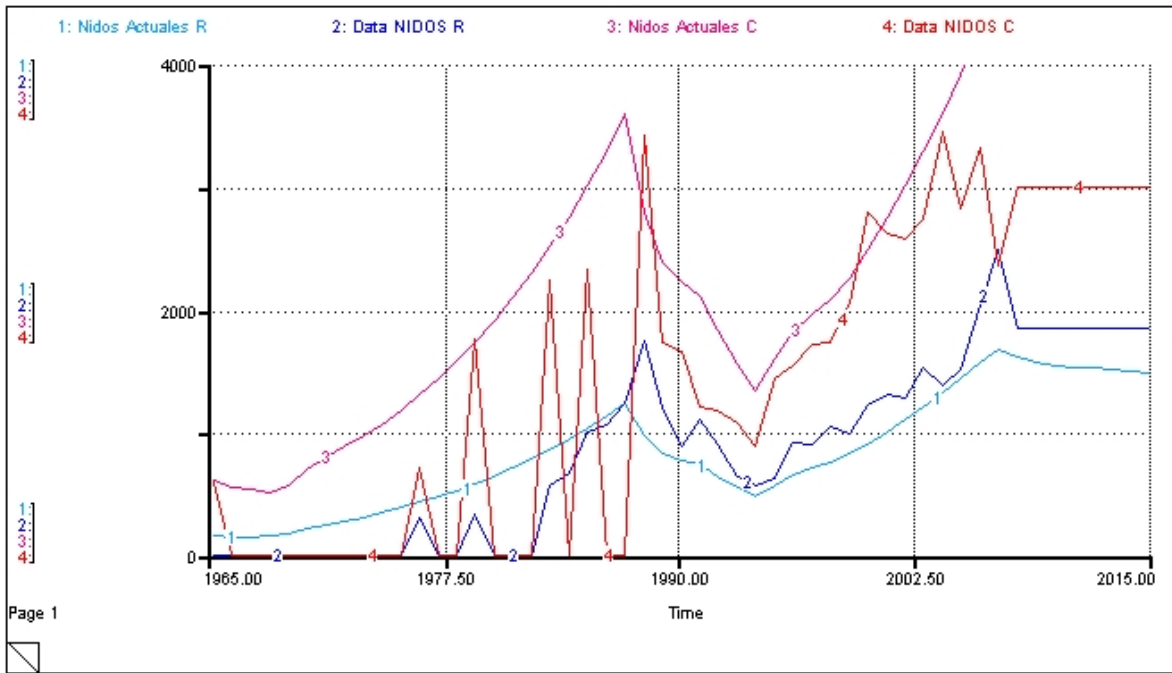


Fig. 4.19. Simulación 2.2: Temig: 0.25; ER: 1.3; Inn: 120.

