



# Cambio climático en Menorca

## Efectos en la biodiversidad





# Presentación

**El proyecto Bioclima Menorca ha estudiado los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad en la Reserva de la Biosfera de Menorca mediante el análisis de los datos históricos de biodiversidad y de factores climáticos.**

El cambio climático asociado a un aumento acelerado de la temperatura terrestre global es un hecho demostrado y aceptado por la comunidad científica internacional. Los efectos sobre el clima también han podido ser observados en Menorca gracias al registro de datos de las estaciones meteorológicas de la isla.

Por otro lado, desde hace más de treinta años se realizan seguimientos de la biodiversidad de la isla por medio de diversas entidades locales. El Instituto Menorquín de Estudios (IME) mediante el Observatorio Socioambiental de Menorca (OBSAM) juntamente con la Agencia Menorca Reserva de Biosfera han acumulado datos cuantitativos y fenológicos de diferentes grupos de flora y de fauna, tanto terrestre como marina. Durante todos estos años se ha reunido un volumen muy importante de información pero nunca hasta ahora había sido analizada en conjunto ni en relación a los factores climáticos.

Así, el proyecto Bioclima, desarrollado por el OBSAM gracias a la cofinanciación de la Fundación Biodiversidad, ha tenido por objetivo analizar los datos de los diferentes seguimientos individuales de manera conjunta para mejorar el conocimiento sobre los efectos del cambio climático en la biodiversidad de Menorca. Los resultados servirán para detectar puntos críticos e implementar medidas de mitigación y adaptación que aseguren la conservación de la biodiversidad y del bienestar a nivel local, así como para definir estrategias de seguimiento a largo plazo.

En esta publicación se presentan, por un lado, un resumen de los principales resultados del proyecto por lo que respecta a cambios detectados en el clima y en las poblaciones de aves y mariposas de la isla y, por otro, propuestas de gestión y seguimiento para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad de la Reserva de la Biosfera de Menorca.

*Playa de Macarella  
(Ciudadela de Menorca)  
durante la primavera.*





*Playa de Cavallería (Es Mercadal) con el sistema dunar bien conservado. El buen estado de los ecosistemas permite mayor resiliencia delante de los efectos del cambio climático. El sistema dunar aportará arena a la playa o resistirá mejor la subida del nivel del mar.*

# ¿Cambio climático en Menorca?

El cambio climático es un fenómeno global causado por la sobreacumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero derivados de las actividades humanas a partir de la revolución industrial.

El cambio climático provoca un sobrecalentamiento a nivel planetario pero también puede ser detectado y tener efectos a escala local.

En Menorca la evidencia más destacable es el aumento de la temperatura media anual de más de un grado los últimos cuarenta años. Los registros indican que este aumento de temperatura se ha dado especialmente en los meses de primavera y en octubre. En cambio, no se ha observado una tendencia clara a la disminución de las precipitaciones anuales pero sí que se ha visto que las lluvias importantes se retrasan de octubre a noviembre.

Con todo, el cambio climático en Menorca puede estar alargando el periodo de sequía estival propio de un clima mediterráneo. Un periodo seco y caliente más largo puede provocar un mayor déficit de agua en los ecosistemas y tener fuertes consecuencias para su fauna y flora.

No hay que obviar tampoco el efecto que puede tener sobre los ecosistemas costeros la subida del nivel del mar (que ha sido de casi 6 cm en Menorca los últimos 25 años y se prevé de 50 a 80 cm para el 2100). En una isla como la nuestra puede poner en riesgo sus hábitats más característicos como son las playas, dunas o lagunas litorales.



# Menorca, isla mediterránea

Menorca, con una extensión de 694 km<sup>2</sup> y una altura máxima de 358 metros, es la isla situada más al noreste del archipiélago balear. Se encuentra en el centro del Mediterráneo Occidental, a unos 400 km al sur del Golfo de León desde donde se canalizan fuertes vientos provenientes del norte de Europa.

El clima de Menorca se considera mediterráneo subhúmedo, con una temperatura media anual de 16,7 °C y una pluviometría media anual de 549 litros/m<sup>2</sup>. Se caracteriza por tener una sequía estival importante, inviernos suaves y una inestabilidad otoñal creada por las tormentas de final de verano. El régimen de vientos predominantes son los de componente oeste y norte, principalmente.

La isla de Menorca y los islotes que la rodean constituyen un resumen de los ecosistemas presentes en el Mediterráneo Occidental. Así, podemos encontrar la mayor parte de los ecosistemas característicos de esta región, excepto los fluviales y los de montaña, y a la vez numerosas especies endémicas, es decir, exclusivas de esta isla o bien compartidas solo con otras tierras cercanas como Mallorca, Islas Baleares o Córcega y Cerdeña. Esta mezcla de generalidades y singularidades hace especialmente atractivo el patrimonio natural de este territorio, fuertemente influenciado por la presencia humana desde hace 4.000 años y singular por su paisaje en mosaico agroforestal, por su diversidad geológica y por la presencia de profundos barrancos en la mitad sur de la isla.

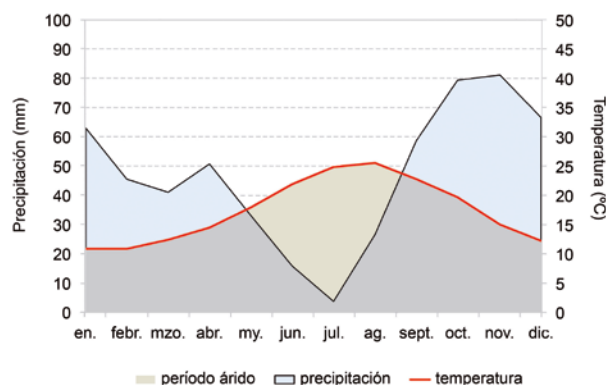


Diagrama ombrotérmico. El gráfico muestra la pluviometría y la temperatura media mensual de Menorca de 1985 a 2015. Permite visualizar el periodo de sequía estival, de bajas precipitaciones y altas temperaturas.

# ¿Qué es el clima?

La palabra clima proviene del vocablo griego *klima*, que hace referencia a la inclinación del sol. Actualmente se define como el conjunto de patrones meteorológicos o condiciones ambientales existentes en un lugar determinado durante un intervalo de treinta años por lo menos.

El clima de una región está generado por el sistema climático, compuesto por la hidrosfera (el agua dulce y salada en estado líquido), la criosfera (el agua en estado sólido), la litosfera (el suelo) y la biosfera (el conjunto de seres vivos que habitan la Tierra). El clima es consecuencia del equilibrio que se produce en la interacción entre esos cinco componentes. Así, la latitud, la altitud, el régimen de los vientos, la distancia al mar, las corrientes marinas, la vegetación o los cursos fluviales condicionan la sucesión periódica de los distintos tipos de tiempo que se repiten en una región durante un periodo amplio de tiempo. El clima es estable, permanente y característico de un lugar determinado, mientras que el tiempo atmosférico es variable.

Por lo tanto, para el estudio del clima hay que analizar los elementos del tiempo meteorológico: la temperatura, la humedad, la presión, los vientos y las precipitaciones. De ellos, las temperaturas y las precipitaciones medias mensuales a lo largo de una serie de años suficientemente larga son los datos más relevantes y que normalmente aparecen en los gráficos climáticos.



Una estación meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas como, por ejemplo, la temperatura, la radiación solar, la pluviometría, la humedad relativa, etc.



# ¿Qué es el cambio climático?

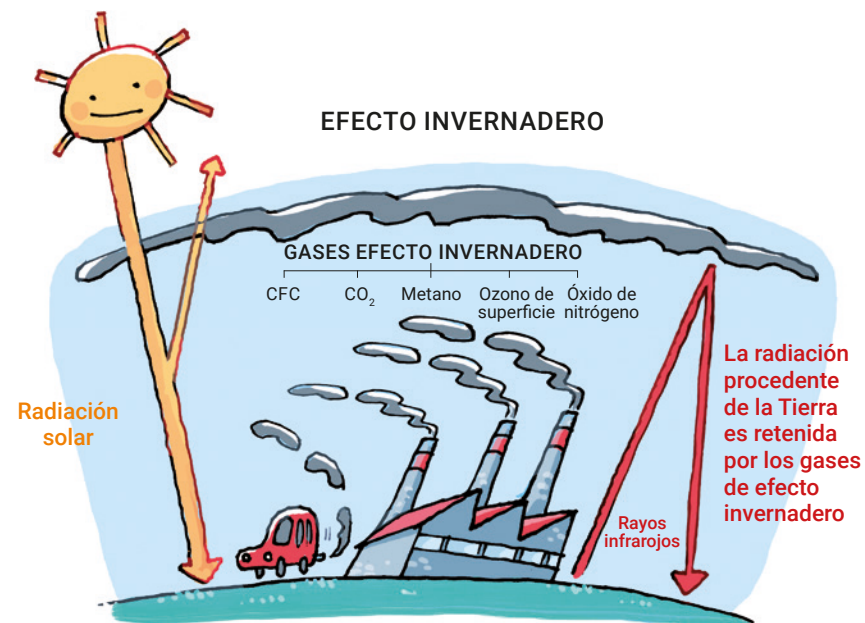
El cambio climático es el cambio de clima provocado por las actividades humanas que alteran significativamente la composición de la atmósfera.

El cambio climático (CC) se suma a la variabilidad natural del clima observado durante periodos de tiempo comparables. No hay que confundir cambio climático y variabilidad climática, ya que esta última hace referencia a cualquier variación de clima (interestacional, interanual, por décadas o por eras) ya sea por procesos propios del sistema climático o por otras causas.

