



Departamento de biodiversidad, ecología y evolución

Facultad de Ciencias Biológicas

Universidad Complutense de Madrid

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE AVES EN EL PARQUE DEL OESTE DE MADRID

TFG especializado

Mención en Biología Ambiental

Autor: Lucía Sastre Parra

Tutores: José Ignacio Aguirre de Miguel y Miriam Conde de Dios

ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE AVES EN EL PARQUE DEL OESTE DE MADRID.

MENCIÓN: Biología Ambiental

AUTOR: Lucía Sastre Parra.

TUTORIZADO POR:

JOSÉ IGNACIO AGUIRRE DE MIGUEL

MIRIAM CONDE DE DIOS

Índice.

Resumen.....	1
Abstract.....	1
Introducción.....	2
Material y métodos.....	4
Muestreo de avifauna.	4
Análisis estadísticos.	5
Resultados.....	6
Discusión.	12
Conclusiones.....	16
Bibliografía.....	17

Resumen.

Los procesos ecológicos están cambiando en respuesta al cambio climático, en particular, ante el aumento de la temperatura media terrestre. Una de las zonas más sensibles a estos cambios es la Península Ibérica, perteneciente a la región de la cuenca mediterránea. Este territorio está caracterizado por tener unas diferencias estacionales muy marcadas, que en las últimas décadas se han visto alteradas por el calentamiento global. En este trabajo se ha estudiado cómo la estacionalidad afecta a la composición de las comunidades de aves del Parque del Oeste de Madrid a lo largo de una serie temporal de 24 años. Nuestros resultados indican que la variación en el índice de riqueza de especies sigue un patrón interanual. Además, se observa que las diferencias estacionales son condicionantes de la riqueza y abundancia en cada una de las unidades de muestreo, observando un descenso de sus valores en invierno y primavera causado por temperaturas primaverales más elevadas la temporada previa de cría. Para discutir estos resultados, se han analizado la biogeografía de la Península, su idoneidad como canalizadora de las principales rutas migratorias presaharianas para acoger un gran contingente de aves migradoras Paleárticas en invierno y la fenología de la migración.

Palabras clave: cambio climático, calentamiento global, estacionalidad, aves migradoras, riqueza, abundancia, fenología.

Abstract.

Ecological processes are changing in response to climate change due to the increase in the average terrestrial temperature. One of the most sensitive areas to these changes is the Iberian Peninsula, included in the region of the Mediterranean basin. This territory is characterized by having very strong seasonal differences, which in recent decades have been altered by global warming. In this work we have studied how seasonality affects the composition of the bird communities of the Parque del Oeste in Madrid over a 24-year time series. Our results indicate that the variation in the species richness index follows an interannual pattern. In addition, it is observed that the seasonal differences are determining factors for the wealth and abundance in each of the sampling units, observing a decrease in their values in winter and spring caused by higher spring temperatures in the previous breeding season. To discuss these results, the biogeography of the Peninsula, its suitability as a channeler of the main pre-Saharan migratory routes to host a large contingent of Palearctic migratory birds in winter, and the phenology of migration have been analyzed.

Key words: climate change, global warming, seasonality, migratory birds, richness, abundance, phenology.

Introducción.

El clima es uno de los factores influyentes sobre los organismos vivos del planeta. Es un importante generador de cambios tanto en los sistemas físicos como en los biológicos, a escala planetaria. Se sabe gracias a los registros, que desde principios del siglo XX se ha producido un aumento de la temperatura media global de aproximadamente 0.6°C provocado por el cambio climático (Easterling *et al.*, 2000).

La región de la cuenca mediterránea ha sido identificada como una de las más vulnerables ante el cambio climático puesto que se prevén incrementos significativos en la temperatura media anual y en la severidad de las sequías, especialmente en la franja meridional (Sala *et al.* 2000). “En el caso de España, las predicciones establecen que durante el periodo 2070-2100 las temperaturas en las zonas del interior peninsular podrían alcanzar valores de 5-8°C por encima de las actuales y, en general, se espera una acentuación en el gradiente latitudinal de aridez que ya existe en la Península Ibérica, con la práctica desaparición de las condiciones más húmedas y frías y la llegada de regímenes climáticos similares a los que pueden hoy en día encontrarse en el norte de África” (Arribas *et al.*, 2012).

Ante este nuevo escenario, las especies se han visto obligadas a diseñar una serie de estrategias para poder adaptarse a estas nuevas condiciones, entre las que podemos encontrar los desplazamientos en las distribuciones latitudinales (La Sorte & Thompson, 2007) y altitudinales (Sparks & Braslavská, 2001), la modificación de su ritmo de actividad diaria o sus preferencias de hábitat o microhábitat (Parmesan 2006; Cleland *et al.* 2012).

En este contexto, resulta de especial interés el estudio de las especies con ciclos circanuales, como es el caso de las aves migradoras, ya que existen pruebas fehacientes de que el cambio climático provoca cambios en los patrones fenológicos de la migración (Lemoine & Böhning-Gaese, 2003). La migración plantea un desafío fenológico particularmente único, ya que los organismos deben ajustar su llegada con las condiciones ambientales en lugares que se encuentran separados geográficamente (Hurlbert & Liang, 2012), donde el entorno puede estar cambiando en diferentes direcciones (Coppack & Both, 2002).

Actualmente, la llegada de la primavera se está adelantando, al mismo tiempo que los otoños empiezan cada vez más tarde (Menzel *et al.* 2006). En el caso de las aves migradoras, un gran número de estudios han demostrado cambios en el momento de las migraciones causadas por estas variaciones estacionales en las últimas décadas (Gordo, 2007). Comprender cómo varían la fuerza y magnitud de estas respuestas a lo largo de una escala temporal según las especies y el contexto ecológico supone un gran reto para poder predecir las consecuencias del cambio climático e identificar las especies de mayor riesgo (Hurlbert & Liang, 2012).

