

PRESENTE Y FUTURO DE LA GANADERÍA DE PRECISIÓN EN CUNICULTURA

El concepto de Ganadería de Precisión (PLF, por sus siglas en inglés de *Precision Livestock Farming*) se propuso por primera vez en el año 2001. La ganadería de precisión se asienta en el uso de tecnologías basadas en sensórica y robótica para monitorizar a los animales individualmente. También contempla el desarrollo de algoritmos matemáticos que permitan procesar de forma muy eficiente y al instante la información que se registra en las granjas con estos dispositivos. Su objetivo es manejar a los animales a través de una monitorización continua, automatizada y en tiempo real de la salud, el bienestar, la producción, la reproducción y el ambiente¹.



La implementación de los conceptos PLF supondrá la digitalización de la gestión técnica ganadera y contribuirá a mejorar la calidad de las decisiones de manejo que se adopten en tiempo real en las granjas. Asimismo, permitirá generar nuevas fuentes de información fenotípica que puedan ser analizadas y estudiadas en contextos de investigación.

El potencial de la ganadería de precisión es extraordinario, pero su implantación implica una inversión que, en el caso del conejo, puede

resultar relativamente difícil de asumir, especialmente en el contexto actual de elevadísimos costes de producción. Esta situación contrasta con la de otros sectores y especies, donde las tecnologías están algo más implantadas y han demostrado un elevado retorno de la inversión y, por lo tanto, los costes pueden asumirse más fácilmente. No obstante, puede haber situaciones y casos en los que la inversión estaría justificada incluso en el sector cunícola. Nuestro objetivo mediante la respuesta a las siguientes preguntas es precisamente ilustrar estas situaciones.

¿CÓMO PUEDE AYUDAR LA GANADERÍA DE PRECISIÓN A MEJORAR EL CUIDADO Y BIENESTAR DE LOS CONEJOS?

MARÍA CAMBRA-LÓPEZ, UPV

El uso de tecnologías basadas en sensórica y robótica permite realizar un seguimiento cercano de los animales ofreciendo información objetiva y consistente de cada individuo. Por lo tanto, la ganadería de precisión en cunicultura puede ayudar al sector productivo, facilitando una mejor caracterización del estado de salud de los animales, atendiendo de forma precisa sus necesidades individuales y favoreciendo un alto nivel de bienestar. Las oportunidades que ofrece en el campo de la nutrición, reproducción, salud, genética animal y control de las instalaciones son numerosas. A continuación, se presentan algunos ejemplos, no exhaustivos, que ilustran estas oportunidades dirigidas a mejorar el cuidado y bienestar de los conejos. Las herramientas de precisión pueden ayudar a identificar animales débiles, enfermos o que sufren dolor. Ésta es una de las principales oportunidades que ofrece la ganadería de precisión: la detección precoz de enfermedades. La mejora en el conocimiento de las respuestas fisiológicas o comportamentales de los animales, en tiempo real, permite la detección temprana de signos de enfermedad y la adopción de medidas correctivas rápidas y oportunas; lo que supone anticiparse a los problemas de salud antes de que éstos se agraven. En general, la mayoría de los animales cuando están enfermos, disminuyen la ingesta diaria de alimento y agua, y modifican también sus patrones de actividad. Por lo tanto, los datos de comportamiento alimentario o de consumo de agua recogidos automáticamente, así como el nivel de actividad individual de los conejos, pueden utilizarse para desarrollar un sistema de alerta anticipada y automática de posibles animales enfermos. Concretamente, esta aplicación tendría un enorme potencial en conejos jóvenes, alrededor del



destete, cuando la probabilidad de que aparezcan trastornos digestivos es más alta. La detección temprana de enfermedades permite, además, adelantar la aplicación de los tratamientos veterinarios, que pueden ser totalmente dirigidos y selectivos, solo para los animales que muestren los primeros signos de enfermedad. Esto, sin duda, contribuirá a mejorar la efectividad de los tratamientos, a favor de su uso racional, minimizado y dirigido; algo particularmente relevante en el contexto actual de reducción del uso de antibióticos.