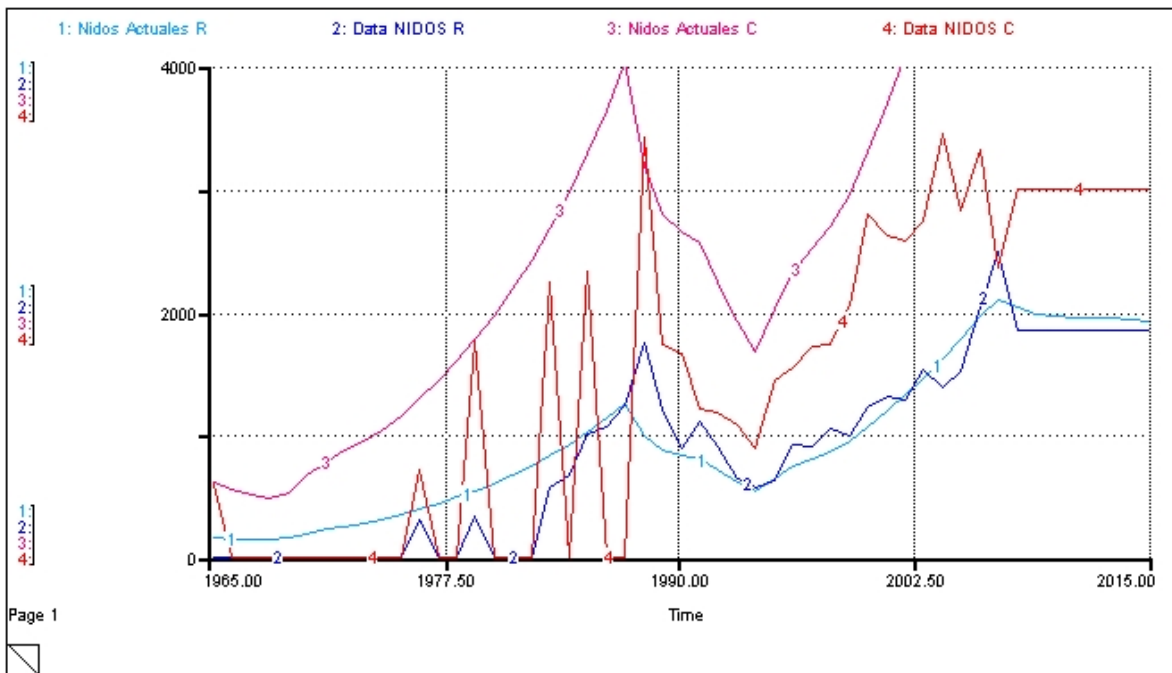


Fig. 4.20. Simulación 2.3: Temig: 0.25; ER: 1.5; Inn: 70.

En la primera serie (figs. 4.15 a 17), se observa que las simulaciones describen de una forma muy lineal el desarrollo inicial de la colonia y, además, no alcanzan –ni siquiera con la opción de un ER alto– la pendiente de incremento suficiente en la recuperación tras el descaste. No obstante, en este último caso, la proyección de los nidos correspondientes a Congreso supera bastante los valores máximos de los datos de los últimos años.

En la segunda serie, para valores altos de ER, las simulaciones se aproximan mejor a las fuertes pendientes de incremento que se registran en los datos, tanto para la fase de desarrollo de la colonia como para la secundaria recuperación. De hecho, la simulación correspondiente a un ER de 1.5 ajustada para que se superpongan las previsiones y los datos correspondientes a Rey (lo que se lleva a cabo mediante la variación del número de inmigrantes, como se ha comentado), muestra una coincidencia muy estrecha entre las tendencias de ambas curvas; sin embargo, el consiguiente resultado para Congreso sobrestima de forma acusada los valores reales.

Asumiendo como hipótesis que estos resultados reflejaran en alguna medida que el supuesto más conservativo coincide mejor con las características reales de la colonia de Chafarinas, es posible dar un paso más en el intento de acotar la incertidumbre o identificar posibles componentes de variación. En este sentido, se planteó si el modo en que se repartían los inmigrantes entre las islas podría tener que ver con el desajuste entre las islas, y se procedió a testar la alternativa de un reparto equitativo. Implementando esto, es posible lograr un ajuste muy bueno de las simulaciones para un valor de ER de 1.4 (fig. 4.21). No obstante lo anterior, restan aún varios aspectos que cuestionan la validez del modelo, concretamente el que no es capaz de reproducir el retardo que observado en las series con relación a la aplicación del descaste (aunque se comenzó a aplicar en 1987, los resultados muy por encima de los máximos reales).

La evaluación de los resultados de la simulación en estos términos resulta muy útil para identificar aspectos del funcionamiento que no hayan sido considerados –o no lo hayan sido en la forma adecuada– y que sin embargo tienen un papel relevante en la dinámica resultante final.

En primer lugar, el problema del reparto de inmigrantes entre las islas puede estar poniendo en evidencia la importancia de un intercambio de efectivos entre las mismas –previsiblemente a favor de gradiente de densidad–, a pesar de las evidencias bibliográficas que apoyan el elevado grado de fidelidad espacial que presentan las gaviotas.