La metodología científica estandarizada es clave para permitir la comparación de datos a lo largo del tiempo (Ralph *et al.* 1996). Para el estudio de las aves, uno de

estos procedimientos es el anillamiento científico en lo que se conoce como Estaciones de Esfuerzo Constante o CES (*Constant Effort Site*). Estas estaciones, al contar con una metodología determinada (como número de redes, horario, número de jornadas de trabajo, etc.) permiten tener unos datos estandarizados y fácilmente comparables entre series de años (Talabante, 2016). De esta manera, se puede obtener información sobre las tendencias poblacionales de una comunidad de aves durante un largo periodo de tiempo (Robinson, 2014), lo que permite la implementación de medidas de gestión y conservación de las especies y hábitats más eficaces.

En el presente trabajo se pretende estudiar la variación en la composición de las comunidades orníticas en el Parque del Oeste de Madrid, que alberga una de las Estaciones de Esfuerzo Constante más importantes de España, ya que es una de las más antiguas y la única que se encuentra dentro de un parque urbano. Basándonos en los principales parámetros caracterizadores de las comunidades de aves tales como la riqueza (nº de especies) y la abundancia (nº de individuos), se pretende estudiar el efecto de la estacionalidad sobre las poblaciones en una serie temporal de 24 años.

Además, se pretende demostrar que cambios en las diferentes escalas de análisis pueden determinar diferencias en los resultados obtenidos. En cuanto a este respecto, se trabajó a tres niveles de escala diferentes que incluyen los datos anuales y los datos estacionales. Un primer nivel en el que se analizaron de manera global los datos obtenidos cada año, un segundo nivel dividiendo de manera estacional las capturas y un nivel fino de detalle en el que se analizó la composición de cada una de las visitas realizadas. Se espera por tanto detectar efectos que puedan ser interpretados a varios niveles, lo que puede resultar muy útil a la hora de interpretar la composición de las comunidades de aves y su dinámica a lo largo de un proceso a largo plazo.

Material y métodos.

Muestreo de avifauna.

Los datos utilizados se recogieron en la estación de esfuerzo constante CES situada en el Parque del Oeste de Madrid (40°25'42"N 3°43'27"O) entre los años 1995 a 2019, ambos inclusive (24 años). Estos datos se han recopilado mediante el anillamiento científico de aves, que consiste en la colocación de una anilla metálica en el tarso de aves silvestres capturadas con el objetivo de individualizar a las mismas con un código alfanumérico único en el mundo (Banda *et al.* 2011).

Las condiciones de captura en la estación han sido siempre constantes para permitir un régimen de trapeo regular y han consistido en la instalación de dos redes japonesas de 12 metros de longitud y 2.5 metros de altura, con una luz de malla de 16 mm. durante 5 horas contadas a partir de la hora del amanecer local y siendo revisadas cada hora.

En cada jornada, se han anotado el número de especies capturadas (riqueza) y el número de individuos de cada una de las especies (abundancia). Se han cuantificado los datos de anillamiento (la primera vez que se captura un individuo) y de recuperación (cada una de las capturas sucesivas de ese individuo marcado en particular) como un único dato de captura, excluyendo las recuperaciones del mismo individuo en la misma jornada para evitar efectos de pseudorréplicas. De esta manera se consigue contar cada jornada como un evento de captura independiente del resto.

Para poder analizar el efecto de la estacionalidad, se han utilizado datos climáticos extraídos del Banco de Datos de la Comunidad de Madrid que se corresponden con los datos recogidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) en el Observatorio del Retiro durante el periodo de 1995 a 2018 (Áreas de Información Estadística, Ayuntamiento de Madrid). Se ha elegido esta estación meteorológica por ser urbana y encontrarse en un parque con características similares a las de nuestra zona de estudio.

Las variables climáticas analizadas en este caso son el valor promedio de las temperaturas de las temporadas de primavera e invierno previas y presentes. A efectos analíticos se ha considerado como primavera, las jornadas de captura de los meses de (abril, mayo y junio) y como invierno los meses de (diciembre, enero, febrero y marzo). No se tuvieron en cuenta otros datos climáticos como la humedad relativa o la precipitación, ya que el anillamiento científico se evita en días de lluvia (Pinilla, 2000).

Análisis estadísticos.

En primer lugar se comprobó la correlación entre las variables estudiadas, y para todos los niveles de análisis se realizó un test de Correlación de Pearson previo.

Se construyeron una serie de Modelos Generales Lineales (GLM), para analizar los datos anuales por temporada. Se utilizaron los datos de riqueza y abundancia corregidos por el número de visitas en forma de índices IR (riqueza / n° de visitas por temporada), IA (abundancia / n° de visitas por temporada) ya que la cantidad de visitas por temporada no es homogénea.

Para comprobar el posible efecto de los años y las temperaturas promedio en primavera e invierno sobre los índices se construyeron otra serie de modelos GLM utilizando la riqueza y la abundancia como variables respuesta y la temperatura mínima y máxima de las correspondientes estaciones.

Para estudiar la posible influencia del año, la estación y la interacción entre ambos sobre la riqueza y la abundancia, se construyó otro modelo GLM con los datos de riqueza y abundancia por visita como variable respuesta y utilizando los datos anuales y por temporada como factores de clasificación.

Para analizar el efecto de las temperaturas sobre la riqueza y abundancia en cada estación de manera independiente, se crearon dos subconjuntos de datos, uno exclusivamente con los de primavera y otro con los de invierno. A esta escala de trabajo se tuvieron en cuenta adicionalmente los valores de las temperaturas de la primavera y el invierno anterior a la temporada de cría presente.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico Rcommander (<http://CRAN.R-project.org>).

Resultados.

Respecto al efecto de la temperatura sobre los índices de riqueza y abundancia, se han encontrado correlaciones significativas entre los índices de abundancia en invierno y los índices de abundancia en primavera y los índices de riqueza y abundancia en primavera (*Tabla 1*).

Tabla 1. Matriz de correlaciones del test de Pearson. Se indica en negrita las correlaciones que resultan significativas ($p < 0.05$).

