



ESTADÍSTICA NO PARAMÉTRICA APLICADA A LA EVALUACIÓN DE LA REPRESENTATIVIDAD Y ESTACIONALIDAD BIOLÓGICA EN ESTUDIOS DE AVIFAUNA

Martínez Pérez, F.; Montes Cabrero, E.; Granero Castro, J.

INTRODUCCIÓN

El estudio propone un marco metodológico para evaluar la representatividad y estacionalidad de las comunidades de aves inventariadas en las envolventes de cinco proyectos que requirieron estudios de ciclo anual de avifauna.

El uso de estimadores no paramétricos es un enfoque estadístico que permite analizar los datos sin asumir una distribución concreta, útil cuando los datos son escasos, atípicos o no siguen patrones "normales".

Se analizan los datos recogidos en cinco inventarios de avifauna de ciclo anual correspondientes a proyectos de instalación de energía renovable en la Comunidad Autónoma de Castilla y León.

METODOLOGÍA

A partir de datos de abundancia procedentes de inventarios de campo, se ejecuta un protocolo de validación mediante el cálculo de curvas de acumulación de especies y el seguimiento de la tasa de reemplazo entre taxones de aparición única (*singletons*; F_1) y de frecuencia dual (*doubletons*; F_2), apoyado en estimador no paramétrico **Chao-1** (\hat{S}) para determinar la eficacia del inventario y la representatividad de los datos ($S = n \cdot \hat{S}$ de especies).

$$Chao\ 1: \hat{S} = S + \frac{F_1^2}{2F_2} \quad Var(\hat{S}) = F_2 \left[\frac{1}{4} \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^4 + \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^3 + \frac{1}{2} \left(\frac{F_1}{F_2} \right)^2 \right] \quad EE = \sqrt{Var(\hat{S})} \quad Completitud(\%) = 100 \cdot \frac{S}{\hat{S}}$$

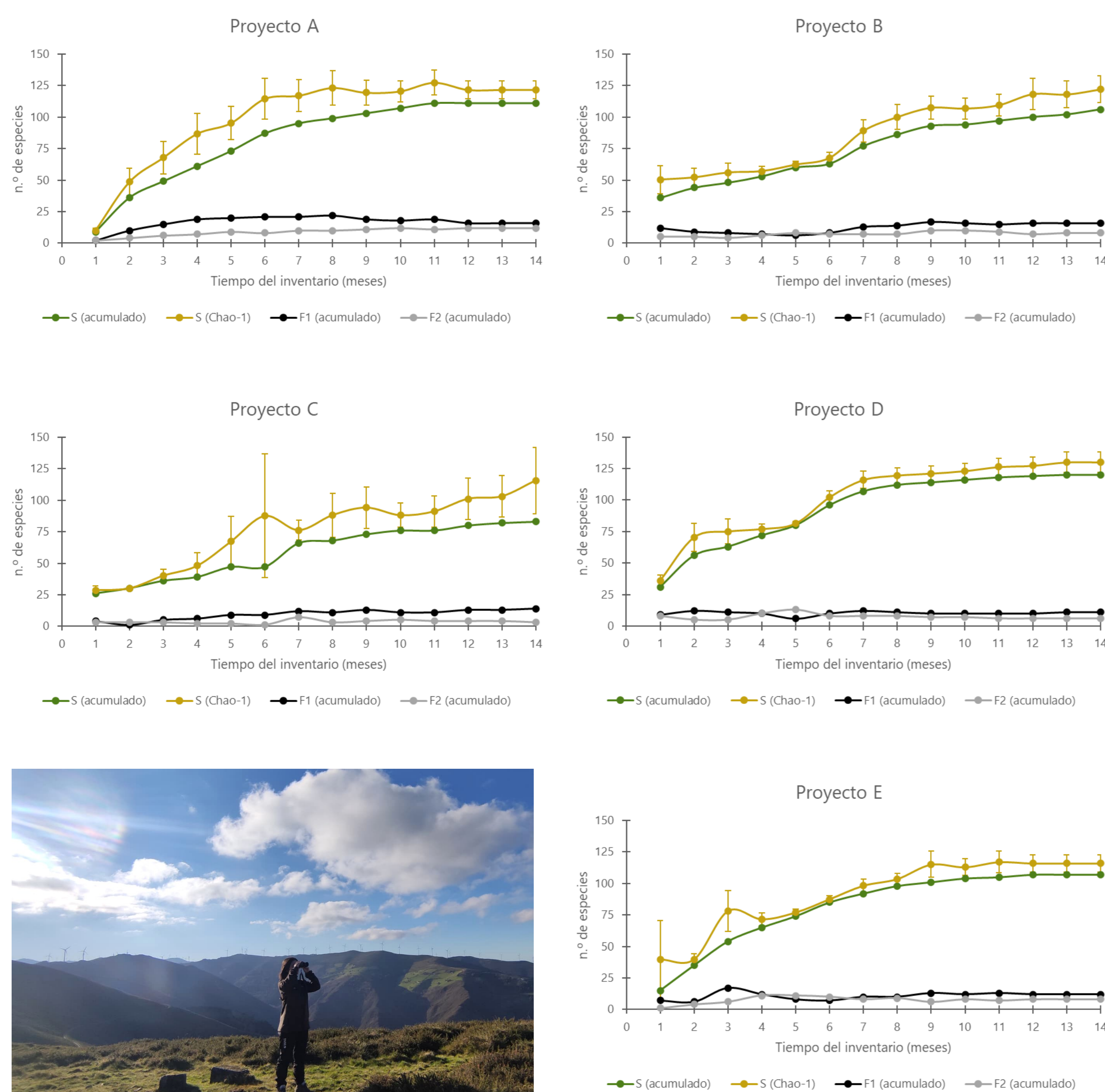
Para los inventarios representativos, se cuantifica la diversidad α mediante el índice de **Shanon (H')**, complementado con la **Equidad de Pielou (J')** para evaluar la uniformidad en la distribución de las abundancias y detectar periodos de dominancia específica. ($n_i = n^\circ$ ind. de la especie i ; $N = n^\circ$ total de ind.)