Por otro lado, las tecnologías pueden ayudar a medir comportamientos específicos que nos den información sobre el grado de bienestar de los conejos. En la actualidad, uno de los aspectos en la evaluación del bienestar en los que se está poniendo el foco está en promover estados positivos en los animales -además de minimizar los estados negativos (signos de estrés)-. En los conejos, esto puede traducirse en interacciones sociales positivas entre hembras (p.ej. acicalamiento) o conducta de juego y exploratoria en conejos jóvenes. En este sentido, la medida continua y automatizada de los patrones de movimiento y la frecuencia y tipo de interacciones sociales se pueden utilizar, por un lado, para verificar que los animales expresan comportamientos naturales deseables; y por otro, para identificar problemas como la agresividad. En los últimos años, se han desarrollado algunos prototipos de alojamiento y sistemas de producción de hembras en parques colectivos. En estos sistemas que se están investigando a nivel experimental, los comportamientos agresivos entre hembras son habituales. Disponer, en estos proyectos de investigación, de dispositivos tecnológicos que recojan una información etológica precisa y masiva podría ser útil para mejorar el diseño de estos nuevos sistemas de cría y definir mejor sus protocolos de manejo (p.ej. el establecimiento de los grupos y la definición de los períodos de convivencia colectiva en modelos semi-grupo). Además, los dispositivos tecnológicos permiten recoger datos fenotípicos individuales que podrán usarse en programas de mejora genética para favorecer la adaptación de las hembras a estos sistemas de cría alternativos, todavía experimentales. En definitiva, el uso de los conceptos de ganadería de precisión puede ayudar a

establecer prácticas de manejo y cría que promuevan experiencias positivas, y minimicen experiencias negativas que puedan causar miedo, dolor y frustración en sistemas alternativos de producción para conejas. Finalmente, las herramientas y conceptos de ganadería precisión pueden ayudar a controlar las condiciones ambientales en los alojamientos (temperatura, humedad relativa y calidad del aire, entre otras). Esto puede contribuir a garantizar un nivel de confort ambiental óptimo para los animales, y por lo tanto a reducir el estrés asociado a condiciones ambientales desfavorables.

¿CON QUÉ TECNOLOGÍAS Y SENSORES SE ESTÁ TRABAJANDO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INVESTIGACIÓN?

JUAN PABLO SÁNCHEZ, IRTA

El uso de tecnologías y sensores en la investigación en cunicultura se remonta a los años 2000. La primera referencia data del 2007² en la que se utilizó el análisis de imagen computarizado para predecir medidas biométricas y el peso en conejos adultos. Sin embargo, en aquellos momentos, los trabajos no se encuadraban bajo el paradigma de la Ganadería de Precisión. Ha sido en los últimos 10 años cuando los estudios abordados se pueden englobar bajo esta disciplina. Cuando diversas tecnologías y tipos de sensores se enmarcan bajo los principios de una misma disciplina, tiene la ventaja de que hay elementos comunes de tipo metodológico, algorítmico y de telecomunicación que se pueden transferir fácilmente de una tecnología a otra. En este sentido, un desarrollo reciente de ganadería de precisión aplicado a la cunicultura y dirigido a animales de engorde, ha sido el diseño y desarrollo, en el contexto de varios proyectos públicos de investigación, de un comedero electrónico³ por parte del equipo del Programa de Genética y Mejora Animal del IRTA (Instituto de Investigación y Tecnología

EL RETO RESIDE EN CONSEGUIR TRANSFORMAR LOS REGISTROS DE LOS SENSORES EN DATOS FISIOLÓGICOS Y BIOLÓGICOS RELEVANTES

Agroalimentaria, Generalitat de Catalunya). Este comedero permite el registro automático e individualizado del consumo de pienso de conejos alojados en grupo, utilizando la identificación individual por radiofrecuencia (RFID). La información que este equipo genera se lleva usando cinco años en un proceso de selección genética para mejorar la eficiencia alimentaria durante el engorde⁴; y además está permitiendo obtener una valiosa información para estudios de comportamiento alimentario y de determinación de la estructura social de los grupos⁵. Hasta ahora, estos estudios se han abordado basados en registros de grupo o con animales alojados en jaulas individuales. En el primer caso, se obvia una fuente clave de variación como es la variación individual, particularmente relevante en problemas de mejora genética. En el segundo caso, las condiciones de cría son, obviamente, muy diferentes de las que los animales se pueden encontrar en los alojamientos colectivos comerciales, e impiden explorar interacciones sociales. En paralelo al uso de datos de comederos electrónicos en la especie cunícola, también se está explorando el uso de sensores portátiles como los acelerómetros triaxiales⁶. La información de aceleración de cada uno de los ejes espaciales se está utilizando para cuantificar el nivel de actividad en conejos de cebo y predecir el tipo de comportamiento (siendo particularmente relevante la predicción de si el animal está o no en movimiento). Este trabajo se vincula al proceso de selección por eficiencia alimentaria previamente señalado