Matriz de correlaciones				
	IA INV	IA PRIM	IR INV	IR PRIM
IA INV	1.0000			
IA PRIM	0.6193	1.0000		
IR INV	0.3063	0.3519	1.0000	
IR PRIM	0.2389	0.6990	0.4614	1.0000

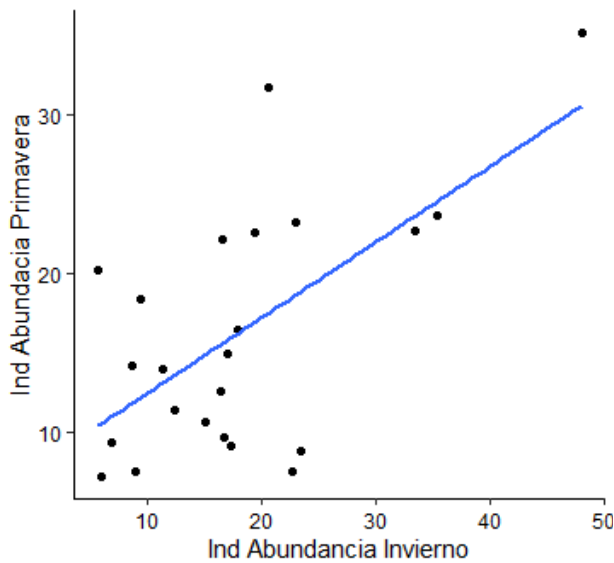


Figura 1. Correlación entre el índice de abundancia en primavera y el índice de abundancia en invierno.

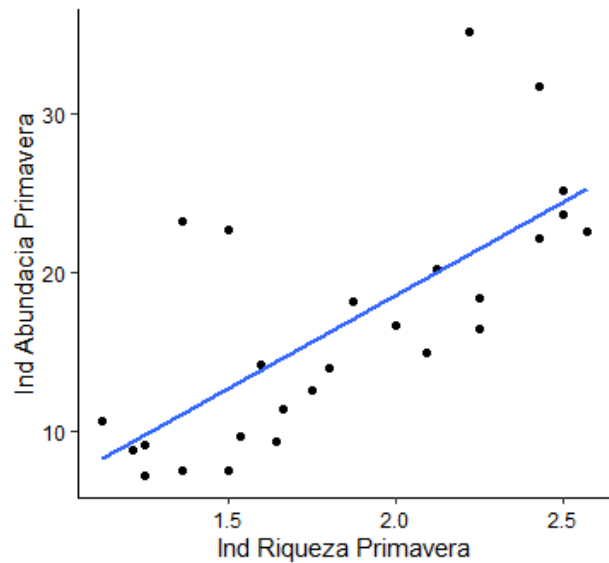


Figura 2. Correlación entre el índice de abundancia en primavera y el índice de riqueza en primavera.

De todos los modelos testeados para explicar la influencia de las temperaturas de primavera e invierno sobre los índices de riqueza y abundancia, solo encontramos que el año (*Tabla 2*) es significativo sobre el índice de riqueza en invierno.

Tabla 2. Ranking de modelos generales lineales (GLM) utilizados para explicar la variación en los índices de riqueza y abundancia. Valores de AIC con diferencia <2 indican modelos igualmente parsimoniosos. Se indican en negrita los modelos significativos ($p < 0.05$).

	Modelo	AIC	P-valor para cada predictor del modelo
IR PRIM	Ano + Tempinv + Temprim	38.56	(0.0915) + (0.8689) + (0.9037)
	(Step) Ano + Tempinv	36.57	
	(Step) Ano	34.61	(0.0694)
IR INV	Ano + Tempinv + Temprim	64.96	(0.0006) + (0.8805) + (0.3532)
	(Step) Ano + Temprim	62.99	
	(Step) Ano	62.1	(0.0001)
IA INV	Ano + Tempinv + Temprim	185.71	(0.694) + (0.233) + (0.453)
	(Step) Tempinv + Temprim	183.9	
	(Step) Tempinv	182.43	
	(Step) 1	181.93	
IA PRIM	Ano + Tempinv + Temprim	186.07	(0.265) + (0.632) + (0.907)
	(Step) Ano + Tempinv	184.09	
	(Step) Ano	182.37	

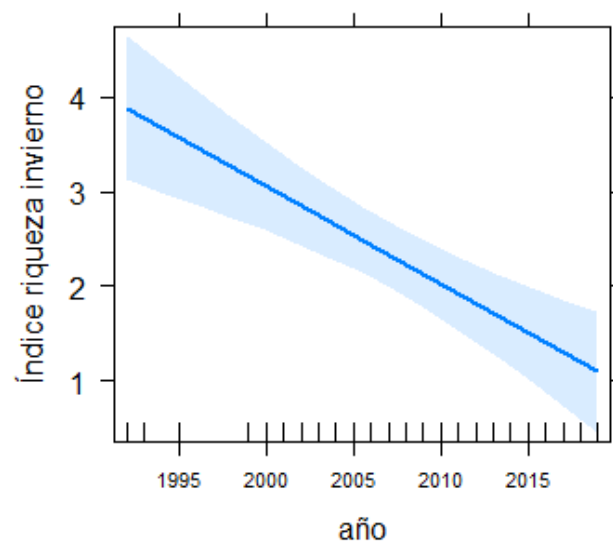


Figura 3. Variación del índice de riqueza en invierno con los años. Se muestran la línea de tendencia y la varianza.

Analizando los efectos de la estacionalidad a lo largo de los años, individualizados por visita, se ha encontrado una correlación positiva ($R = 0.5314$) entre la riqueza y la abundancia.

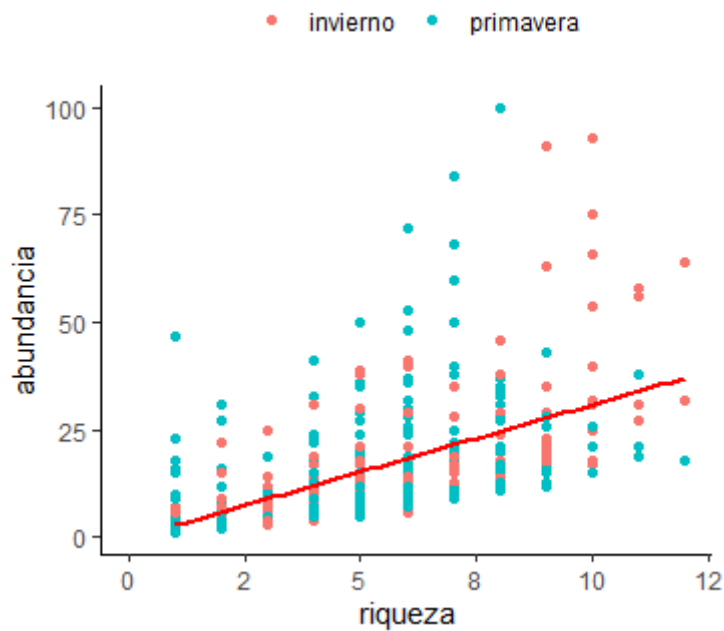


Figura 4. Correlación entre la riqueza y la abundancia. Los datos presentan una relación lineal positiva. Se muestra diagrama de dispersión y línea de tendencia.