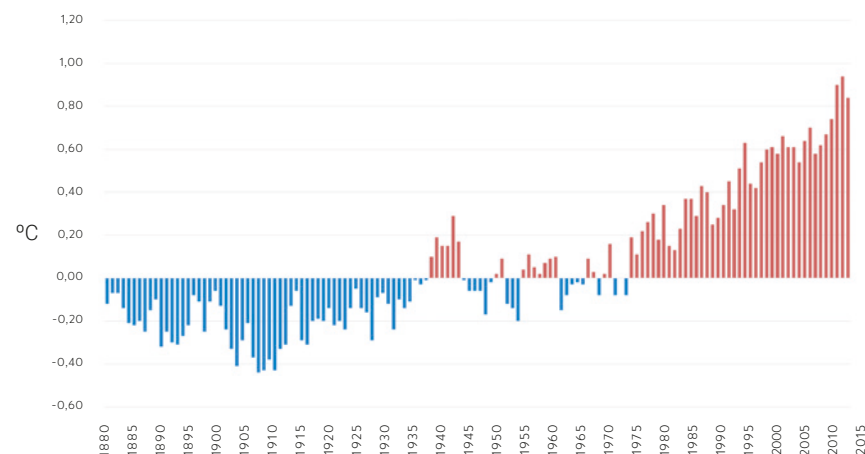
Actualmente, hay un amplio consenso científico sobre la existencia de un rápido cambio climático causado por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera debido a la actividad humana desde la revolución industrial. Algunos de estos gases de efecto invernadero (GEI) son el dióxido de carbono, el metano, los óxidos de nitrógeno, los clorofluorocarburos, el ozono o el vapor de agua que se producen principalmente por la quema de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo).

La acumulación de los GEI en la atmósfera intensifica el efecto invernadero, ocasionando un aumento de las temperaturas en la Tierra. En los últimos 150 años, el planeta ha experimentado un incremento de su temperatura de cerca de un grado centígrado.

De todas formas, el calentamiento global puede tener otros efectos. El avance de la primavera, los inviernos suaves o los cambios del régimen de lluvias pueden tener incluso mayores efectos sobre la vida y el medio ambiente que una simple subida de la temperatura media anual.



La atmósfera terrestre contiene gases que retienen el calor emitido por la superficie de la Tierra después de haber sido calentada por el sol. Son los llamados gases de efecto invernadero, sin ellos la temperatura de la Tierra sería mucho más fría y el planeta, prácticamente inhabitable. La acumulación de los gases de efecto invernadero emitidos por las actividades humanas ha conllevado un sobrecalentamiento del planeta.



Anomalías de la temperatura media global para el periodo 1880-2015.  
Fuente: Web del National Centers for Environmental Information (<https://www.ncdc.noaa.gov>).

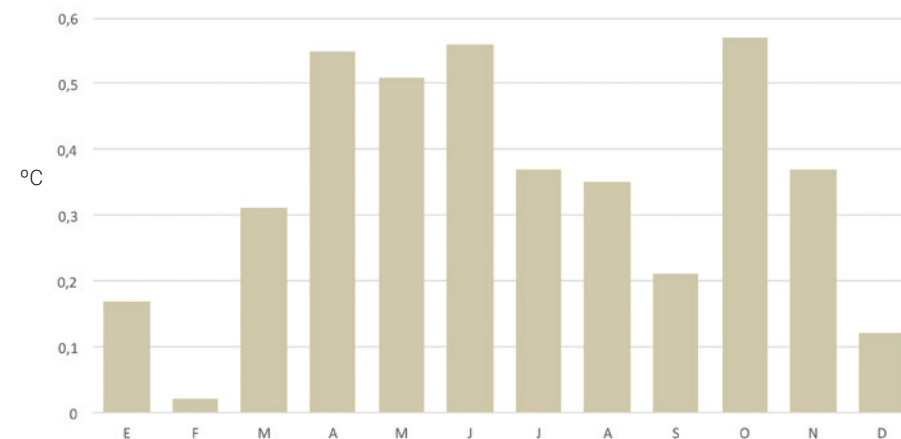


Tórtola común (*Streptopelia turtur*) durante una jornada de anillamiento científico de aves en el bosque de Alforí (Ciutadella de Menorca).

# Efectos del cambio climático observados en Menorca

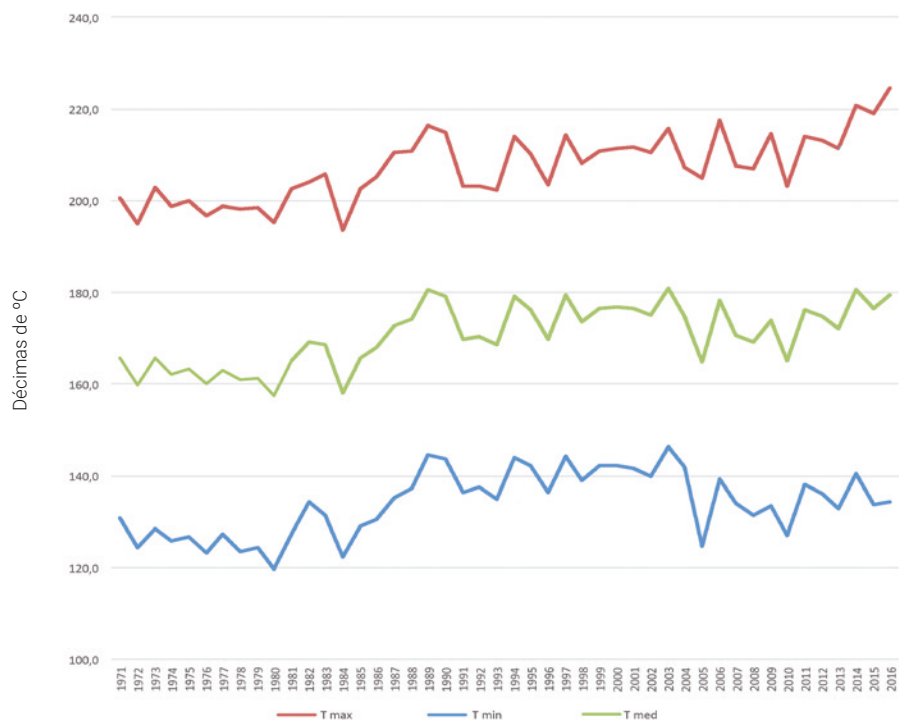
El cambio climático en el que está inmerso el planeta es global pero no es homogéneo, es decir, no afecta por igual a las diferentes localidades y regiones del mundo.

Para ver como está siendo la afectación en Menorca se puede partir de los datos del observatorio meteorológico del aeropuerto, cuya serie abarca desde 1971 a 2016 (46 años). El gráfico muestra una marcada tendencia de las temperaturas al ascenso, aunque superpuesta a una acusada variabilidad natural. El ascenso de las temperatura máximas, del orden de 0,41°C/década, es mayor que el de las mínimas, con un 0,27°C/década. Estos valores son probablemente representativos del ascenso medio para las Baleares como conjunto, y también son parecidos a los ascensos medios en el conjunto del continente europeo. Sin embargo, son muy



Aumento de temperatura de cada mes del año por década. Datos aeropuerto Menorca (1971-2016).





Temperaturas máxima, media y mínima anual registradas en el aeropuerto de Menorca. Las series corresponden al periodo 1971-2016.

superiores al ascenso medio planetario (casi el doble), que no llega a  $0,18^{\circ}\text{C}/\text{década}$  en el período 1971-2017.

Además de la tendencia global, también es relevante ver como se reparten a lo largo del año las tendencias térmicas, ya que no lo hacen de manera uniforme. El mes de octubre es el mes que presenta un calentamiento más notable y los tres últimos meses de la primavera (abril, mayo y junio) son los que tienen, conjuntamente, un mayor peso en el calentamiento total anual. Esto último supone un avance del verano hacia la primavera y es una característica clave al considerar la afectación del cambio climático en Menorca y en toda la región que la envuelve. Dado que una elevación de temperatura supone un incremento de la evapotranspiración potencial, es decir, demanda de agua por parte de la vegetación, se podría prever una aceleración del consumo de la reserva de

agua en el suelo durante la primavera, con el consiguiente incremento y adelanto del déficit hídrico estival.

En cuanto a lluvias, existe una gran variabilidad entre años e incluso entre décadas que no permite definir tendencias claras ni mensuales ni anuales. Sin embargo, en el caso del otoño sí se puede ver como el mes de octubre ha estado perdiendo lluvia a favor de noviembre. De hecho, el mes más lluvioso en el aeropuerto de Menorca (y en muchas otras estaciones de las Islas Baleares) ha pasado de ser octubre (1971-2000) a noviembre (1981-2010).

El aumento del nivel del mar es otra de las consecuencias del cambio climático. Este crecimiento es debido al deshielo de las masas de agua dulce congelada y al aumento de volumen del agua cuando mayor es su temperatura. Así, en el Mediterráneo Occidental, durante el periodo 1993-2017 el nivel del mar ha aumentado una media de 2,46 mm por año, es decir, un total de 5,9 cm. Para el 2100, los modelos indican que la subida será similar que la del nivel global (entre 50 y 80 cm según sea el escenario de emisiones de GEI). La subida del nivel del mar podría ser relevante para algunos ecosistemas como las playas y dunas o las zonas húmedas costeras como la Albufera des Grau.



Campo de amapolas en Turmadèn des Capità (Alaior) durante el Seguimiento de aves comunes en Menorca (SOCMe).



*Seguimiento de las poblaciones de aves acuáticas invernantes en la Albufera des Grau mediante censo visual desde puntos de observación.*

# Seguimiento de la biodiversidad en la Reserva de Biosfera de Menorca

Gracias a la participación de diferentes entidades locales, en la isla se realizan seguimientos estandarizados de diferentes grupos de fauna y flora. Los datos más antiguos y robustos son los de aves y mariposas gracias a las campañas de anillamientos y censos realizados siguiendo metodologías definidas a nivel europeo.

Así, durante los últimos años se ha recopilado una cantidad muy importante de datos sobre la evolución de diferentes grupos: aves, mariposas, plantas endémicas, anfibios, reptiles (como la tortuga mediterránea), posidonia, peces rocosos, etc. El seguimiento de estas poblaciones y el uso de bioindicadores permite conocer el estado del medio ambiente y planificar su gestión integrada como, por ejemplo, en cuanto a cambios en el uso de suelo o en el desarrollo de actividades.

Gracias a proyectos como Bioclima el análisis de los datos recopilados durante tantos años también podrá servir para adaptar la gestión al cambio climático y, a la vez, para la planificación a largo plazo del seguimiento de la biodiversidad en la Reserva de Biosfera de Menorca, la cual está ahora mismo en proceso de revisión para adaptarse también a los objetivos del programa Man and Biosphere de la UNESCO y la red mundial de reservas de biosfera.

Las series de datos de biodiversidad de Menorca más largas y robustas corresponden a las poblaciones de aves y mariposas diurnas. Por este motivo el proyecto Bioclima se ha centrado en el análisis de la evolución de estas poblaciones con el objetivo de detectar anomalías, oscilaciones y variaciones, y relacionarlas con cambios ocurridos en el clima. Los programas y las metodologías aplicadas en el seguimiento periódico y sistematizado de estas poblaciones se explican en detalle en este capítulo. Los resultados obtenidos se comentan en el capítulo 3.