dado que abre la puerta a cuantificar el dispendio energético asociado a la actividad física de los animales y que puede explicar la variación individual en eficiencia alimentaria. Con un objetivo similar, también se están poniendo a punto sensores remotos de visión artificial que pretenden hacer un seguimiento individual de los gazapos de engorde alojados en grupo⁷. Una diferencia importante entre el uso de sensores portátiles (como los acelerómetros) y los sensores remotos (como las técnicas de visión por computador) es que los segundos no son invasivos y por lo tanto no requieren ningún tipo de manipulación de los animales. Esto, sin duda, representa una clara ventaja para poder extender su uso a los eslabones comerciales de la pirámide de producción, i.e. no sólo puede ser factible su empleo en los núcleos sino también en las granjas comerciales para ayudar en la toma de decisiones de manejo. Por el contrario, el entrenamiento de los algoritmos de predicción con sensores remotos es algo más complejo. Relacionado con el uso de imágenes para el registro de nuevos caracteres, también se ha propuesto el uso de cámaras térmicas para predecir el nivel de estrés de los animales^{8,9}, así como el uso de cámaras del espectro visible tanto para predecir el consumo de pienso del grupo en base a imágenes del pienso restante en el comedero¹⁰, como para predecir el peso de los animales² o el área que ocupan en sus alojamientos, con el fin de optimizar éstos desde el punto de vista etológico¹¹. Con respecto al empleo de conceptos y técnicas de ganadería de precisión en las secciones de maternidad, los avances de la investigación son algo más escasos. Es ahora cuando se están empezando a desarrollar las primeras aproximaciones. El foco se está poniendo en la alimentación diferenciada para las madres y sus gazapos cuando éstos empiezan a salir del nido, así como entre madres con diferente estado fisiológico (lactante y no lactante) cuando éstas se alojan en grupo o semi-grupo. Esta investigación es parte de los objetivos de un proyecto que lidera el Grupo de Alimentación Animal de la UPV (Universitat Politècnica de Valencia), recientemente financiado (Proyecto FREE-RAB,

PID2022-143036OB-I00; Ministerio de Ciencia e Innovación). Este proyecto persigue ajustar automáticamente el suministro de nutrientes a los requerimientos individuales de los diferentes animales que forman los grupos. Esto es un concepto que está claramente alineado con uno de los principios fundamentales de la nutrición de precisión: "administrar a cada animal individualmente la dieta (cantidad y composición) que mejor cubra sus necesidades".

¿QUÉ VENTAJAS TIENE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN EL SECTOR GANADERO?

FRANCISCO MAROTO, UCO

La transformación digital de la ganadería puede suponer un

cambio de paradigma en el propio concepto de producción y gestión ganadera que hemos venido utilizando tradicionalmente. Si bien, actualmente, lo normal es basar la mayoría de las decisiones de gestión (como la alimentación, la reproducción o los tratamientos veterinarios) en el concepto de grupo o lote; la ganadería de precisión nos ofrece la posibilidad de trabajar a nivel de individuo. Entre otros, esto conlleva una mejora de la eficiencia en el uso de los recursos, ya que posibilita reducir los márgenes de seguridad empleados normalmente debido a la existencia de variabilidad intralote.

Este cambio de enfoque puede ir más allá, ya que el concepto de ganadería de precisión nos ofrece una visión donde no se trata tanto de reducir la diversidad, como de gestionarla en base a datos objetivos y continuos. Si bien es cierto que, en animales de formato pequeño,

como los conejos, será más difícil llegar al nivel de animal individual en algunas aplicaciones de ganadería de precisión (con relación a animales más grandes como las vacas o los cerdos); el objetivo final de un enfoque de precisión siempre será el animal o el grupo de animales más pequeño posible.

Pese al potencial expuesto anteriormente, la gestión de los datos de los sistemas de ganadería de precisión presenta aún diversos retos. Actualmente, los sistemas disponibles comercialmente o en desarrollo no han superado, en su mayoría, la barrera de dejar de ser proveedores de datos para convertirse en apoyadores de decisiones, siendo el siguiente paso que dichas decisiones se ejecuten de forma automática mediante la robotización de algunas tareas. La toma de decisiones en producción ganadera debe tener en cuenta multitud de factores, por lo que otro aspecto en el que debemos avanzar



**Como cada vez son más los
productores en España,
¿Apreciáis la genética HYCOLE?**

¡Como ellos, pídelo a Hycole!