Los resultados de los modelos GLM indican que la riqueza de especies varía significativamente con los años, las estaciones y la interacción de ambos factores. En el caso de la abundancia, encontramos que los factores condicionantes únicamente son por un lado, los años, y por otro, la interacción entre los y la estacionalidad (Tabla 3).

Tabla 3. Ranking de modelos generales lineales (GLM) utilizados para explicar la variación de la riqueza y la abundancia con el año, la estación y la interacción de ambas variables. Valores de AIC con diferencia <2 indican modelos igualmente parsimoniosos. Se indica en **negrita** los modelos significativos ($p < 0.05$).

	Modelo	AIC	P-valor para cada predictor del modelo
Riqueza	Ano + estación + ano*estación	1909.4	(6.922e-10) + (0.0275) + (6.511e-08)
Abundancia	Ano + estación + ano*estación	3423.3	(<2e-16) + (0.1922) + (0.0376)

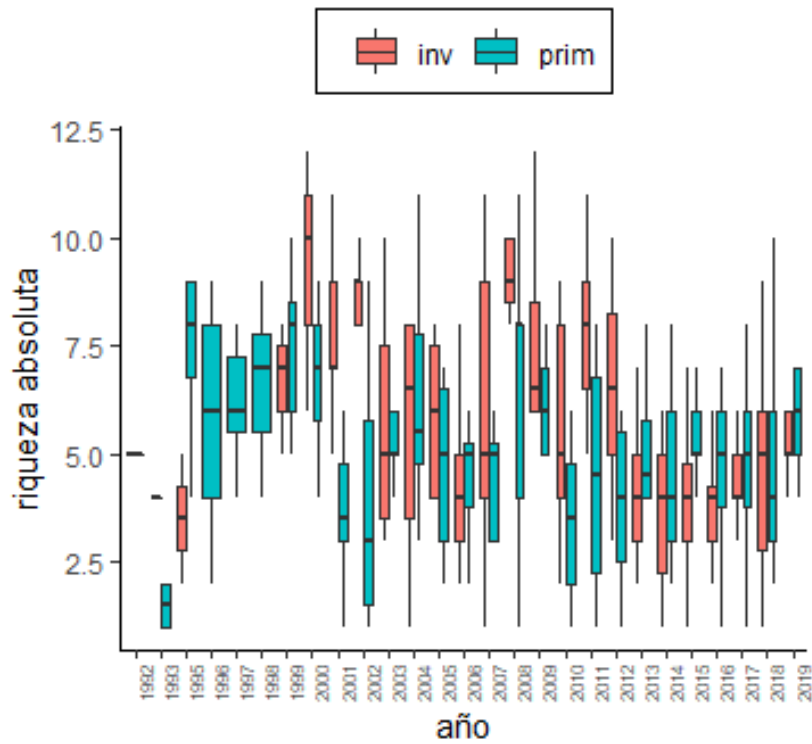


Figura 5. Variación de la riqueza absoluta de especies con los años y estaciones. Las barras horizontales representan la media, las cajas, la mediana y las barras verticales la desviación estándar. Se indican en rojo los valores de riqueza absoluta para los meses de invierno y en azul para los meses de primavera.

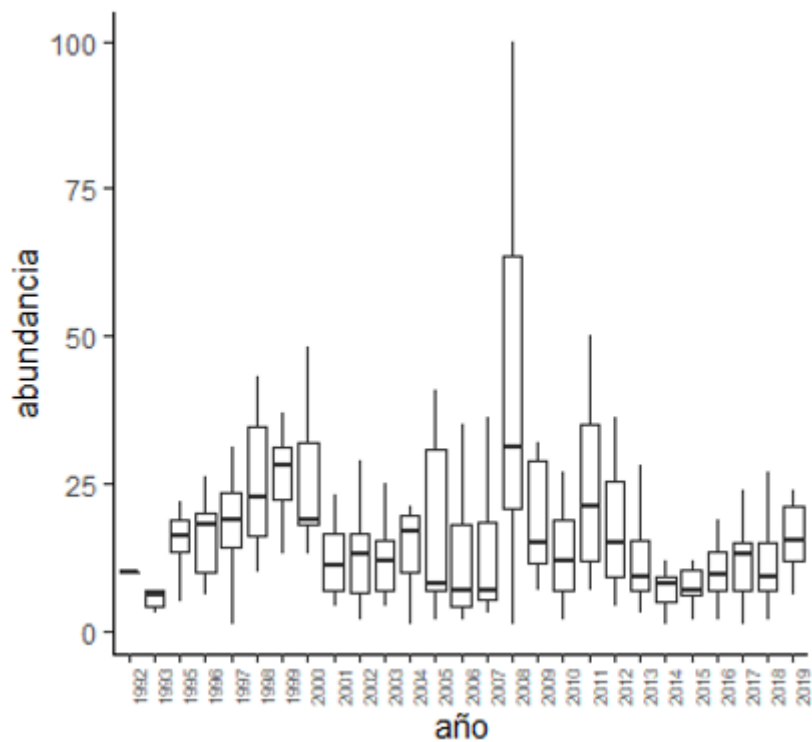


Figura 6. Variación de la abundancia con los años. Las barras horizontales representan la media, las cajas, la mediana y las barras verticales la desviación estándar.

Una vez demostrado que las diferencias estacionales son un factor condicionante de la composición de las comunidades aviares, se estudió el posible efecto de las temperaturas en cada una de ellas.

Tabla 4. Matriz de correlaciones del test de Pearson. Se indican en **negrita** las correlaciones que son significativas ($p < 0.05$).