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i) ; p_i = \frac{n_i}{N} \quad J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Se emplea el **Test de Hutcheson** como herramienta de contraste, permitiendo comparar los índices H' considerando su varianza y el tamaño muestral. Este enfoque permite identificar con precisión cambios estacionales significativos, diferenciando las fluctuaciones aleatorias de las reestructuraciones de la comunidad vinculadas a contingentes migratorios.

$$Var(H') = \frac{\sum p_i \ln(p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2}{N} + \frac{S-1}{2N^2} \quad t = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{Var(H'_1) + Var(H'_2)}} \quad gl = \frac{Var(H'_1) + Var(H'_2)}{\frac{Var(H'_1)^2}{N_1} + \frac{Var(H'_2)^2}{N_2}}$$

ACUMULACIÓN DE ESPECIES Y EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL ESTIMADOR CHAO-1



Representatividad

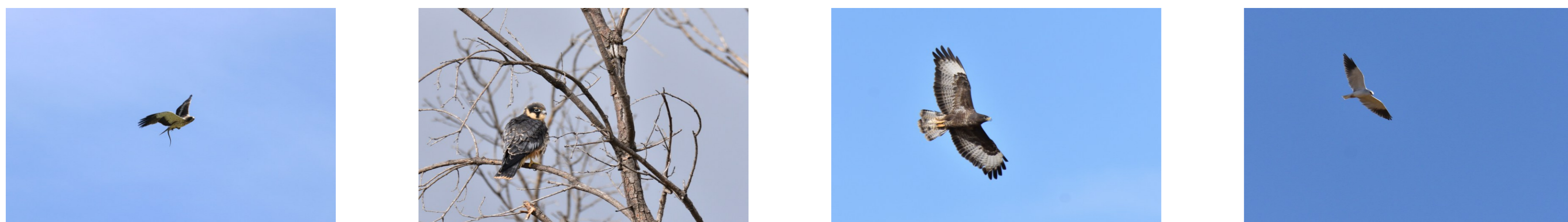
Todos los proyectos alcanzaron niveles de completitud buenos (proyectos C: 72% y B: 87%) u óptimos (**proyectos A, D y E: $\geq 90\%$**) según el estimador Chao-1, se seleccionan estos tres últimos como los más representativos.

Esfuerzo de muestreo

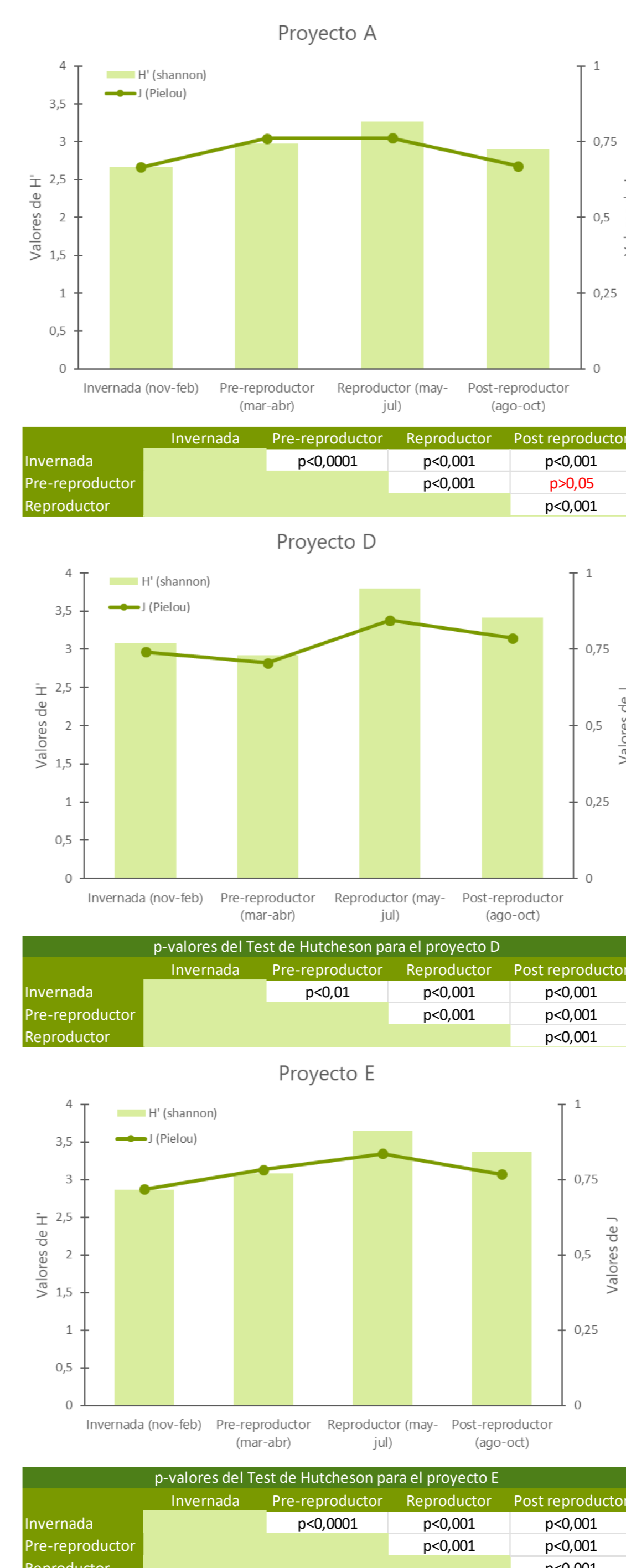
La estabilización asintótica de las curvas de acumulación de especies a partir del mes 10-11 en los proyectos A, D y E confirma que los inventarios obtenidos son exhaustivos y representativos de la comunidad real.