# Seguimiento de aves nidificantes

Para el seguimiento de las poblaciones de aves nidificantes de Menorca se han utilizado dos metodologías distintas: anillamiento de aves e itinerarios de recuento.

## Estaciones de esfuerzo constante (EEC)

Las EEC son puntos de estudio de las poblaciones de aves mediante jornadas de anillamiento en localidades establecidas que se replican periódicamente.

Así, las EEC de Menorca siguen la misma metodología utilizada en el Constant Effort Site (CES) de los ingleses o el Monitoring Avian Productivity (MAP) realizado por los americanos y que actualmente también utiliza el Instituto Catalán de Ornitología con el proyecto SYLVIA o el proyecto SACRE de la Sociedad Española de Ornitología. Esto permite contribuir al proyecto de seguimiento europeo con el apoyo de la entidad europea Euring, European Union of Bird Ringing.

En Menorca existen tres estaciones en funcionamiento: Alforí de Dalt, Albufera des Grau i Algendarret. El seguimiento se inició en 2001 y se mantiene en la actualidad. Se realizan diez jornadas de anillamiento anuales por estación: siete en la época de cría (de mayo a agosto) y tres en invierno (de diciembre a febrero).

La entidad local que realiza este seguimiento es la Sociedad Ornitológica de Menorca (SOM).



Estación de Anillamiento Constante (EEC) en Ciudadela.

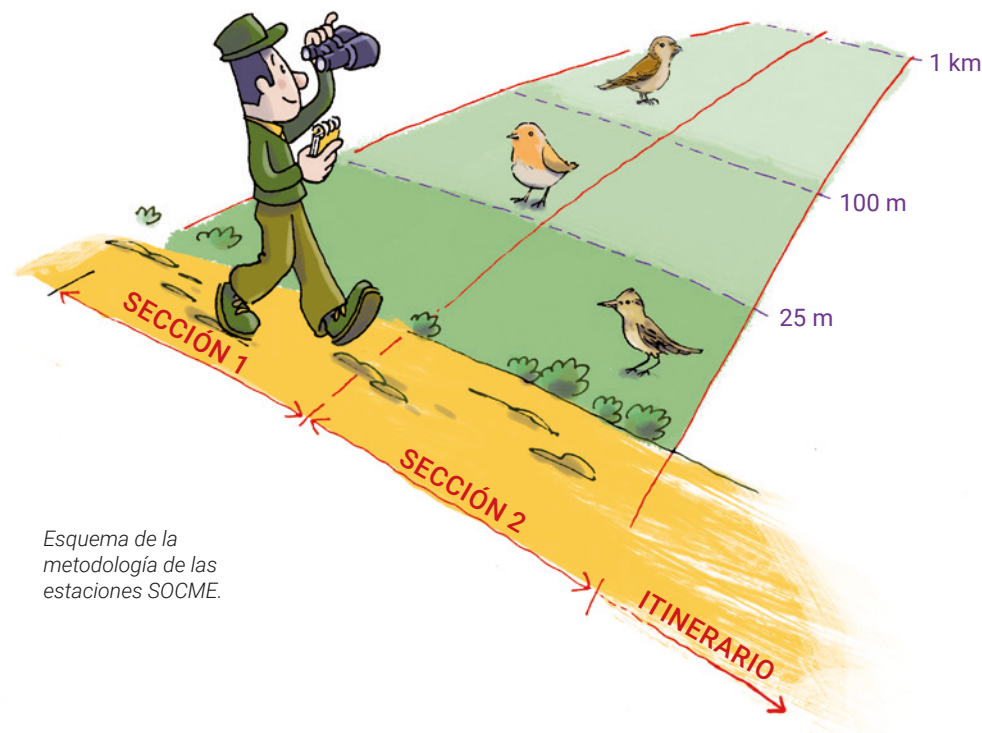
## Seguimiento de aves comunes (SOCME)

El Seguimiento de Aves Comunes en Menorca (SOCME) es un programa de monitoreo basado en el transecto como método para obtener índices de abundancia de las diferentes especies de pájaros. A lo largo de un corto itinerario a pie (3 km) un observador registra todos los individuos de cada especie que vaya detectando, ya sea visual o auditivamente.

Esta metodología se basa en el programa de Seguimiento de Aves Comunes en Cataluña (SOCC), en funcionamiento desde el año 2000. Se trata de un programa de seguimiento continuo, que requiere un esfuerzo reducido. A lo largo de un año biológico se realizan cuatro muestreos: dos durante el periodo invernal y otros dos en la época reproductora.

En Menorca existen actualmente quince itinerarios, acumulando, algunos de ellos, hasta diecisiete años de datos.

La entidad local que realiza este seguimiento es la Sociedad Ornitológica de Menorca (SOM).



Esquema de la metodología de las estaciones SOCME.



# Seguimiento de aves acuáticas

El seguimiento de aves acuáticas es uno de los seguimientos de la biodiversidad de Menorca más antiguo: de algunas zonas húmedas existen datos de hace más de 45 años.

Este seguimiento se realiza mediante censos o recuentos de las aves acuáticas presentes en las zonas húmedas de la isla. Podemos distinguir dos tipos de metodologías: el censo anual de invernantes y los censos mensuales de la Albufera des Grau.

## Censos anuales de aves acuáticas invernantes

El censo invernal de aves acuáticas en Menorca se lleva realizando desde el año 1974 ininterrumpidamente hasta la actualidad. Este censo se integra dentro del International Waterbird Census (IWC), que tiene como objetivo cuantificar anualmente el número de aves acuáticas que invernán en más de ochenta países de Europa, Asia y el norte de África.

El censo se basa en el recuento pormenorizado de todas las aves acuáticas presentes en las principales zonas húmedas en Menorca. Se realiza el mismo día de la segunda semana de enero año tras año en toda Europa.

El censo invernal de aves acuáticas fue iniciado por el GOB Menorca y a partir del año 2001 cogió el relevo la SOM.

## Censos mensuales de aves acuáticas en la Albufera des Grau

Dentro del programa de seguimiento de la biodiversidad del Parque Natural de la Albufera des Grau, se realiza un recuento mensual de las aves acuáticas que se encuentran presentes en la laguna, utilizando siempre los mismos puntos de avistamiento. Este seguimiento fue iniciado en mayo de 1995 por el GOB Menorca y asumido por el personal del Parque Natural desde el 2001 hasta la actualidad. Cabe decir que entre los años 2001-2011 se incrementó la frecuencia de los censos a semanal.



*Eclosión de pollos de focha (Fulica atra) en la Albufera des Grau (Mahón).*



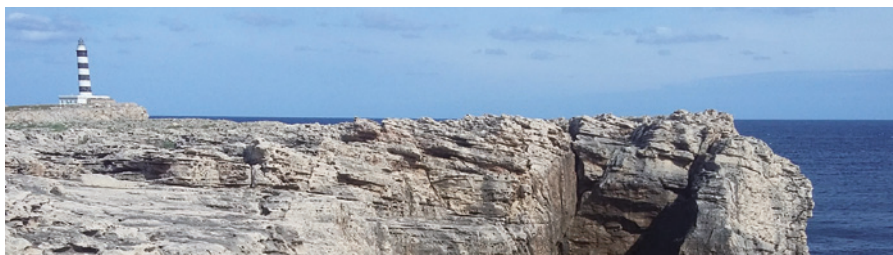
# Seguimiento de aves migrantes

El seguimiento de aves migrantes en Menorca se hace mediante el anillamiento de aves, aplicando la metodología del programa Piccole Isole (PI).

Este programa de monitoreo a largo plazo tiene como objetivo principal el estudio de la migración primaveral o prenupcial de los pájaros transaharianos en su paso por el Mediterráneo y, más concretamente, determinar qué papel juegan las pequeñas islas que hay en este mar, como áreas de descanso, de alimentación, de refugio, etc.

En Menorca la estación de seguimiento se encuentra en la Illa de l'Aire, islote situado enfrente la costa suroriental de la isla principal. La metodología estandarizada consiste en la instalación de redes japonesas para la captura de aves manteniendo superficie y ubicación de red todos los años. El periodo de estudio es entre el 1 de abril y el 15 de mayo. Las redes están abiertas las 24 horas del día y se revisan sistemáticamente cada hora para extraer los pájaros que quedan cogidos, tomarles medidas y anillarlos.

El programa PI nació en 1988 organizado y coordinado desde Italia por el Instituto Nazionale para la Fauna Selvática. Los primeros años participaron sólo estaciones italianas, pero muy pronto se convirtió en un proyecto internacional con estaciones en Malta (1990), Córcega (1991), Cabrera (1992) o Gibraltar (1992). En Menorca el proyecto fue iniciado por el GOBMenorca en el año 1993 y a partir del 2001 lo viene realizando la Sociedad Ornitológica de Menorca.



Vista costera de la Illa de l'Aire (Sant Lluís).

# Seguimiento de mariposas diurnas

En los años setenta se desarrolló en Inglaterra una metodología sencilla y práctica para evaluar de forma objetiva la abundancia de las mariposas diurnas; el Butterfly Monitoring Scheme (BMS).

Esta metodología permite conocer con precisión los cambios de abundancia de las mariposas a partir de la repetición semanal de censos visuales a lo largo de transectos fijos para relacionarlos, posteriormente, con diferentes factores ambientales. El periodo de censo abarca treinta semanas; se inicia en marzo y finaliza en octubre.

En la década de los noventa, otros países europeos incorporaron redes de seguimiento equiparables al BMS inglés y fue en 1994 que se estableció el BMS de Cataluña. Hoy en día, el CBMS (BMS catalán) lo forman cerca de setenta estaciones de seguimiento activas repartidas por toda Cataluña, Andorra y Baleares, entre ellas las tres menorquinas, que se incorporaron a la red en el año 2000.

El Observatorio Socioambiental de Menorca y el Parque Natural de la Albufera des Grau son las entidades locales que realizan este seguimiento.



Ocelada común (Coenonympha pamphilus).



# Datos analizados en el proyecto bioclima

Los resultados que se exponen en el siguiente capítulo son fruto del análisis en detalle de los siguientes datos.