	Abundancia	Riqueza	Temp. inv.	Tempinv. ant.	Temp. prim.	Temprim. ant.
Abundancia	1.0000					
Riqueza	0.5295	1.0000				
Temp. inv.	-0.0137	0.0779	1.0000			
Tempinv. ant.	-0.0148	0.0816	0.2006	1.0000		
Temp. prim.	-0.1086	-0.0736	0.0432	0.0753	1.0000	
Temprim. ant.	-0.1478	-0.1551	-0.2748	0.0084	-0.3409	1.0000

Como muestra la matriz de correlaciones (*Tabla 4*), la variable correlacionada con la riqueza y la abundancia es la temperatura de la primavera anterior (*Fig. 7 y 8*).

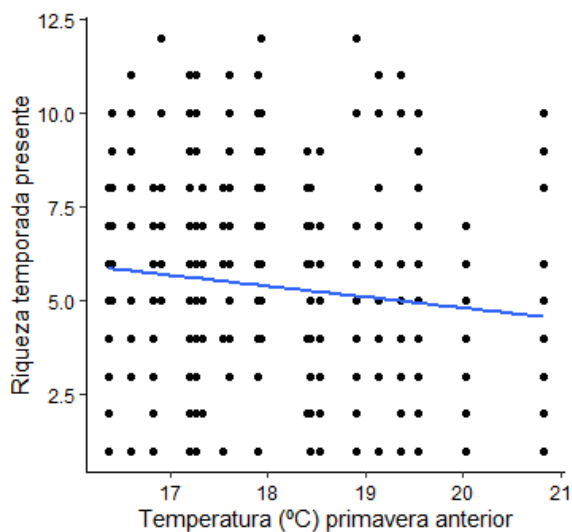


Figura 7. Correlación entre la riqueza en la temporada presente y la temperatura (°C) de la primavera anterior. Las variables presentan una relación lineal negativa. Se muestran la nube de puntos y la línea de tendencia.

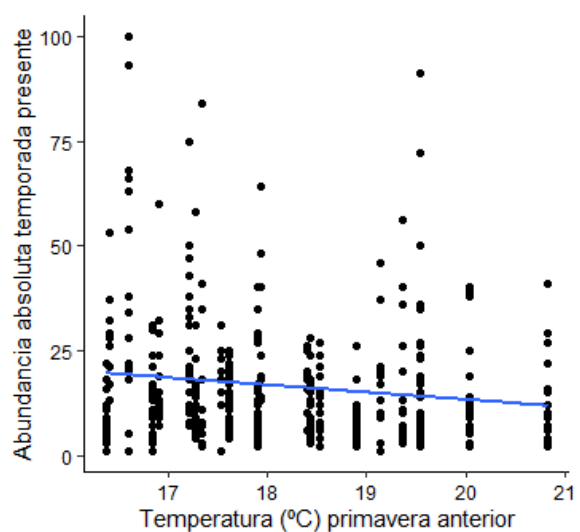


Figura 8. Correlación entre la abundancia en la temporada presente y la temperatura (°C) en la primavera anterior. Se observa una relación lineal negativa entre las variables. Se muestran el diagrama de dispersión y la línea de tendencia.

Con los modelos GLM generados tras analizar las correlaciones, se comprueba que la temperatura de la primavera anterior tiene una influencia significativa sobre la riqueza y abundancia de las comunidades. Además, en los análisis realizados separando la temporada de primavera e invierno se reveló que esta variable condiciona tanto la riqueza de especies en invierno (*Fig. 9*), como la abundancia de individuos la primavera siguiente (*Fig 10*).

Tabla 5. Ranking de modelos generales lineales (GLM) utilizados para explicar la variación de la riqueza y la abundancia con la temperatura de la primavera anterior. Valores de AIC con diferencia <2 indican modelos igualmente parsimoniosos. Se indica en negrita los modelos significativos ($p < 0.05$).

	Modelo	AIC	P-valor para cada predictor del modelo
Riqueza	Temprim ant	1967.9	(0.0010)
	Temprim ant (visita inv)	843.15	(0.0092)
	Temprim ant (visita prim)	1154.5	(0.1578)
Abundancia	Temprim ant	3480.8	(0.0023)
	Temprim ant (visita inv)	1487.6	(0.0935)
	Temprim ant (visita prim)	2033.1	(0.0177)

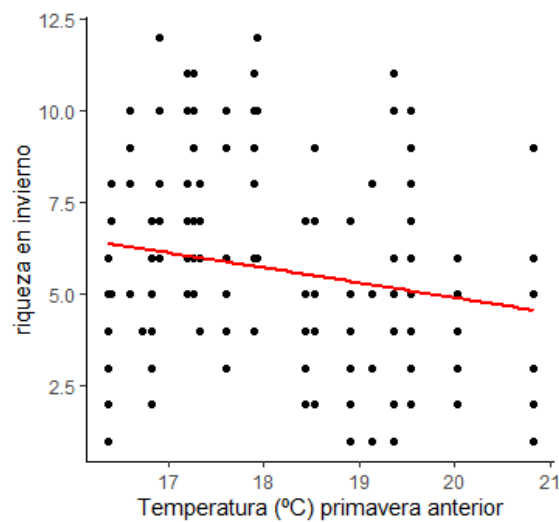


Figura 9. Variación de la riqueza de especies en invierno con la temperatura (°C) de la primavera anterior. Se observa una relación lineal negativa entre las variables. Se muestran el diagrama de dispersión y la línea de tendencia.

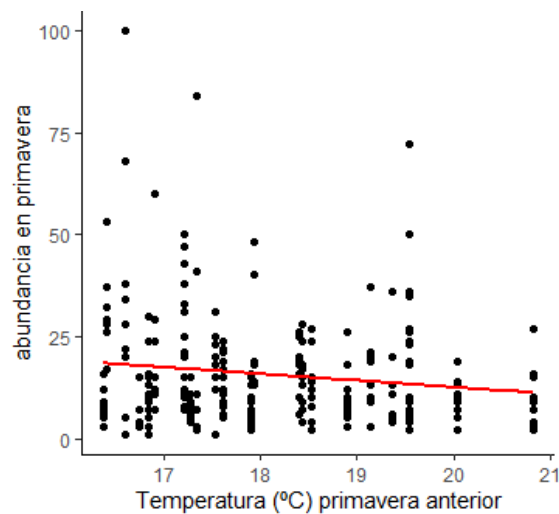


Figura 10. Variación de la abundancia de individuos en primavera con la temperatura (°C) de la primavera anterior. Las variables presentan una relación lineal negativa. Se muestran el diagrama de dispersión y la línea de tendencia.