CONTACT@HYCOLE.COM
ENZO : +33 (0)7 66 54 72 69
WWW.HYCOLE.COM

es la gestión integrada de los datos de toda la cadena de producción. Si bien algunas decisiones se toman a nivel de eslabón productor, industrial... el verdadero potencial de la ganadería de precisión para mejorar la eficiencia se explotará cuando se analice la cadena productiva en su conjunto, ya que tanto las decisiones como los recursos empleados en cada eslabón impactan considerablemente sobre el resto del sistema.

Esta integración de datos presenta varios retos, tanto desde el punto de vista técnico (interoperabilidad de los datos, diferencias en la resolución espacial y temporal,

LAS TÉCNICAS PLF EN CUNICULTURA EN LAS QUE AHORA SE ESTÁ INVESTIGANDO PODRÍAN AYUDAR A LA RECUPERACIÓN DEL SECTOR

etc.) como comercial (propiedad intelectual, secreto industrial, etc.) pero debe abordarse, en la medida de lo posible, desde la propia concepción de la solución de precisión. Es igualmente importante que los datos proporcionados por los sensores puedan ser integrados con otros datos de contexto, como por ejemplo los datos de gestión, de trazabilidad o de los mercados; pues las cadenas ganaderas son sistemas complejos cuya caracterización requiere de información múltiple y diversa. En este ámbito, cabe esperar que sea de gran importancia el uso de tecnologías capaces de manejar cantidad masiva de datos no estructurados, como la Inteligencia Artificial (IA), así como su combinación con otras tecnologías aún incipientes, como los gemelos digitales.

Finalmente, cabe destacar que, si bien la transformación digital de un sector productor como el cunícola presenta muchas ventajas potenciales, debemos evitar que dicha digitalización se convierta en un fin en sí mismo. Las soluciones de precisión tendrán cabida en este y otros sectores siempre que solucionen problemas con un esfuerzo relativo reducido. Son por tanto imprescindibles tanto las validaciones

de los sistemas existentes y de aquellos que vayan surgiendo con el tiempo en entornos de producción reales, como los análisis de coste-beneficio no solo desde un punto de vista económico, sino también energético, medioambiental y social, entre otros.

¿QUÉ ES NECESARIO PARA QUE PUEDA CONVERTIRSE EN UNA REALIDAD E IMPLEMENTARSE EN LAS GRANJAS?

MARÍA CAMBRA-LÓPEZ, UPV

En general, aunque los avances científicos de esta disciplina son manifiestos, la transferencia de los resultados a campo es todavía limitada. En un trabajo recientemente publicado por investigadores británicos, se analizó la producción científica (número de artículos publicados) que aborda el uso de tecnologías de ganadería de precisión en todas las especies ganaderas¹². Con este criterio, se identificaron 247 artículos publicados. Las tecnologías/sensores empleados en



estas publicaciones (principalmente para monitorizar a los animales) se clasificaron según la fase de avance (*Technology readiness levels*, TRL) en tres grupos: (1) prototipo, (2) validación y (3) comercialización. De los 247 artículos publicados, sólo 35 publicaciones (14%) incluyen una validación externa adecuada de los sensores. Consecuentemente, se puede concluir que son pocos los dispositivos que, a día de hoy, están disponibles comercialmente (en fase de avance 3, de “comercialización”) para ser utilizados de forma rutinaria en las granjas. Se debe recalcar que en general se trata de tecnologías nuevas, y cuya adopción no sólo en el campo de la ganadería, sino también en otros ámbitos sociales, se están empezando a extender en los últimos años, y por lo tanto es razonable pensar que aún estamos en las fases iniciales de implementación de la ganadería de precisión.