## Anillamiento de aves

- Aves reproductoras: 6 jornadas de anillamiento anuales entre mayo y agosto en 6 localidades distintas durante 17 años (2001-2017). Se han realizado un total de 9.083 capturas de 40 especies nidificantes diferentes.
- Aves invernantes: 3 jornadas de anillamiento anual entre diciembre y febrero en 6 localidades durante 16 años (2002-2017). Se han realizado 8.823 capturas de 43 especies diferentes.

## Recuento de aves comunes

- 4 censos anuales (2 en época de cría y 2 en invierno) en 15 localidades durante 17 años (2001-17).
- Se han contado un total de 280.127 ejemplares de 173 especies diferentes (114 especies observadas en invierno y 134 especies observadas en primavera)

## Anillamiento de aves migradoras

- La estación de la Illa de l'Aire existe desde 1993, y después de 24 años se han realizado 83.812 capturas de 115 especies diferentes.

## Recuento de aves acuáticas

- Muestreo mensual/semanal de aves acuáticas en la Albufera des Grau durante 23 años (mayo 1995-diciembre de 2017). En total se han contado 805.372 ejemplares de 88 especies diferentes de aves acuáticas
- Muestreo anual (censo invernantes) en 14 zonas húmedas de la isla durante 43 años (1974-2017). En total se han contado 180.432 ejemplares de 60 especies de aves acuáticas.

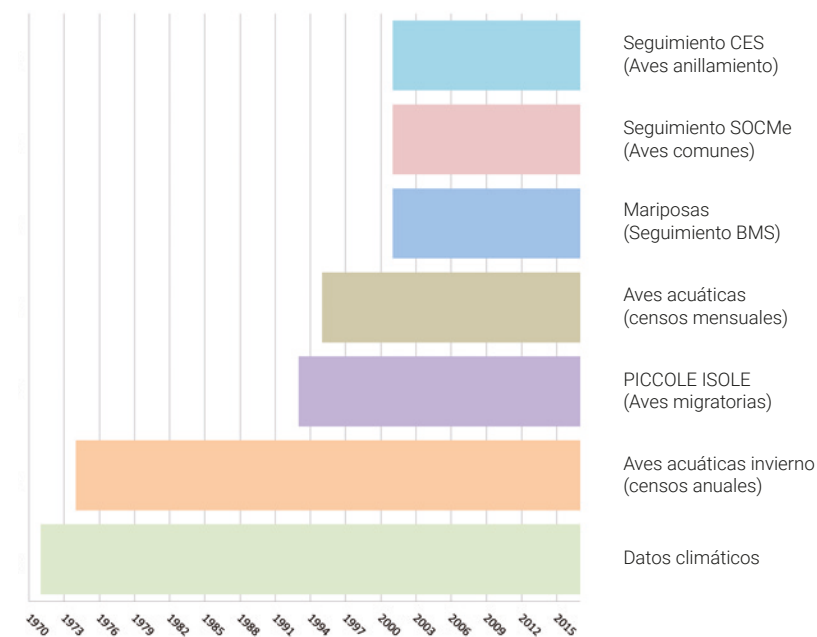
## Recuento de mariposas diurnas

- Muestreo semanal entre los meses de marzo a octubre 2001-17 (incluidos).

Se han contado 91.238 ejemplares de mariposas de 25 especies en las 3 estaciones incluidas en el proyecto.

## Datos climáticos

- Temperatura max./min. diaria de 33 estaciones de Menorca desde 1971.
- Precipitación diaria de 31 estaciones de Menorca desde 1971.
- Viento (dirección y velocidad) a las 0.00, 7.00, 13.00 y 18.00 h UTC y racha máxima diaria en el aeropuerto de Menorca desde 1971
- Insolación diaria en el aeropuerto de Menorca desde 1971.
- El índice de oscilación del Atlántico Norte (NAO) desde 1950 a la actualidad.
- Precipitación y temperatura en el norte de África, Sahel y resto de África, desde el 1/1/1979 hasta el 31/12/2016.
- El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para África y el Mediterráneo desde julio de 1981 hasta diciembre de 2015.



Resumen cronológico de los datos analizados en el proyecto Bioclima Menorca.



# Resultados del proyecto Bioclima

Los efectos del cambio climático se han notado en las poblaciones de aves migratorias y en el adelanto fenológico de las mariposas en Menorca.

Analizando los datos de biodiversidad en las últimas décadas en la isla de Menorca, se ha podido observar un adelanto de la fecha de llegada de las aves migrantes en primavera, destacando la relación de la fecha de llegada a Menorca con las condiciones climáticas y de la vegetación en las zonas de invernada.

En cuanto a las aves reproductoras no se observan tendencias claras en las fechas de cría. El abandono del aprovechamiento de los bosques en los últimos 40 años en Menorca ha provocado un aumento de la densidad de la vegetación, lo que ha facilitado que las especies forestales hayan aumentado sus poblaciones, mientras que aquellas que se ven perjudicadas por la forestación se han mantenido estables.

En el caso de las aves acuáticas se ha observado una disminución del número de ejemplares y de especies los años con inviernos más cálidos. También se observa que desde que se inició la gestión activa de la Albufera des Grau el año 2001, la tendencia de las aves acuáticas ha sido positiva. Asimismo, los datos también confirman el efecto refugio de la Albufera durante las épocas más secas y cálidas del año. Al ser la única zona húmeda con agua permanente acoge a las aves del resto de zonas húmedas más pequeñas en el período de aridez.

En el caso de las mariposas, se ha podido observar que el aumento de las temperaturas durante la fase larvaria ha provocado el adelanto de la aparición de los adultos.

*Redes japonesas en la Illa de l'Aire (Sant Lluís) para el estudio de la migración primaveral en las aves.*





# Efectos del cambio climático sobre las aves nidificantes

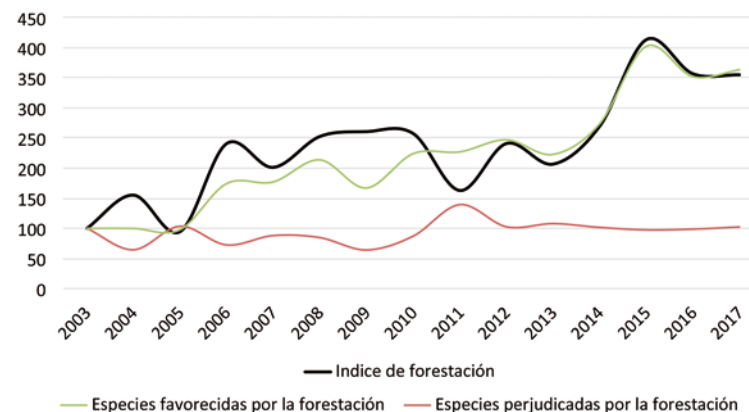
El análisis de los datos de seguimiento de aves nidificantes de Menorca apunta a que sus poblaciones gozan de buena salud y buena parte de ellas muestra tendencias poblacionales claramente positivas.

Concretamente los datos del seguimiento de aves comunes (SOCME) arrojan que, durante el período 2003-2017, el 43 % de las especies analizadas muestra incrementos, mientras que solo una especie (gaviota patiamarilla) ha sufrido un descenso en sus poblaciones, aunque puede que el tipo de muestreo no sea el idóneo para el seguimiento de esta última especie.

Sin embargo, el cambio climático no ha supuesto, por ahora, el factor principal que explique los cambios sucedidos en las aves comunes nidificantes de Menorca en los últimos años. En este sentido, todos los índices e indicadores calculados han contradicho las hipótesis de partida.



La fecha media de captura de juveniles de las cinco especies más comunes de aves de Menorca no ha tenido una tendencia clara en los últimos años, por tanto el cambio climático no habría tenido un efecto claro en cuanto a la fecha de inicio de cría.



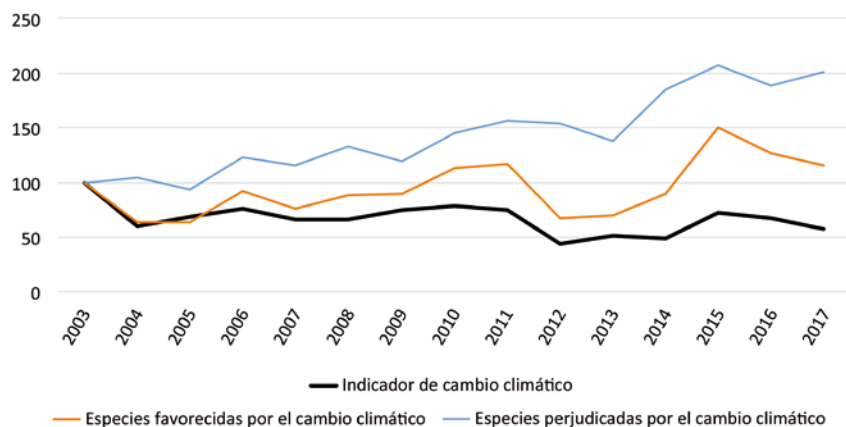
Cambios en el indicador de forestación desarrollado a partir de los datos del SOCME. Este indicador está formado por dos subíndices: el de las especies favorecidas por la forestación, (muestra la tendencia conjunta de las trece especies propias de ambientes forestales) y el de las especies perjudicadas por la forestación (muestra la tendencia conjunta de las once especies que muestran preferencia por espacios abiertos, prados y matorrales de hasta 1,5 m de altura). Se ha elaborado para Menorca siguiendo la metodología propuesta por Herrando et al. (2014).

Así, en relación a la temporada de cría, las cinco especies que se capturan con mayor frecuencia en las estaciones de anillamiento de Menorca no muestran tendencias claras en su fenología.

El estudio del efecto del cambio climático en las poblaciones de aves a través de la aplicación del bioindicador CLIMens (diseñado a nivel europeo) apunta a que el cambio climático no parece tener efecto en las aves de Menorca como sí ocurre en el conjunto de Europa. Curiosamente, las especies supuestamente perjudicadas por el cambio climático han tenido una tendencia positiva en Menorca.

