

ENSEMBLE MODELS PARA LA PREDICCIÓN DE CURVAS DE LACTACIÓN: APLICABILIDAD A LOS INDICADORES DE RESILIENCIA

Fonseca^{1,2*}, P.A.S., Arribas-Gonzalo¹, R., Faria¹, A.C., Prates³, M.O., Arranz¹, J.J., Gutiérrez-Gil¹, B. y Suárez-Vega¹, A.

¹Dpto. Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de León (24007); ²Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-Univ. de León), 24346 Grulleros, León; ³Department of statistics, Universidade Federal de Minas Gerai, Brasil. *p.fonseca@csic.es

INTRODUCCIÓN

Identificar y seleccionar animales más resilientes es clave para mejorar la productividad, sostenibilidad y el bienestar animal. La resiliencia no puede medirse directamente, por lo que es necesario identificar indicadores de resiliencia (IR) fiables. Las estrategias para evaluarla en especies lecheras se basan en el análisis de datos longitudinales. La estimación de la producción mediante el modelado de la curva de lactación es clave para la posterior definición de los IR. Existen múltiples modelos diseñados para ajustarse a distintas formas de curvas, y la selección del mejor suele basarse en métricas como el criterio de información de Akaike (AIC). Sin embargo, limitar el análisis a un único modelo puede ignorar variabilidades individuales e incrementar el sobreajuste. El uso de modelos de conjunto (*Ensemble Models*, EM), aplicados en áreas como la ecología (Araujo & New, 2007), permite combinar modelos de distinta complejidad, mejorando la precisión en escenarios complejos como las curvas de lactación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los registros diarios de ordeño de 1.818 ovejas assaf primíparas se ajustaron individualmente usando 47 modelos de curvas de lactación. El mejor modelo se definió por el menor valor medio del AIC. Posteriormente, se construyeron EM con dos estrategias: 1) Promedio simple de modelos (SMA), con pesos $1/k$, siendo k el número total de modelos; 2) Ponderación por AIC (*weight_AIC*), donde las predicciones se ponderaron proporcionalmente a los valores de AIC, aplicando una penalización de 0,1 para ajustar la influencia relativa de cada modelo. El rendimiento predictivo se comparó mediante el error cuadrático medio (RMSE). Se evaluaron tres IR por oveja: logaritmo de la varianza (*logVar*), autocorrelación (*auto*) y asimetría (*sk*), comparando su distribución con el tamaño del efecto de Cohen (d de Cohen) y los intervalos de confianza (IC) del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mejor modelo general fue la Spline Cúbica Natural con 5 percentiles (*cubsplin5*, mean AIC=227,15). El RMSE medio considerando todas las ovejas fue similar entre los modelos (*cubsplin5*=0,433; *weight_AIC*=0,437; *SMA*=0,477). Sin embargo, al considerar solo el 5% de las ovejas con peor ajuste según el AIC, el *weight_AIC* presentó un RMSE medio menor (0,617) que *cubsplin5* (1,900) y *SMA* (0,869). No se observaron diferencias en los IR entre *cubsplin5* y *weight_AIC* cuando se incluyeron todos los animales. El *SMA* mostró un valor d de Cohen moderado y un IC negativo para *logVar* comparado con *cubsplin5*. Al comparar los IR del 5% de las ovejas con peor ajuste entre *cubsplin5* y *weight_AIC*, se observaron diferencias significativas. Se identificaron tamaños del efecto medios-elevados para *logVar* (0,65), *auto* (0,45) y *sk* (0,31), con efectos más marcados en *logVar* (IC: 0,291 | 0,503) y *sk* (IC: -0,402 | -0,173). Estos resultados sugieren que *weight_AIC* es más sensible a la variabilidad y presenta una menor asimetría, reflejando de forma más precisa la resiliencia.

CONCLUSIÓN

Los modelos *ensemble*, especialmente el ponderado por AIC, mejoraron la sensibilidad a la variabilidad y el rendimiento predictivo, proporcionando IR más robustos que los métodos de un único modelo, destacando su potencial para evaluar la resiliencia en ovejas lecheras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, M.B. & New, M. 2007. Trends in Ecology & Evolution. 22(1): 42-47.□

Agradecimientos: Los datos analizados se han obtenido a través del proyecto nacional RESILSHEEP (Ref. PID2022-138676OB-100, MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER,UE). Los análisis presentados se encuadran dentro del partenariado EUP-AHW financiado por la Comisión Europea (EUP-AHW-101136346). Nuestro sincero agradecimiento a los ganaderos colaboradores y a la asociación ASSAFE por los datos proporcionados, y a DeLaval por su colaboración técnica.