Sin embargo, que las barreras para la implementación de tecnologías de ganadería de precisión en granja son numerosas. Algunas de ellas están relacionadas con la disponibilidad de *hardware* robusto. Aunque existe un abanico amplio de sensores, no todos están diseñados para su uso en animales, ni optimizados para trabajar en un ambiente como una granja. Una vez disponemos de sensores resistentes, el siguiente reto está en la captura de datos y su anotación correcta. No se trata solo de adquirir datos, sino de que la información que contengan sea de calidad. Es decir, el reto reside en conseguir transformar los registros de los sensores en datos fisiológicos y biológicos relevantes usando algoritmos fiables y robustos. La clave es elegir bien la/s variable/s a medir, dado que los animales pueden expresar lo mismo de diversas formas, y disponer de un criterio de referencia correcto para poder verificar todo el proceso. Este proceso es complejo, largo y requiere de anotaciones manuales de numerosos datos (p.ej. comportamientos que realiza el animal) para entrenar algoritmos que muchas veces se basan en principios de IA.

La integración de datos procedentes de varios sensores es otro importante reto, al igual que la capacidad de almacenamiento de los registros y los resultados que los algoritmos

generan. La reducida conectividad en algunas zonas rurales dificulta asimismo la implementación de las herramientas de ganadería de precisión. Además, es necesario definir un marco de trabajo donde la seguridad de los datos esté garantizada y la propiedad de los mismos claramente definida entre los actores y usuarios.

A pesar de todo ello, y en conclusión, el potencial es enorme y la tecnología puede servir como ayuda en distintos campos dentro de la producción cunícola. Su implementación práctica puede suponer un avance significativo en el manejo animal y la gestión técnico-económica de la producción animal. Por lo tanto, las herramientas de precisión tienen un presente y un futuro prometedor en cunicultura. En este desarrollo en el que se están asentando las bases, se pueden claramente identificar varias áreas en la producción cunícola donde la implementación de técnicas de ganadería de precisión está suponiendo o va a suponer una revolución como son: la detección precoz de enfermedades, el fenotipado de “alto rendimiento” que permite medir rasgos novedosos y comportamientos complejos de los animales y la alimentación diferenciada, entre otras. Por ello, sería altamente deseable que las condiciones económicas del sector mejorasen para facilitar la inversión en estas tecnologías. En este sentido, las técnicas PLF en cunicultura en las que ahora se está investigando, podrían ayudar a la recuperación del sector. Para ello, es necesario potenciar la colaboración investigación – sector – industria. Esto permitirá conciliar de una forma evidente, los avances científicos con la innovación y transferencia tecnológica práctica, y convertir esta disciplina en una realidad en las granjas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Berckmans D. 2017. *General introduction to precision livestock farming*. *Animal Frontiers*
- 2 Negretti et al. (2007). *Visual image analysis to estimate morphological and weight measurements in rabbits*. *World Rabbit Science*
- 3 Sánchez et al. (2018). *Dispositivo*

para el control individual de consumo durante el engorde de conejos alojados en jaulas colectivas. Resultados preliminares. ASESUCU, Calamocha

- 4 Sánchez et al. (2023). *Tendencias genéticas en tres líneas de conejo seleccionadas por eficiencia alimentaria*. ASESUCU, León
- 5 Piles et al. (2023). *Relaciones entre el crecimiento y la eficiencia alimentaria con los caracteres de comportamiento alimentario e indicadores de posición social de gazapos*. ASESUCU, León
- 6 Piles et al. (2023). *Uso de acelerómetros para cuantificar el nivel de actividad de conejos en crecimiento mediante la predicción de su comportamiento*. ITEA-AIDA, Zaragoza
- 7 Sánchez et al. (2022). *A computer vision system for individual tracking of group housed rabbits*. *12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*
- 8 Agea et al. (2021). *Preliminary study of body temperature emissivity in rabbits selected for litter size residual variability*. *Agriculture*
- 9 Jaén-Téllez et al. (2021). *Influence of stress assessed through infrared thermography and environmental parameters on the performance of fattening rabbits*. *Animals*
- 10 Duan et al. (2022). *Feed weight estimation model for health monitoring of meat rabbits based on deep learning*. *International Journal of Agriculture and Biological Engineering*
- 11 Giersberg et al. (2015). *Planimetric measurement of floor space covered by fattening rabbits and breeding does in different body positions and weight classes*. *Livestock Science*
- 12 Schillings et al. (2021). *Exploring the potential of precision livestock farming technologies to help address farm animal welfare*. *Frontiers in Animal Science*

AGRADECIMIENTOS

Juan Pablo Sánchez agradece la financiación del proyecto GENEF3 (PID2021-128173OR-C21). María Cambra-López agradece, asimismo, la financiación recibida a través de los proyectos SMART-RAB (AICO/2021/256) y FREE-RAB (PID2022-143036OB-I00).