En cambio, en relación a los efectos de los cambios en los usos del suelo, parece que los cambios acontecidos en la gestión del campo menorquín en los últimos decenios sí inciden claramente en la dinámica poblacional de las aves comunes nidificantes. Menorca, en los últimos años, ha padecido una intensificación de la ganadería a la vez que un abandono de algunos campos de cultivo y, especialmente, el abandono del aprovechamiento forestal, lo que ha llevado a una maduración de las masas forestales, acompañada de una densificación del sotobosque. Las consecuencias de este proceso quedan claramente reflejadas en las tendencias de las aves y las podemos mostrar de manera sencilla en un indicador de forestación. En el gráfico se puede





*Cambios en el indicador de cambio climático CLIMens para Menorca. Este indicador está formado por dos subíndices: el de las especies favorecidas por el cambio climático que muestra la tendencia conjunta de las nueve especies que se espera que expandan su distribución en el Mediterráneo Occidental a consecuencia del cambio climático, y el de las especies perjudicadas por el cambio climático que muestra la tendencia conjunta de las 22 especies que se espera que restrinjan su distribución en el Mediterráneo Occidental a consecuencia del cambio climático. Se ha elaborado siguiendo la metodología propuesta a nivel europeo por Gregory et al. (2009).*

observar que las especies con alta afinidad forestal han visto incrementadas sus poblaciones, mientras que aquellas que se ven perjudicadas por la forestación se han mantenido estables.

¿Quiere esto decir que el clima en Menorca no tiene, ni tendrá, influencia alguna en las aves comunes nidificantes? El análisis detallado de los datos no parece indicar ese escenario. Así, cuando separamos las dos principales variables del clima, la temperatura y la precipitación, y a su vez tenemos en consideración el efecto preeminente de la forestación, hallamos que las especies con una tendencia más positiva son aquellas que requieren una mayor precipitación, mientras que las propias de ambientes más áridos no muestran una tendencia tan positiva. Además este factor muestra un efecto sinérgico con el índice de forestación de las especies, de manera que los incrementos poblacionales son mayores en las especies que requieren al mismo tiempo amplias coberturas forestales y tasas de precipitación elevada, mientras que las especies propias de hábitats abiertos y áridos tienden a disminuir.

*Curruca cabecinegra (Sylvia melanocephala) capturada durante una jornada de anillamiento en la estación de Alforí (Ciudadela de Menorca).*





# Efectos del cambio climático sobre las aves migratorias

El trabajo realizado con las poblaciones de aves migratorias de larga distancia que se capturan en tránsito en la Illa de l'Aire (islote situado al sureste de Menorca) durante la migración de primavera ha mostrado que, a lo largo del período estudiado (1993-2017), las aves pasan de forma general cada vez más temprano, es decir, se avanza la migración. Aunque este avance presenta valores estadísticos significativos, no se da en todas las especies.

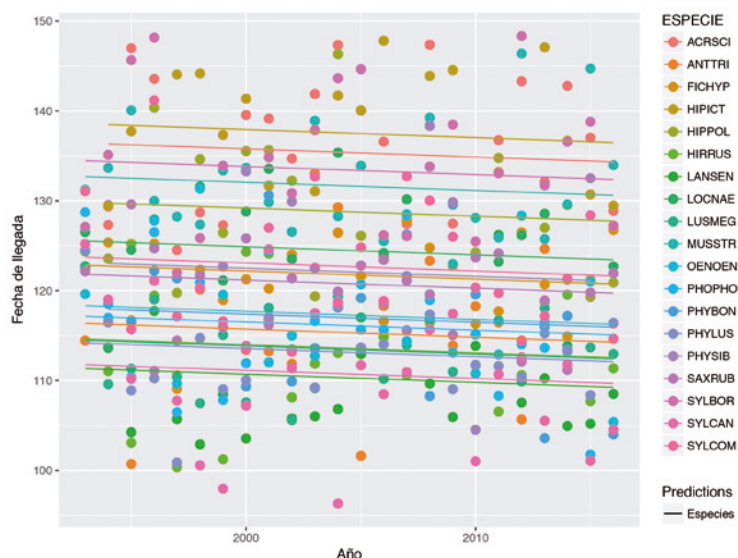
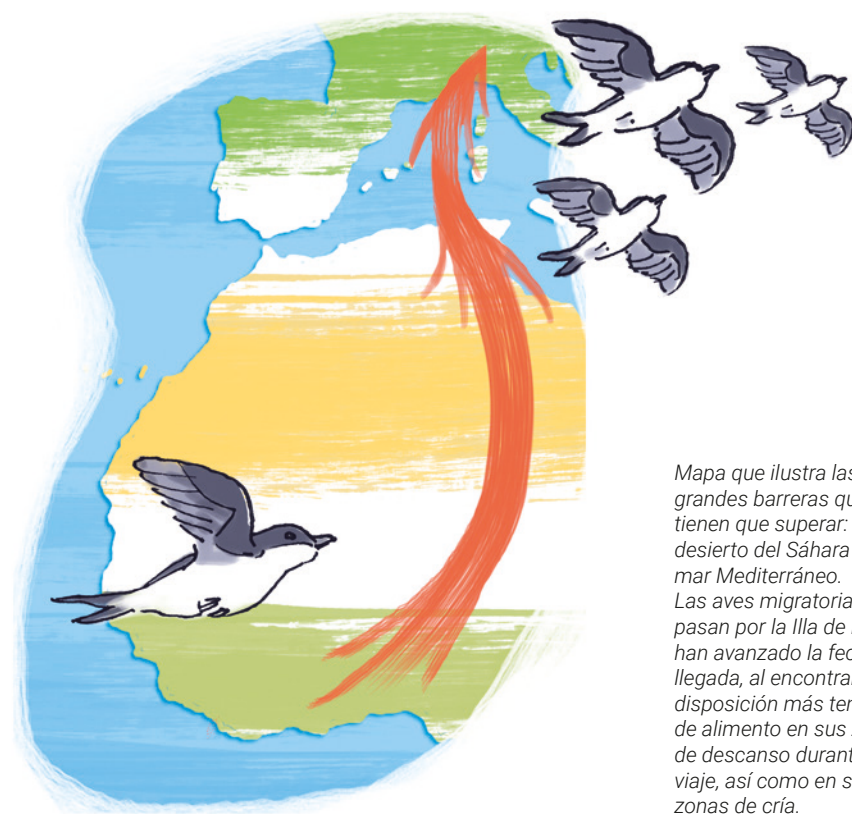


Gráfico donde cada punto representa la fecha de llegada media de una especie (color) para un determinado año de estudio. Las líneas que unen los puntos de una especie a lo largo de los años están ligeramente inclinadas hacia la derecha, lo que demuestra como la mayoría de especies han adelantado unos días su llegada a la Illa de l'Aire. Las aves se nombran por el acrónimo del nombre científico, las tres primeras letras del género y las tres de la especie. Por ejemplo, el ruiseñor (*Luscinia megarhynchos*) sería LUSMEG.

Cuando el análisis incorpora variables climáticas, los valores quedan parcialmente diluidos pero, cuando se relaciona con la producción primaria (NDVI) del Mediterráneo Occidental y el norte de África, se observa una fuerte correlación entre las fechas de llegada y los valores del parámetro. Las aves, por tanto, ajustan las fechas de llegada para encontrar unas óptimas condiciones ambientales en la zona de destino que les permitan superar exitosamente el período reproductor.

Como ejemplo, podemos analizar el caso del colirrojo real (*Phoenicurus phoenicurus*), ave migrante de etapas largas que se captura en la Illa de l'Aire, especialmente entre la segunda quincena de abril y la primera de mayo. A lo largo de los años de estudio (1993-2017), la población migratoria ha tendido a avanzar su fecha de llegada. Aparte de esta tendencia temporal, se observa una llegada más temprana en los años en que hay un incremento del NDVI.



Mapa que ilustra las dos grandes barreras que tienen que superar: el desierto del Sáhara y el mar Mediterráneo. Las aves migratorias que pasan por la Illa de l'Aire han avanzado la fecha de llegada, al encontrar una disposición más temprana de alimento en sus zonas de descanso durante el viaje, así como en sus zonas de cría.



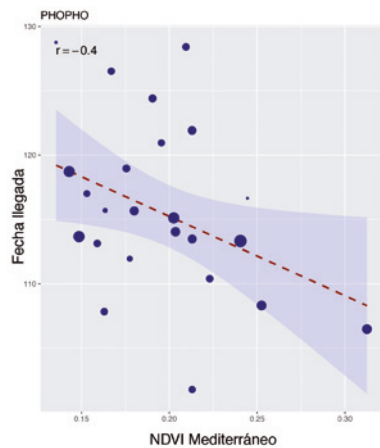


Gráfico que relaciona la fecha de llegada del colirrojo real con el año. Vemos que a lo largo del período de estudio tiende a avanzar su llegada.

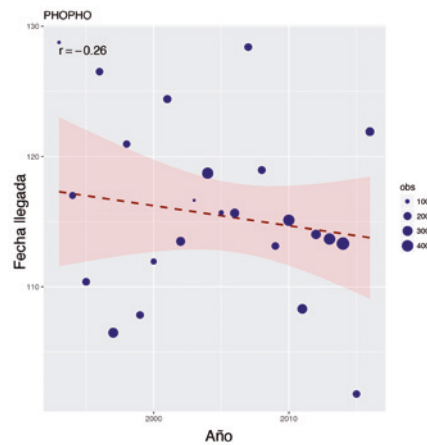


Gráfico que relaciona la fecha de llegada con el índice de NVDI, cuyo valor es mayor cuando mejores son las condiciones ambientales. Cuando el valor de NDVI del Mediterráneo Occidental es alto, el colirrojo real avanza significativamente la fecha de llegada a la Isla de l'Aire.

Es importante destacar que el análisis de tendencia del valor del NDVI en la región mediterránea, apunta a que cada año el valor, que se podría traducir como el momento óptimo de recursos, se está avanzando, es decir, que se estaría avanzando la primavera y las nuevas generaciones de aves deben ajustar la migración a estos avances de la producción de recursos. Sabemos que las poblaciones de aves se pueden adaptar fácilmente a estos factores en un período de tiempo relativamente corto. Aquellas poblaciones que no lo hagan pueden verse gravemente afectadas disminuyendo severamente. Una de las cuestiones clave será observar si el ritmo de avance del período favorable de recursos continúa como hasta el momento. Si cada año se produce un adelanto como el que se ha observado en estas dos últimas décadas, quizás las especies de aves migratorias de larga distancia no podrán mantener el ritmo de adaptación. Un estudio reciente señala, además, que por los efectos del cambio climático, se han ampliado las áreas de distribución de las especies de aves hacia el norte por lo que, en el futuro, los viajes migratorios serán más largos.



Grupo de aves acuáticas delante del islote d'en Mel en la Albufera des Grau (Mahón).