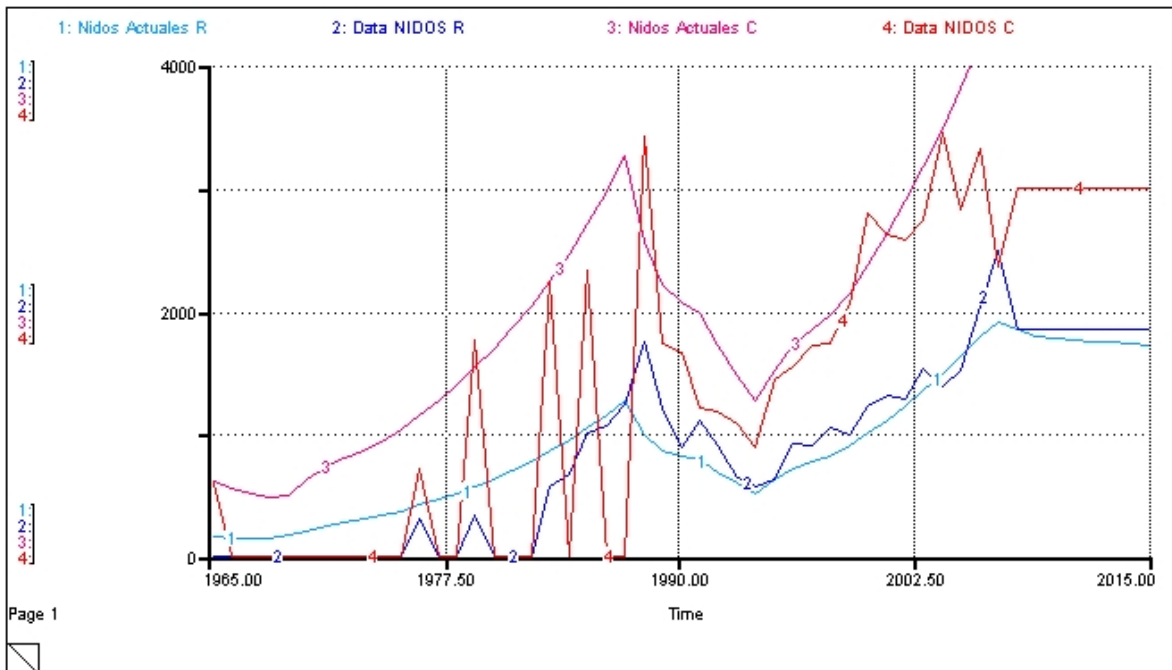


Fig. 4.21. Simulación 3: Temig: 0.25; ER: 1.4; Inm: 65 (repartidos al 50% entre las dos islas).

En segundo lugar, las divergencias con relación al efecto del descaste quizás está reflejando la flexibilidad de estrategias que permite la incorporación a la fase reproductiva de individuos más jóvenes, con mayor número de efectivos, en las circunstancias en las que desaparece la competencia de los adultos. La implementación de este aspecto requeriría aumentar la resolución de detalle del conocimiento relativo a la competencia entre los individuos por establecerse como reproductores.

Finalmente, las diferentes inconsistencias de las diversas simulaciones consideradas en los escenarios, así como la divergencia en los niveles máximos de densidad que se alcanzan, retoma el planteamiento de la regulación denso-dependiente de los procesos implicados, tanto a nivel de cada proceso como en el contexto de su interrelación. Esta cuestión, sin embargo, ha de plantearse considerando la disponibilidad de información y el conocimiento necesarios para poder acometer ese avance cualitativo, el coste de obtenerlos en el caso de que falten y los beneficios que se prevea obtener a través de su implementación.