Discusión.

El estudio de tendencias y estructuras poblacionales a largo plazo puede ayudar a comprender algunos de los patrones que subyacen a las comunidades de aves y sus interacciones con su entorno. Nuestros resultados indican que la variación en el índice de riqueza de especies en la comunidad del Parque del Oeste de Madrid sigue un patrón interanual. Las diferentes variables relacionadas con las condiciones ambientales puntuales como las temperaturas estacionales parecen no tener un efecto sobre los índices de riqueza y abundancia. Sin embargo, si se analiza la estructura particular de cada una de las unidades de muestreo desarrolladas, en este caso cada una de las visitas, se encuentra una relación entre las temperaturas estacionales y la riqueza y abundancia de aves. Temperaturas altas durante la primavera precedente provocan un descenso de la riqueza de especies en el invierno subsiguiente al igual que una disminución en la abundancia de individuos en la primavera siguiente.

Tras los primeros análisis se comprueba que el índice de riqueza en invierno varía con los años de forma significativa. Esto puede deberse a varios factores como puede ser la geografía de la Península Ibérica, ya que según Senar & Borrás (2004) es una de las áreas geográficas más idóneas que acoge un importante contingente de las aves del Paleártico occidental. Esta idoneidad es el resultado de que en la península confluyen varios factores clave: su situación meridional le confiere unas condiciones climáticas benignas, que así mismo favorecen la presencia en invierno de importantes recursos tróficos predecibles; geográficamente canaliza a través de ella a varias de las rutas migratorias presaharianas más importantes; por otro lado, topográficamente muy variada, la península alberga una elevada diversidad paisajística y heterogeneidad de medios, idónea para acoger a una gran cantidad de especies que precisan de un elevado parcheado ambiental (Tellería, 1988a). “Como respuesta a la acusada estacionalidad de las zonas septentrionales y centrales de la región Paleártica, buena parte de los dos tercios de las 600 especies nidificantes del oeste de dicha región optan por desplazarse en movimientos migratorios o divagantes durante el invierno hacia el sur del Paleártico. Una gran parte de estas aves serán acogidas en invierno, por la geografía peninsular ibérica. El tercio restante lo constituyen los llamados migrantes transaharianos, que solo durante la migración hacia el sur de África, utilizan los recursos de la península” (Senar & Borrás, 2004).

Estas hipótesis también pueden explicar los resultados obtenidos en la segunda escala de análisis, en la que se testaron la influencia del año, las diferencias estacionales y la influencia de estos dos factores conjuntamente sobre la riqueza y la abundancia. Dependiendo del año, de las condiciones climáticas tanto en invierno como en primavera y las oscilaciones climáticas más fuertes entre estaciones, hacen que la riqueza y la abundancia también varíen con estos factores en lugar de mantenerse o seguir una tendencia más estable a lo largo de una escala temporal.

El benigno invierno peninsular, comparado con latitudes más septentrionales, puede proveer de recursos variados a diversas poblaciones de migrantes presaharianos (y a las poblaciones sedentarias) con requerimientos diversos que se asientan en un marco geográfico muy variado (Senar and Borrás, 2004). Sin embargo, el recrudecimiento de las condiciones invernales, las heladas, la antelación de la caída de las hojas en otoño, hacen que los recursos tróficos (frutos, semillas, bayas, invertebrados) estén menos disponibles (Carrascal, Villén-Pérez and Seoane, 2012).

Además, la antelación de la primavera, el aumento de las temperaturas, la xericidad y la insolación pueden afectar negativamente tanto a la disponibilidad de recursos alimenticios como a las aves, que están en riesgo de sufrir estrés térmico afectándoles fuertemente sobre su condición física pudiendo causar su fallecimiento.

Todas estas explicaciones, están asociadas a bosques mediterráneos, que en este caso se extrapolaron al Parque del Oeste, basándonos en el trabajo de Fernández-Juricic (2000) en el que se comprobó mediante el estudio de parques urbanos de la Comunidad de Madrid que la edad del parque es un buen indicador de la complejidad del hábitat.

En los ecosistemas naturales, la sucesión ecológica produce un incremento en el número de especies, tanto animales como vegetales, después de una perturbación, encontrándose así las especies vegetales más maduras en las etapas de sucesión más avanzadas. Los estudios de la relación entre la edad del parque y la diversidad de especies de aves muestran que la presencia de árboles viejos respalda la riqueza de especies porque permite a las aves con requisitos específicos de hábitat hacer uso de nichos y sustratos alternativos que no se encuentran en parques jóvenes (Nielsen *et al.*, 2014).

En la naturaleza, el número de especies animales tiende a relacionarse con el número de especies vegetales en el área (Savard *et al.* 2000; McKinney 2002). Esta relación está bien documentada para la diversidad de aves y especies de vegetación leñosa, donde la riqueza de especies de aves responde positivamente al aumento de la riqueza de especies de vegetación leñosa (Nielsen *et al.*, 2014).

Una vez comprobado que existe una influencia estacional clara sobre la composición de las comunidades en nuestra zona de estudio, se comprobó por separado qué factores condicionan esta composición en cada una de las estaciones (primavera e invierno). Encontramos que tanto la riqueza de especies en invierno, como la abundancia de individuos en primavera, tienen valores más bajos cuando las temperaturas en la primavera anterior son más elevadas.

A la hora de discutir nuestros resultados debemos tener en cuenta los diferentes tipos de aves que encontramos en esta localidad. De todas las especies registradas, existen aves residentes, invernantes y aves migradoras de largas distancias, que utilizan este punto como zona de reposo o stop-over. Según (Lemoine & Böhning-Gaese, 2003) en su estudio sobre el impacto del cambio climático global sobre la riqueza de especies migradoras de largas distancias, el número de aves

residentes en Europa disminuye con la latitud y la longitud, por lo que podemos deducir que las comunidades de nuestra zona de estudio están formadas por una población local nidificante que se ve modificada recibiendo especies migradoras del Paleártico occidental dependiendo de la época del año.