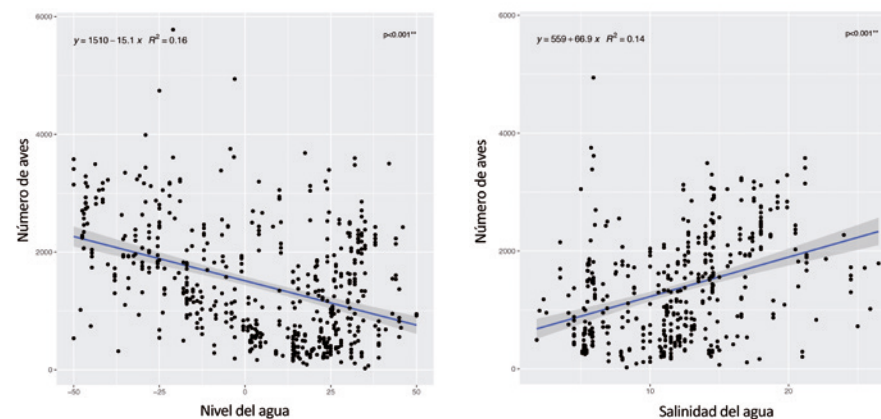
# Efectos del cambio climático sobre las aves acuáticas

En Menorca existe una importante población de aves acuáticas tanto migrantes como invernantes que reposan y se alimentan en las numerosas zonas húmedas costeras de la isla. De todas ellas, la Albufera des Grau, laguna litoral de 75 hectáreas situada en el noreste de la isla, es la más importante.

Desde hace más de cuarenta años se realizan censos anuales de las aves acuáticas invernantes de la Albufera des Grau y desde 2001, son mensuales. Cabe decir que la hidrología de la laguna también ha cambiado por la desaparición de las fuentes que aportaban agua dulce todo el año por culpa de la sobreexplotación del acuífero de s'Albaida desde los años ochenta. Sin embargo, como la laguna está dentro del Parque Natural cuenta con una gestión activa de la lámina de agua desde 2001, con registros mensuales del nivel del agua y de salinidad. Gracias a toda esta información se ha podido realizar un estudio comparativo de como afectan la climatología y las condiciones físico-químicas de la laguna sobre la presencia de aves acuáticas.

Se constata una tendencia negativa de los censos a lo largo del tiempo (excepto los últimos años), es decir, que cada año se observan menos aves acuáticas en la Albufera des Grau. Esto estaría correlacionado con la tendencia positiva de las temperaturas mínimas de invierno. Cada vez los inviernos son más suaves (exceptuando los últimos años) y esto no favorece la presencia de aves acuáticas en Menorca ya que estas pueden resistir bien el invierno en zonas de Europa situadas más al norte.

Por lo que respecta a las condiciones del agua de la laguna, en el caso de la Albufera des Grau se observa que con un aumento de salinidad y una disminución del nivel de la laguna, aumenta la diversidad y cantidad de aves acuáticas presentes a lo largo de todo el año. Esto parecería contradictorio ya que peores condiciones (menos agua y más salada) favorecerían la presencia y diversidad de aves acuáticas. Sin embargo, los especialistas lo



*Cuanto más salada y menos nivel tiene el agua de la Albufera des Grau, más aves acuáticas se registran. Esto estaría provocado por el efecto refugio de la laguna más grande de la isla que acoge aves de otras zonas húmedas cuando hay condiciones climáticas de aridez.*

relacionan con el «efecto refugio» que ofrece la zona húmeda más grande de Menorca cuando condiciones ambientales de aridez provocan que en otras lagunas más pequeñas desaparezca la lámina de agua abierta.

A partir del año 2001 se nota un cambio de tendencia: en lugar de disminuir, aumenta la cantidad y la diversidad de aves acuáticas en la laguna. Esto se podría explicar tanto por lo que comentábamos de inviernos más fríos estos últimos años como, también, por un cambio en la gestión de la laguna. Cabe decir que desde el 2001 el Parque Natural realiza una gestión activa de la Albufera mediante unas compuertas que controlan la entrada y la salida de agua al mar para regular la salinidad y el nivel. Por este motivo se hace difícil distinguir si el número de aves en la laguna depende más de las condiciones climáticas o del estado del agua pero en todo caso sabemos que en los últimos años ha aumentado su número y diversidad en Menorca.



*Sistema de compuertas en la Albufera des Grau (Mahón).*



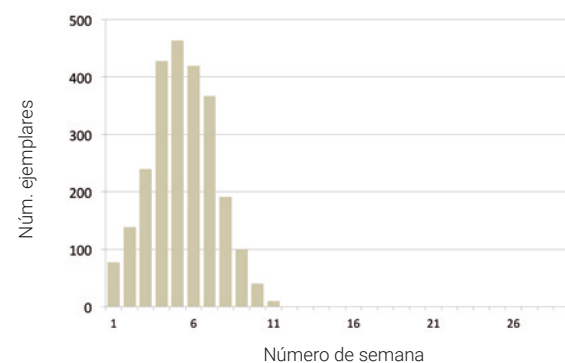
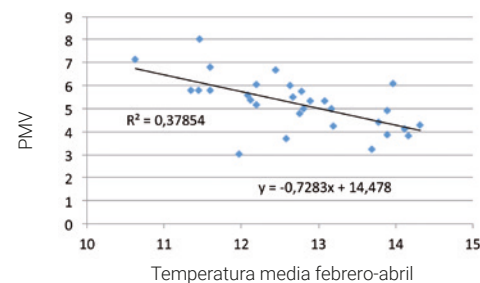
# Efectos del cambio climático sobre las mariposas

Los resultados obtenidos del análisis de los datos de diecisiete años de seguimiento de las poblaciones de mariposas diurnas de tres localidades de Menorca confirman el gran poder bioindicador de las mariposas en relación al clima y refuerzan lo observado ya en otros lugares que indica que el aumento de las temperaturas está dando lugar a períodos de vuelo más tempranos.

En seis especies de las dieciséis analizadas (38 %), se ha observado una tendencia al avance del período de vuelo durante los años de seguimiento. Los resultados confirman que para muchas de estas especies los períodos de vuelo dependen directamente de las temperaturas durante algunas fases críticas de su ciclo biológico. Concretamente, en once especies (69 % de los casos estudiados) hemos encontrado relaciones significativas entre el período de vuelo y la temperatura. En la mayoría, las temperaturas más altas que experimentan los estadios inmaduros (larvas y pupas) significan un adelantamiento en las fechas de vuelo de los adultos. Únicamente para la blanquita de la col (*Pieris rapae*) esta relación es inversa y los adultos retrasan su aparición cuando las temperaturas de primavera y comienzos de verano son más cálidas en Menorca. En este último caso se podría explicar por una mayor incidencia de una estivación en la fase de pupa en temporadas cálidas o por el hecho que las poblaciones menorquinas de la blanquita de la col se ven reforzadas por la llegada de migrantes tanto en primavera como en otoño y esto dificultaría ver patrones fisiológicos locales.

La fecha de aparición de los adultos de las especies univoltinas (una generación/año) como la cejiblanca (*Callophrys rubi*) guarda una estrecha relación con la temperatura que experimentan sus pupas en los dos o tres meses previos a la fecha media del período de vuelo. En inviernos suaves, se adelanta la aparición de las mariposas adultas.

Para especies polivoltinas (más de una generación por año) como la ocelada común (*Coenonympha pamphilus*) se ha observado que

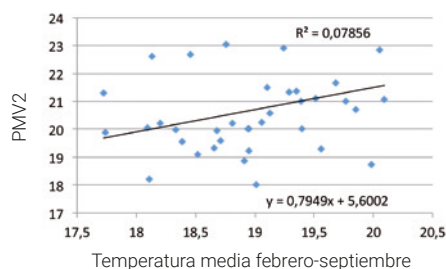
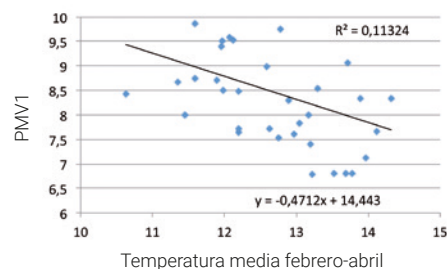
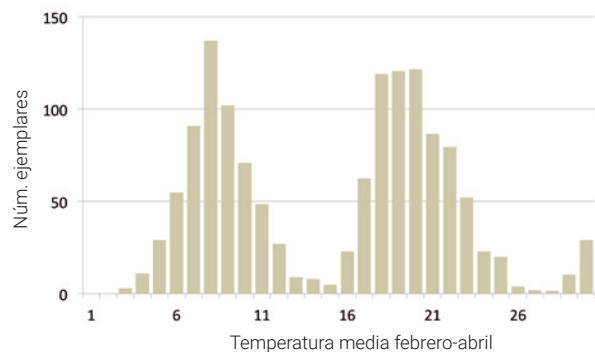


Fenología de la cejiblanca (*Callophrys rubi*) en Menorca y relación entre la temperatura media de febrero a abril y el período de vuelo medio (PMV), es decir, la fecha media de aparición de los adultos.

la primera generación también se adelanta cuando las temperaturas de finales de invierno/principios de primavera son altas. En cambio, la segunda generación tiende a retrasarse cuando el conjunto de la temporada (primavera y verano) es más cálida.

Por lo que respecta a las especies que se comportan como migratorias a larga distancia como, por ejemplo, la cardera (*Vanessa cardui*), vemos que las primeras detecciones en Menorca (que corresponden con la llegada de ejemplares africanos y que, normalmente, ocurren en marzo-abril), se avanza con un aumento de las temperaturas de enero-abril en el norte de África. Asimismo, las detecciones a finales de temporada (que corresponden con la llegada de ejemplares europeos) también se avanza, en este caso con un aumento de las temperaturas estivales en la Europa mediterránea. Por tanto, como era esperable, la fenología de esta especie depende estrechamente de las condiciones climáticas en las áreas de origen de los ejemplares migratorios. Además, también, los datos analizados también confirman avances fenológicos a temperaturas más altas.





Fenología de la ocelada común (*Coenonympha pamphilus*) en Menorca y (a) Relación entre PMV1 (semanas 1-14) y la temperatura media de febrero-abril y (b) Relación entre PMV2 (semanas 15-30) y la temperatura media de febrero-septiembre.

Por lo que respecta a las precipitaciones, se ha visto que tiene efectos contrapuestos según las especies y el momento de la temporada pero, en general, se observa que las especies polivoltinas se ven favorecidas en veranos con poca precipitación.