Bibliografía

- Anderson, J.G.T. & Devlin, J C.M. 1999. Restoration of a multi-species seabird colony. *Biological Conservation* 90: 175-181.
- Arizaga, J., Alda, F., Doadrio, I y Herrero, A. 2004 Análisis de la dispersión de la gaviota patiamarilla (*Larus michahellis lusitanicus*) en Gipuzkoa. Sociedad de ciencias Aranzadi.
- Arnason, A. N. & Cam, E., 2004. Multi-state models: metapopulation and life history analyses. *Animal Biodiversity and Conservation*, 27.1: 93–95.
- Bosch M.; Oro D.; Cantos F.J.; Zabala M. 2000. Short-term effects of culling on the ecology and population dynamics of the yellow-legged gull. *Journal of Applied Ecology*, 37,(2): 369-385.
- Bosch, M. (1996b) Sexual size dimorphism and determination of sex in yellow-legged gulls (*Larus cachinnans*). *Journal of Field Ornithology*, 67, 534±541.
- Bosch, M., D. Oro, F.J. Cantos And M. Zabala. 2000. Short-term effects of culling on the ecology and population dynamics of the yellow-legged gull. *Journal of Applied Ecology* 37: 369-385.
- Brooks E. N. and Jean-Dominique Lebreton. 2001. Optimizing removals to control a metapopulation: application to the yellow legged herring gull (*Larus cachinnans*) *Ecological Modelling* 136: 269-284.
- Brooks, E.N. & Lebreton. J.D. 2001: Optimizing removals to control a metapopulation: application to the yellow legged herring gull (*Larus cachinnans*) *Ecological Modelling* 136: 269–284.
- Brooks, E.N. 2000. Dynamics and Management of Sub-divided Populations. (Under the direction of Kenneth H. Pollock). Tesis doctoral. Graduate School. North Carolina State University
- Burger, J. 1984. Pattern, mechanism and adaptive significance of territoriality in Herring Gulls (*Larus argentatus*). *Ornithological Monographs*, 34. The American Ornithologists Union. Washington, D.C.

- Burger, J. and M. Gochfeld. 1981. Unequal sex ratios and their consequences in herring gulls (*Larus argentatus*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 8: 125-128.
- Cam E.; Oro D.; Pradel R. & Jimenez J. 2004. Assessment of hypotheses about dispersal in a long-lived seabird using multistate capture–recapture models. *Journal of Animal Ecology*, 73,(4):. 723-736.
- Chabrzyk, G. & ; Coulson, J.C. 1976. Survival and Recruitment in the Herring Gull *Larus argentatus*. *The Journal of Animal Ecology*,. 45 (1): 187-203.
- Coll, M., Palomera, I., Tudela, S. & Sarda, F. 2006. Trophic flows, ecosystem structure and fishing impacts in the South Catalan Sea, Northwestern Mediterranean. *Journal of Marine Systems* 59: 63–96.
- Coulson, J.C., N. Duncan & C. Thomas. 1982. Changes in the Breeding Biology of the Herring Gull (*Larus argentatus*) Induced by Reduction in the Size and Density of the Colony Source: *The Journal of Animal Ecology*,. 51(3): 739-756.
- Coulson, J.C., 1991. The population dynamics of culling herring gulls and lesser black-backed gulls. In: Perrins, C.M., Lebreton, J.-D. and Hiron, G.J.M., Editors, 1991. *Bird Population Studies, Relevance to Conservation and Management*, Oxford Univ. Press, Oxford, pp. 479–497.
- Crespin, L., M.P. Harris, J.-D. Lebreton, M. Frederiksen & S. Wanless. 2006. Recruitment to a seabird population depends on environmental factors and on population size. *Journal of Animal Ecology* 75 (1), 228–238.
- Duhem C, Vidal E, Legrand J, Tatoni T. 2003. Opportunistic feeding responses of the yellow-legged gull *Larus michahellis* to accessibility of refuse dumps. *Bird Study* 50:61–67
- Duhem C, Vidal E, Roche P, Legrand J. 2005. How is the diet of the yellow-legged gull chicks influenced by parents' accessibility to landfills? *Waterbirds* 28:46–52
- Duhem, C., P: Roche, E. Vidal & T. Tatoni. 2008. Effects of anthropogenic food resources on yellow-legged gull colony size on Mediterranean islands. *Popul Ecol* 50: 91–100.
- Finney, S.K. M. P. Harris, L. F. Keller, D. A. Elston, P. Monaghan & S. Wanless, Reducing the density of breeding gulls influences the pattern of recruitment of

- immature Atlantic puffins *Fratercula arctica* to a breeding colony. *Journal of Applied Ecology*, 40: 545–552
- Frederiksen, M., J.-D. Lebreton & T. Bregnballe. 2001 The interplay between culling and density-dependence in the great cormorant: a modelling approach. *Journal of Applied Ecology*, 38: 617–627
- Frederiksen, M., Wanless, S., Harris, M. P., Rothery, P., and Wilson, L. J. 2004. The role of industrial fisheries and oceanographic change in the decline of North Sea black-legged kittiwakes. *Journal of Applied Ecology*, 41: 1129–1139.
- González-Solís J., Ruíz X., Jover Ll. 1999. Fisheries and daily activity cycles of Audouin's *Larus audouinii* and Yellow-legged Gulls *L. cachinnans* breeding at the Chafarinas Islands (Moroccan coast). *Die Vogelwarte*, 10: 52-56
- Le Bohec C, et al. 2007. Population dynamics in a long-lived seabird I: Impact of breeding activity on survival and breeding probability in unbanded king penguins. *J Anim Ecol* 76:1149–1160.
- Lebreton J.-D., Burnham K.P., Clobert J., Anderson D.R. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. *Ecological Monographs* 92: 67-118
- Lebreton J.-D., Hines J.E., Pradel R., Nichols J.D., Spindelov J.A. 2003. Estimation by capture-recapture of recruitment and dispersal over several sites. *Oikos* 101: 253-264
- Martínez–Abraín, A., González–Solís, J., Pedrocchi, V., Genovart, M., Abella, J. C., Ruiz, X., Jiménez, J. & Oro., D., 2003a. Kleptoparasitism, disturbance and predation of yellow–legged gulls on Audouin's gulls in three colonies of the western Mediterranean. *Scientia Marina*, 67 (2) 89–94.
- Martínez–Abraín, A., Oro, D., Forero, M. G. & Conesa, D., 2003b. Modelling temporal and spatial colony–site dynamics in a long–lived seabird. *Population Ecology*, 45: 133–139.
- Mínguez, E., Oro, D. de Juana, E. y Martínez-Abraín, A. 2003. Mediterranean Seabird Conservation: what can we do? *Sci. Mar.* 67:3-6.
- Oro, D. 2003. Managing seabird metapopulations in the Mediterranean, constraints and challenges. *Sci. Mar.*, 67: 13–22.

- Oro, D. 2008. Adiós al mito de las gaviotas. *Quercus*, 271: 14-20.
- Oro D., Cam E., Pradel R., Martínez-Abraín A. 2004. Influence of food availability on demography and local population dynamics in a long-lived seabird. *Proceedings of the Royal Society of London B* 271: 387-396.
- Oro D., & Martínez-Abraín A. 2007. Deconstructing myths on large gulls and their impact on threatened sympatric waterbirds. *Animal Conservation* 10: 117–126.
- Parsons, J. & N. Duncan. 1978. Recoveries and Dispersal of Herring Gulls from the Isle of May. *The Journal of Animal Ecology*, 47: 993-1005.
- Pedrocchi V., Oro D., González-Solís J., Ruíz X., Jover Ll. 2002. differences in diet between the two largest breeding colonies of Audouin's gulls: the effects of fishery activities. *Scientia Marina*, 66 (3): 313-320
- Rodríguez A. y Muntaner J. 2004. Primeros resultados del marcado de gaviota patiamarilla *larus michahellis* con anillas de lectura en las islas baleares. *Anuari Ornitològic De Les Balears*. vol. 19: 69-77
- Vidal, E., Medail, F., Tatoni, T., Roche, P. & Vidal, P. 1998. Impact of gull colonies on the flora of the Riou archipelago (Mediterranean islands of south-east France). *Biol. Conserv.* 84, 235–243.
- Vidal E., Roche P., Bonnet V. & Tatoni T., 2001. Nest-density distribution patterns in a Yellow-legged gull archipelago colony. *Acta Oecologica*, 22 : 245-251.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	4
3. OBJETIVOS	6
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	8
4.1. <i>Fase I. Reconocimiento y protocolo de trabajo</i>	8
4.1.1. Información disponible sobre la población de la especie en Chafarinas	8
4.1.2. Interacción con <i>Larus audouinni</i>	13
4.1.3. Otra información de contexto	14
4.2. <i>Fase II. Identificar los datos e información disponibles que sean relevantes</i>	17
4.3. <i>Fase III. Identificar las fases de vida de la especie</i>	19
4.4. <i>Fase IV. Elaborar un modelo Stella© de la población</i>	21
4.4.1. Estructura formal del modelo	21
4.4.2. Parametrización	26
4.4.3. Simulación del funcionamiento y proyecciones	28
BIBLIOGRAFÍA	34