El aumento de las temperaturas en primavera hace que los migradores regresen a sus zonas de cría más temprano lo que les reporta grandes beneficios como el aumento de oportunidades de emparejamiento, la posibilidad de encontrar mejores territorios para la cría, de aumentar el número de puestas y les garantiza mayores tasas de supervivencia de las crías (Møller 1994, Kokko 1999, Forstmeier 2002, Dunn 2004, Marra *et al.*, 2005, Newton 2006). Sin embargo, aunque toda esta literatura evidencia que los cambios en las temperaturas estacionales, concretamente en el aumento de las temperaturas de la primavera, no tienen por qué ser perjudiciales para las aves, existe un aspecto negativo a tener en cuenta. En primavera, la temperatura determina la disponibilidad de recursos en latitudes templadas, por lo que las aves deben ser capaces de evaluar las condiciones ambientales y ajustar, acorde a estas circunstancias, sus movimientos migratorios (Hulbert & Liang, 2012; Seoane *et al.* 2013). Si la llegada a los territorios de cría se produce demasiado pronto, existe un alto riesgo de mortalidad de los recién llegados, debido a que en estas zonas no encuentran unas condiciones ecológicas favorables al inicio de la primavera (por ejemplo, temperaturas bajas y escasez de alimentos; Brown & Brown 2000, Jonzén *et al.* 2007a, Newton 2007).

De cumplirse esta segunda suposición, podríamos explicar el descenso en la riqueza de especies en invierno tras una primavera más calurosa. Al regresar a sus zonas de cría en el norte de Europa más temprano, allí no encuentran los recursos necesarios para sobrevivir. De esta manera, cuando inician su migración para pasar el invierno en zonas más templadas como es nuestra zona de estudio, llegan menos especies invernantes.

Además, uno de los aspectos importantes es la competencia entre residentes y migradores, añadida a la llegada temprana a las zonas de cría. El aumento de las temperaturas globales hace que las condiciones en invierno sean más favorables, por lo que las aves residentes del norte de Europa tienen menos tasa de mortalidad, y cuando llegan las migradoras en primavera, existe una mayor competencia por los recursos (Herrera 1978). De esta manera, disminuye el éxito reproductivo de migradores por lo que la primavera siguiente llegarán un número más reducido tanto de especies, como de individuos a los cuarteles de invernada.

En el caso de migradores transaharianos, estos deben iniciar su migración desde los lugares de cría lo más pronto posible, para poder aprovechar la abundancia de recursos en las zonas de paso entre finales del verano y principios del otoño (Morel 1973). Sin embargo, sabemos que el aumento de las temperaturas provoca un adelantamiento de la primavera (Menzel *et al.* 2006), y por ende, un adelanto de la producción ecosistémica. Además, el retraso en el inicio del otoño (Menzel *et al.* 2006), con la consiguiente prolongación en el tiempo de temperaturas más suaves, hace que

las aves inicien su migración desde las zonas de cría hacia los territorios de invernada más tarde (Gordo, 2007), por lo que al paso por zonas templadas como nuestra localidad de estudio no pueden beneficiarse de estos recursos. Esto puede poner en riesgo el éxito de la migración y la supervivencia en los territorios de invernada en África. De esta manera, cuando retornan a sus zonas de cría, llegan menos individuos, lo que se corresponde con los resultados obtenidos en nuestro estudio respecto a la disminución de la abundancia en primavera tras una primavera más calurosa el año anterior.

Finalmente, es importante considerar a la hora de hacer este tipo de estudios, que no podemos atribuir estos cambios poblacionales únicamente a las temperaturas en las zonas de cría e invernada, ya que las aves migradoras realizan gran parte de su ciclo anual a través de diferentes zonas geográficas, por lo que también se ven afectadas por las condiciones ambientales en estas zonas (Coppack & Both 2002).

Conclusiones.

En definitiva, la variación interanual de la riqueza de especies está ocasionada por la biogeografía de la Península Ibérica. Las condiciones climáticas, la topografía, heterogeneidad ambiental y disponibilidad de recursos tróficos hacen que sea una importante zona de canalización de rutas migratorias y sea capaz de acoger un gran número de aves invernantes.

Por otro lado, el adelanto de la primavera, con un aumento de sus temperaturas por el calentamiento global, parecen ser los causantes de importantes cambios en la fenología de la migración, provocando un descenso de la riqueza de especies en invierno. Además, el efecto añadido del retraso de los otoños parece tener grandes efectos sobre los migradores transaharianos, que se ven afectados por la escasez de recursos tróficos a su paso por la península, comprometiendo su supervivencia y reduciendo la abundancia de individuos la primavera siguiente.

Bibliografía.

- Arribas, P., Abellán P., Velasco, J., Bilton, D.T, Lobo, J.M., Millán, A., Sánchez-Fernández, D. 2012. 'La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad', *Ecosistemas*, 21(3): 79–84. doi: 10.7818/ecos.2012.21-3.10.
- Banda, E., Serradilla, A.I. & Escudero, E. 2011. Siete millones de datos para conocer las aves. *Aves y Naturaleza*, 6: 30-33.
- Brown, C.R., Brown, M.B. 2000 'Weather-mediated natural selection on arrival time in cliff swallows (*Petrochelidon pyrrhonota*)', *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47(5): 339–345. doi: 10.1007/s002650050674.
- Carlos M. Herrera 1978. 'On the Breeding Distribution Pattern of European Migrant Birds: Macarthur's Theme Reexamined', *The Auk*, 95: 496–509.
- Carrascal, L.M., Villén-Pérez, S., Seoane, J. 2012. 'Thermal, Food and Vegetation Effects on Winter Bird Species Richness of Mediterranean Oakwoods', *Ecological Research*, 27(2): 293–302. doi: 10.1007/s11284-011-0900-x.
- Cleland, E.E., Allen, J.M., Crimmins, T.M., Dunne, J.A., Pau, S., Travers, S.E., Zavaleta, E. S., Wolkovich, E. M. 2012. 'Phenological tracking enables positive species responses to climate change'. *Ecology*. 93(8): 1765-1771. doi:10.1890/11-1912.1
- Coppack, T., Both, C. 2002. 'Predicting life-cycle adaptation of migratory birds to global climate change', *Ardea*, 90: 369–378. doi: 10.5253/arde.v90i3.p369.
- Dunn, P.O. 2004. 'Breeding dates and reproductive performance'. *Advances in Ecological Research*, 35: 69–87.
- Easterling, D.R. 2000. 'Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts', *Science*, 289: 2068-2074. doi: 10.1126 / science.289.5487.2068
- Fernández-Juricic, E. 2000. 'Bird community composition patterns in urban parks of Madrid: The role of age, size and isolation', *Ecological Research*, 15(4): 373–383. doi: 10.1046/j.1440-1703.2000.00358.x.
- Forstmeier, W. 2002. 'Benefits of early arrival at breeding grounds vary between males', *Journal of Animal Ecology*, 71: 1–9. doi: 10.1046/j.0021-8790.2001.00569.x.
- Gordo, O. 2007. 'Why are bird migration dates shifting? A review of weather and climate effects on avian migratory phenology', *Climate Research*, 35(1–2): 37–58. doi: 10.3354/cr00713.
- Hurlbert, A.H., Liang, Z. 2012. 'Spatiotemporal variation in avian migration phenology: Citizen science reveals effects of climate change', *PLoS ONE*, 7(2). doi: 10.1371/journal.pone.0031662.

Jonzén, N., Hedenström, A., Lundberg, P. 2007. 'Climate change and the optimal arrival of migratory birds', *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274: 269–274. doi: 10.1098/rspb.2006.3719.

Kokko, H. 1999. 'Competition for Early Arrival in Migratory Birds' 68(5), *Journal of Animal Ecology*, 68: 940–950.

La Sorte, F.A., Thompson, F. R. 2007. 'Poleward shifts in winter ranges of North American birds', *Ecology*, 88(7): 1803–1812. doi: 10.1890/06-1072.1.

Lemoine, N., Böhning-Gaese, K. 2003. 'Potential impact of global climate change on species richness of long-distance migrants', *Conservation Biology*, 17(2): 577–586. doi: 10.1046/j.1523-1739.2003.01389.x.

Marra, P.P., Francis, C.M., Mulvihill, R.S., Moore, F.R. 2005. 'The influence of climate on the timing and rate of spring bird migration', *Oecologia*, 142(2): 307–315. doi: 10.1007/s00442-004-1725-x.

McKinney ML. 2002. 'Urbanization, biodiversity, and conservation'. *BioScience* 52: 883–890.

Menzel, A., Sparks, T.H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler, K., Bissolli, P., Braslavska, O., Briede, A., Chmielewski, F.M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, A., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Mage, F., Mestre, A., Nordli, O., Penuelas, J., Pirinen, P., Remisova, V., Scheifinger, H., Striz, M., Susnik, A., van Vliet, A.J.H., Wielgolaski, F.E., Zach, S., Züst, A. 2006. 'European phenological response to climate change matches the warming pattern'. *Global Change Biology* 12: 1969–1976.

Møller, A.P. 1994. 'Phenotype-dependent arrival time and its consequences in a migratory bird', *Behavioral Ecology Sociobiology*, 35: 115-122. doi: 10.1007/BF00171501

Morel G.J. 1973. 'The Sahel zone as an environment for Palaearctic migrants'. *Ibis* 115: 413–417.

Newton, I. 2006. 'Can conditions experienced during migration limit the population levels of birds?', *Journal of Ornithology*, 147(2): 146–166. doi: 10.1007/s10336-006-0058-4.

Newton, I. 2007. 'Weather-related mass-mortality events in migrants', *Ibis*, 149(3): 53–467. doi: 10.1111/j.1474-919X.2007.00704.x.

Nielsen, A. B., van den Bosch, M., Maruthaveeran, S., van den Bosch, C.K. 2014. 'Species richness in urban parks and its drivers: A review of empirical evidence', *Urban Ecosystems*, 17(1): 305–327. doi: 10.1007/s11252-013-0316-1.

Parmesan, C. 2006. 'Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change', *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37: 637–669. doi: 10.2307/annurev.ecolsys.37.091305.30000024.

Pinilla, J. (Coord.). 2000. *Manual para el anillamiento científico de aves*. 163 págs. SEO/BirdLife y DGCN-MIMAM. Madrid.

Ralph, C.J., Geupel, G.R., Pyle, P., Martin, T.E., DeSante, D.F., Milá, B. 1996. 'GTR 159: Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres', *General Technical Reports. Pacific Southwest Research Station*, 46.

Robinson, R. 2014. 'El proyecto de Estaciones de Esfuerzo Constante en Europa CES (Constant Effort Sites)'. *Revista de Anillamiento*, 33: 6-10.

Sala, O. E. *et al.* 2000. 'Global biodiversity scenarios for the year 2100', *Science*, 287(5459): 1770–1774. doi: 10.1126/science.287.5459.1770.

Savard, J-P, Clergeau, P., Mennechez, G. 2000. 'Biodiversity concepts and urban ecosystems'. *Landscape Urban Planning* 48: 131–142.

Senar, J.C.S., Borrás, A.B. 2004. 'Sobrevivir Al Invierno : Estrategias De Las Aves Invernantes En La Península Ibérica', 51(1): 133–168.

Seoane, J., Villén-Pérez, S., Carrascal, L.M. 2013. 'Environmental determinants of seasonal changes in bird diversity of Mediterranean oakwoods', *Ecological Research*, 28(3): 435–445. doi: 10.1007/s11284-013-1032-2.

Sparks, T. H., Braslavská, O. 2001. 'The effects of temperature, altitude and latitude on the arrival and departure dates of the swallow *Hirundo rustica* in the Slovak Republic', *International Journal of Biometeorology*, 45(4): 212–216. doi: 10.1007/s004840100095.

Talabante, C. 2016. 'Estaciones de esfuerzo constante y su uso para detectar cambios en las comunidades de paseriformes'.

Tellería, J.L. 1988. 'Invernada de aves en la Península Ibérica'. Sociedad Española de Ornitología. Madrid