## Las mariposas como bioindicador del paisaje

Además de analizar el efecto de los factores climáticos, también se ha analizado la respuesta de las comunidades de mariposas de Menorca a un posible cambio en los hábitats ya que es ampliamente conocido que las mariposas diurnas son excelentes bioindicadoras de los cambios del paisaje. Los datos han confirmado, en dos de las tres localidades estudiadas, una tendencia muy generalizada en la región mediterránea: un progresivo

dominio de las especies más forestales como consecuencia de un retroceso de los ambientes abiertos a expensas de la expansión del bosque y de los matorrales.

Se ha podido comprobar como las especies propias de ambientes cerrados se están viendo beneficiadas por el cerramiento de los hábitats. Así, las tres especies locales más fuertemente asociadas a ambientes forestales o de matorral como la ondulada (*Pararge aegeria*), la náyade (*Celastrina argiolus*) y la loba (*Maniola jurtina*) se han mantenido estables en las tres estaciones consideradas pero, en cambio, las fuertemente asociadas a los ambientes abiertos como la colias común (*Colias crocea*), la niña celina (*Polyommatus celina*) y la manto común (*Lycaena phlaeas*) han disminuido en las dos estaciones donde todo apunta a un cerramiento de la vegetación.

En conjunto, los análisis hechos para los datos de Menorca muestran que el seguimiento de las mariposas diurnas con el método del BMS es una herramienta muy útil para entender cómo se ve afectada la biodiversidad de la isla por el fenómeno del cambio global.



Ondulada  
(*Pararge aegeria*).



# Conclusiones del proyecto Bioclima Menorca y propuestas de futuro

Gracias a los programas de seguimiento continuado durante más de 20 años, se han podido constatar cambios en las poblaciones y en la fenología de aves y mariposas y relacionarlos con el cambio global, es decir, la suma de los efectos del cambio climático y de la transformación de los usos del suelo.

La conservación del paisaje en mosaico típico menorquín y de los bosques maduros y umbríos son dos de las medidas de adaptación para la conservación de la biodiversidad de Menorca. Será vital continuar con los planes de seguimiento de biodiversidad para detectar puntos críticos y gestionar con conocimiento.

Como propuestas de futuro destacan la necesidad de mantener los seguimientos visuales de mariposas y aves ya iniciados en el pasado, tanto las terrestres como las acuáticas, así como aumentar el número de Estaciones de Esfuerzo Constante (anillamiento científico) de las tres actuales hasta las diez estaciones para obtener resultados «potentes» desde el punto de vista estadístico, para poder dar información detallada y estadísticamente significativas de la situación de las poblaciones de aves que permitan una gestión adecuada por parte de las administraciones competentes en materia de medio ambiente.

También se considera importante la creación de una base de datos en un espacio virtual que centralice y analice toda la información que se encuentra en internet, así como ofrecer un servicio de asesoramiento técnico y enviar información de los resultados de los seguimientos de biodiversidad a todos los voluntarios que quieran/puedan participar en los seguimientos.



*Vaca menorquina  
en mosaico agroforestal  
en la finca de Tordonell  
de Dalt, dentro del parque  
natural de la Albufera  
des Grau.*



# Efectos del cambio climático detectados

En las últimas cuatro décadas en Menorca se ha observado un ligero aumento del nivel del mar de 8 cm (2,46 mm/año) y de la temperatura media, con un valor de 1,64 °C que duplica el calentamiento medio en todo el planeta, a razón de 0,34 °C/década, mientras que el régimen de vientos y la pluviometría no presenta cambios significativos.

Octubre es el mes con un calentamiento más acentuado, pero los tres meses de la primavera tardía (abril, mayo y junio) son los que tienen, conjuntamente, un mayor peso en el calentamiento total anual. Ese notabilísimo calentamiento primaveral, que viene a suponer un avance del verano hacia la primavera, es una característica clave al considerar la afectación del cambio climático en Menorca y en toda la región que la envuelve (incluso más allá del Mediterráneo).

Los grupos biológicos analizados han presentado toda una serie de respuestas al aumento de un grado en las temperaturas registrado durante los últimos cuarenta años en la isla, especialmente durante la primavera.

Las especies migrantes de aves han adelantado su llegada a la isla a lo largo de las últimas décadas, especialmente las especies que realizan las migraciones en viajes largos. Este adelanto también se observa en las condiciones primaverales de la vegetación, adelantándose la disponibilidad de alimento para estas especies.

Las especies de aves nidificantes han mostrado diferentes tendencias según el hábitat ocupado. Así, mientras que se observa un aumento en las poblaciones de las especies forestales, se observa un mantenimiento en aves de espacios abiertos. Los cambios de uso del suelo se ha observado como un factor determinante en la evolución de las especies nidificantes. No se ha observado un adelanto de la reproducción en las aves comunes, por lo que se intuye una mayor resiliencia. Las poblaciones de aves forestales en Menorca son generalistas y el número de especies es menor que en el continente. Hay especies más termófilas que sí se ven afectadas especialmente por los inviernos más fríos, especialmente los años con presencia de nieve.



*Sistema de compuertas y pared maestra en la Albufera des Grau (Mahón).*

El adelanto fenológico se ha observado en las mariposas univoltinas y en un grupo importante de aves migratorias que han adelantado su llegada a Menorca durante sus migraciones primaverales. El adelanto en las especies migratorias está relacionado con el adelanto en las condiciones ambientales óptimas en las localidades de destino y sería consecuencia del avance de la primavera.

En el caso del análisis de la principal zona húmeda de Menorca se ha observado que la falta de aportes continuos de agua dulce en la Albufera por sobreexplotación del acuífero ha provocado que el aporte continuo del torrente de Es Puntarró a principios de los años setenta ha sido sustituido por un escenario de pluvialización, con presencia de agua solo los meses lluviosos.

En este sentido se ha observado una disminución paulatina de las aves acuáticas durante las últimas décadas del siglo xx. El inicio de la gestión de la laguna, con el objetivo de reducir o evitar situaciones extremas de nivel y salinidad en la laguna litoral, juntamente con un aumento de las precipitaciones, ha permitido un aumento progresivo de las poblaciones y número de especies nidificantes a lo largo del presente siglo xxi.





*Torrente de Es Puntarró (Mahón), en el mes de febrero (izquierda) y en agosto (derecha). Este torrente muere en la Albufera des Grau y era permanente hasta los años 80, cuando se secó la fuente que lo alimentaba por sobre-explotación del acuífero. Así hemos podido estudiar uno de los posibles efectos futuros del cambio climático en la Albufera des Grau.*

Los resultados obtenidos en este estudio muestran como, debido al cambio climático, las condiciones ambientales, a escala planetaria, están cambiando; las aves migratorias de larga distancia deben afrontar y adaptarse a los cambios y fluctuaciones interanuales que se producen tanto en las áreas de reproducción e invernada como en los territorios de paso. La presión selectiva que significa llegar a los territorios de nidificación en el momento óptimo, supone una constante adaptación de estas especies que, en un futuro, se verá si serán capaces de mantener estos niveles adaptativos.

Como dato interesante, cabe destacar el hecho de que las especies forestales, sean de mariposas o de aves, han aumentado su presencia en los últimos quince años en Menorca.

La vegetación forestal, las masas boscosas en la isla, desde del abandono casi total de la explotación de los recursos madereros han evolucionado en las últimas décadas a unas comunidades forestales más cerradas, con una mayor estructura espacial, lo que ha permitido, un mantenimiento e incluso un aumento de las especies forestales en los seguimientos de la biodiversidad.

# Proyecciones ¿Qué futuro nos espera?

Las previsiones del clima que hará en Menorca en el futuro se obtienen gracias a modelos climáticos que se basan en ecuaciones físico-matemáticas que incluyen ciertas hipótesis en relación a las emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero, llamados escenarios climáticos (RCP), establecidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 2013.

Estos escenarios prevén para las Islas Baleares un aumento de la temperatura, un aumento del nivel del mar y una disminución de las precipitaciones sea cual sea el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero.

Para el caso de Menorca si consideramos el mejor escenario (RCP-4,5) se prevé para el 2100 un aumento de las temperaturas máximas de 3 °C en verano y 2 °C en invierno. Si consideramos el peor escenario de aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero (RCP-8,5) se podría llegar a un aumento de las temperaturas máximas en verano de 7 °C y en invierno de 4 °C.

En cuanto a las precipitaciones observamos que el peor escenario prevé hacia 2040 una disminución del 10 % de la precipitación y hacia el 2100, la disminución sería del 20 %. Para otros escenarios la disminución de lluvia es menor, pero también habría disminución.

Por otra parte, una elevación de temperatura supone un incremento de la evapotranspiración potencial, es decir, de la demanda de agua por parte de la vegetación, con el consiguiente incremento y adelanto del déficit estival. En consecuencia, la sequía estival tendería a hacerse más intensa y duradera e iniciarse ya en primavera. En invierno, en cambio, el calentamiento es muy débil, casi nulo en febrero.

Estos resultados permiten, con todas las reservas, elaborar escenarios de futuro. Los resultados de los modelos estadísticos para las aves nidificantes apuntan a que, a largo plazo, las especies que podrían sufrir una reducción de sus poblaciones serían las que combinarían su afinidad por los medios abiertos (prados o cultivos de baja vegetación) con zonas con baja precipitación. También vemos que, en las aves acuáticas, estos escenarios

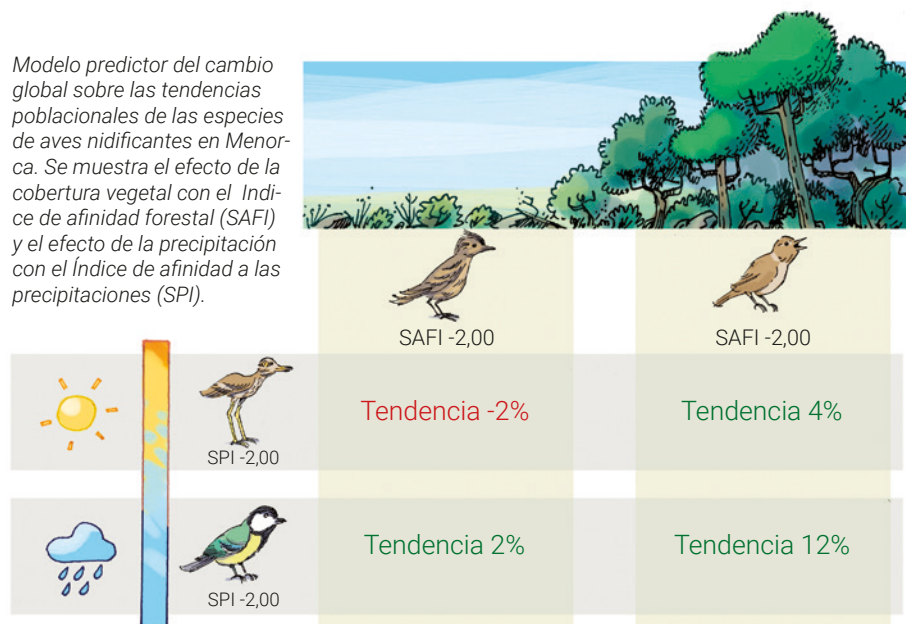


climáticos pueden implicar la pérdida de refugios o zonas de alimentación en las épocas más desfavorables durante la época más cálida y seca del verano mediterráneo. También observamos que la suavización progresiva de los inviernos provoca cambios en la composición y cantidad de las aves acuáticas invernantes en Menorca.