Fiabilidad estadística

Los bajos valores de *singletons* (F_1) y *doubletons* (F_2) y la estabilización de estos valores en las etapas finales del estudio en los proyectos A, D y E minimizan el sesgo por falta de muestreo, validando el uso de los índices de Shannon y Pielou para las comparaciones estacionales.



EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA BIODIVERSIDAD



La estructura de la comunidad de aves en el **proyecto A** presenta una estacionalidad marcada, con un pico de diversidad máxima durante el periodo reproductor ($H' = 3,27$), podemos afirmar que la comunidad estival es muy diferente de la comunidad invernal, mientras que los periodos de transición son intermedios equivalentes entre si.

En el **Proyecto D**, la comunidad reproductora destaca como el periodo de mayor complejidad ($H' \cong 3,8$) y equilibrio interno ($J \cong 0,85$), diferenciándose drásticamente tanto de la fase de invierno como de los tránsitos migratorios. El Test de Hutcheson confirma una reestructuración profunda de la comunidad entre periodos fenológicos.

La estructura de la comunidad avícola en el **Proyecto E**, presenta también una estacionalidad marcada, donde la diversidad máxima se registra de forma clara durante el periodo Reproductor ($H' > 3,5$), coincidiendo con la fase de mayor riqueza acumulada. Cabe destacar que, aunque la diversidad (H') alcanza su pico en el periodo reproductor, la equidad (J) muestra valores excepcionalmente altos y estables desde la invernada, lo que sugiere una comunidad muy balanceada a lo largo de todo el ciclo anual.

CONCLUSIONES

La presente investigación demuestra que las comunidades de aves estudiadas presentan una estacionalidad profunda y una reestructuración significativa a lo largo del ciclo fenológico. La validez de estas conclusiones se sustenta en una metodología de muestreo altamente eficiente, donde los proyectos A, D y E alcanzaron niveles de completitud óptimos ($\geq 90\%$) según el estimador Chao-1. La estabilización asintótica de las curvas de acumulación y la reducción de especies raras (*singletons* y *doubletons*) hacia el final del ciclo anual garantizan que los índices de Shannon (H') y Pielou (J') calculados no presentan sesgos por falta de esfuerzo, permitiendo una caracterización fidedigna de la biodiversidad.

En los proyectos seleccionados por su alta representatividad, se observaron picos de diversidad máxima (H') que oscilaron entre 3,27 y 3,8, frecuentemente acompañados de una elevada equidad ($J \cong 0,85$). Este fenómeno sugiere que el incremento estival de especies no solo es cuantitativo, sino que mantiene un equilibrio interno donde las abundancias se distribuyen de forma equitativa. El Test de Hutcheson valida estas observaciones, arrojando diferencias muy altamente significativas ($p < 0,001$) en casi todos los contrastes estacionales.

Esto confirma que cada fase fenológica constituye una entidad biológica distinta, a excepción de las transiciones en el proyecto A, que mostraron una equivalencia estructural única. En definitiva, este estudio aporta una base sólida sobre la importancia de la estabilidad y el balance comunitario, subrayando que la protección de estos hábitats debe considerar la singularidad de cada periodo para asegurar la conservación de la avifauna en todas sus etapas vitales. Asimismo, el empleo de estos estimadores no paramétricos otorga un respaldo técnico riguroso que valida la información extraída del inventario, garantizando que la toma de decisiones relacionadas con la protección de la biodiversidad y la gestión del territorio se fundamente en datos científicos precisos, robustos y altamente representativos.