El hecho de que ese calentamiento marcado coincida con final de primavera, una época muy importante por ser la época reproductora de muchos seres vivos, parece que ha de tener, o está teniendo, repercusiones sobre esos ciclos, adelantando el reloj biológico de los insectos, y también se ha observado en las aves migrantes, que tienden a optimizar el aprovechamiento de la explosión/aparición primaveral de sus recursos tróficos que, como hemos visto, también se adelantan. En las poblaciones de mariposas se observa que el aumento de las temperaturas está adelantando los períodos de vuelo. Aquellas especies que concentran su desarrollo como inmaduros a finales de invierno y en primavera parecen ser las más afectadas. Se prevén más inviernos cálidos que perjudican a las univoltinas y veranos más secos que favorecen a las polivoltinas.

Los modelos se tendrán que ampliar con nuevos datos para ir confirmando nuestras conclusiones y para adecuarlos a una situación climática cambiante.

*Modelo predictor del cambio global sobre las tendencias poblacionales de las especies de aves nidificantes en Menorca. Se muestra el efecto de la cobertura vegetal con el Índice de afinidad forestal (SAFI) y el efecto de la precipitación con el Índice de afinidad a las precipitaciones (SPI).*



# Gestión de la biodiversidad para la adaptación y mitigación

Como hemos podido comprobar en el presente proyecto, los efectos del cambio climático ya son evidentes tanto en los fenómenos meteorológicos como en el medio ambiente. Las proyecciones, además, apuntan a que estos efectos perdurarán e incluso se acentuarán si no reducimos drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero.

Ante este panorama hacen falta políticas de reducción de emisiones de GEI pero también acciones de mitigación y adaptación. La gestión del medio ambiente y de la biodiversidad en particular no pueden ser una excepción. Así, de los resultados de este proyecto se desprenden algunas recomendaciones para la gestión de la biodiversidad en Menorca en un contexto de cambio global:

1. En la gestión del medio ambiente y en las actividades vinculadas a la agricultura, ganadería y explotación forestal es necesario:
  - Introducir herramientas y nuevas tecnologías que permitan reducir la emisión de los GEI vinculadas a estas actividades.
  - Incentivar la aplicación sistemas agroganaderos que favorezcan la mitigación del cambio climático mediante, por ejemplo, el uso de cultivos con alta capacidad de fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico o la gestión forestal que aumente la captación de CO<sub>2</sub> de los bosques.
  - Conservar la variabilidad genética (productos y razas locales) para asegurar la capacidad de adaptación de cultivos y ganado.
2. En la gestión de la biodiversidad de Menorca y de su capacidad de adaptación por lo que respecta a aves y mariposas:
  - Asegurar el aporte de agua dulce a la Albufera des Grau para contrarrestar el aumento de salinidad por intrusión marina debido al aumento del nivel del mar y la sequía en periodos de aridez para asegurar la función de esta laguna como refugio de aves acuáticas.



*Los ecosistemas costeros pueden verse afectados doblemente con la subida del nivel del mar y aumento de temperatura.*



- Fomentar el uso racional de pesticidas y herbicidas en agricultura y una carga ganadera de baja intensidad con el objetivo de no alterar los ciclos reproductivos y mantener así capacidad de adaptación de aves y mariposas.
- Mantenimiento del paisaje en mosaico para la supervivencia de aves y mariposas de espacios abiertos.
- Preservar bosques maduros y umbríos como zonas de refugio para aves y mariposas forestales.
- Preservar los ecosistemas de los barrancos y su conectividad con el resto de ecosistemas de la isla para asegurar su uso como refugio para la fauna y flora en el caso de aceleración del cambio climático.

## La importancia de seguir

Como propuestas de futuro, se destaca especialmente la necesidad de mantener y aumentar la cobertura de los seguimientos de biodiversidad en la isla. Gracias a los seguimientos realizados los últimos veinte años en la Reserva de Biosfera de Menorca se han podido observar patrones de respuesta en su fauna y, por lo tanto, proponer algunas medidas para la adaptación de la gestión de la biodiversidad al cambio climático. Seguir haciendo este monitoreo será de vital importancia para la toma de decisiones y para prever puntos críticos para la supervivencia de ciertas especies o ecosistemas.

En cuanto al seguimiento de mariposas, se recomienda aumentar su calendario, viendo que la actividad de mariposas entre octubre y marzo es importante y los modelos prevén un aumento de actividad durante otoño e invierno.

En el caso de los estudios ornitológicos se propone mantener los itinerarios actuales de observación. Por lo que respecta a las estaciones de anillamiento, se deberían mantener las actuales en los ecosistemas forestales y agrícolas y, además, añadir otras en zonas húmedas o de pastizales para profundizar en el monitoreo de los parámetros reproductores y obtener mayor consistencia estadística de los datos obtenidos.

Por lo que respecta al seguimiento del fenómeno migratorio se debería mantener la estación de anillamiento de la Illa de l'Aire tanto en la campaña de primavera como en la de otoño para seguir midiendo el impacto del cambio climático en este fenómeno y la capacidad de adaptación de las aves.





*Jornada divulgativa del proyecto Bioclima Menorca 2017 con demostración de anillamiento científico durante la feria de la ciencia en Mahón. 9 de junio de 2018.*

En cuanto al seguimiento de factores climáticos, se considera adecuado mantener las estaciones meteorológicas actualmente activas en la isla, que proporcionan información suficiente y robusta para el tamaño de su territorio.

Finalmente, se propone iniciar un seguimiento de fenología en las comunidades vegetales y su productividad aprovechando los itinerarios utilizados para el seguimiento de mariposas y aves, lo que permitiría entender mejor los mecanismos adaptativos de las comunidades bióticas presentes en la isla, incluyendo las poblaciones vegetales.

Por último y como se ha podido comprobar en el presente proyecto, cabe destacar la importancia de la implicación de distintas entidades en la realización de los seguimientos, pero también la necesidad de una buena coordinación y financiación por parte de las administraciones competentes para asegurar continuidad de los seguimientos en el tiempo y el libre acceso a los datos obtenidos. Esto permitirá seguir investigando el fenómeno del cambio climático y sus efectos a escala local y global para la adopción de las medidas oportunas.

## Más información

Todos los resultados del proyecto y los informes técnicos generados están disponibles en la web del Observatorio Socioambiental de Menorca [www.obsam.cat](http://www.obsam.cat).

Otras páginas de consulta sobre cambio climático y biodiversidad:

- Agencia Estatal de Meteorología <[www.aemet.es](http://www.aemet.es)>
- Laboratorio Interdisciplinario del Cambio Climático (UIB) <<http://lincc.uib.eu>>
- Oficina del Cambio Climático del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación <[www.mapama.gob.es](http://www.mapama.gob.es)>
- Fundación Biodiversidad <[www.fundacion-biodiversidad.es](http://www.fundacion-biodiversidad.es)>
- Agencia Menorca RB <[www.biosferamenorca.org](http://www.biosferamenorca.org)>
- Sociedad Ornitológica de Menorca (SOM) <[www.menorcasom.org](http://www.menorcasom.org)>
- GOBMenorca <[www.gobmenorca.com](http://www.gobmenorca.com)>
- Instituto Catalán de Ornitología (ICO) <[www.ornitologia.org](http://www.ornitologia.org)>
- Blog de las campañas de anillamiento Illa de l'Aire <<https://illadelaire.wordpress.com>>
- Catalan Butterfly Monitoring Scheme (CBMS) <<http://www.catalanbms.org>>
- Proyecto LIFE BOSCOS «Gestión forestal sostenible en Menorca en un contexto de cambio climático» <[www.lifeboscos.cime.es](http://www.lifeboscos.cime.es)>
- Ritmenatura.cat (Seguimiento fenológico mediante ciencia ciudadana) <<http://ritmenatura.cat>>



Agradecemos la colaboración de las personas y entidades que, durante todos estos años, han realizado o colaborado en alguno de los proyectos de seguimiento de la biodiversidad de la Reserva de Biosfera de Menorca. Sin su esfuerzo individual y colectivo, especialmente en los momentos con menos recursos disponibles, este proyecto no hubiese sido posible. Igualmente, queremos agradecer la buena disposición y compromiso de los expertos del Laboratorio Interdisciplinario sobre el Cambio Climático de la UIB (LINCC UIB), del Institut Català d'Ornitologia (ICO), Universitat de Barcelona (UB) y el Museo de Ciencias Naturales de Granollers, que han participado en el proyecto Bioclima.

**Edita:** Institut Menorquí d'Estudis.

**Redacción:** Óscar García-Febrero y Agnès Canals.

**Diseño gráfico:** Lluç Julià

**Fotografías:** Óscar García-Febrero, David Carreras.

**Ilustraciones:** Carles Alberdi.

**Impresión:** Imprenta SACAL SL. Impreso en papel reciclado.

**Depósito legal:** ME 801-2018.

Esta publicación forma parte del material divulgativo del proyecto Bioclima Menorca «Conocimiento, capacitación y difusión de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad en la Reserva de la Biosfera de Menorca», desarrollado por el Observatorio Socioambiental de Menorca del Instituto Menorquí de Estudios entre septiembre de 2017 y junio de 2018 con el apoyo económico de la Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.



Colaboran:

