



Ciencia o Ficción

Repaso al uso de tecnologías de precisión en ganadería bovina

DIEGO MOYA FERNANDEZ

Assistant Professor, Department of Large Animal Clinical Sciences. Western College of Veterinary Medicine. University of Saskatchewan, Canada).

La ganadería de precisión (PLF, del inglés "Precision Livestock Farming") se refiere al uso de tecnologías avanzadas para el monitoreo automático, de forma retrospectiva o a tiempo real, del comportamiento, salud, productividad y/o impacto ambiental del ganado. El objetivo es automati-

zar y optimizar el componente humano en las tareas asociadas a la cría de ganado, como el ordeño, la alimentación y la limpieza.

Hay varios niveles de PLF, que van desde recopilar y analizar datos a nivel de grupo, hasta monitorear animales individualmente.

Para ello, se pueden utilizar sensores que pueden ser instalados en una ubicación estática en la granja, o montados en los mismos animales.

Otro objetivo inherente al uso de este tipo de tecnologías es el de poder gestionar la variabilidad del rebaño animal por animal y



así para ser capaces de detectar desviaciones del promedio antes de que ni siquiera sea evidente para el ojo humano (signos clínicos, pérdida de productividad...) y, por lo tanto, mejorar la salud, el bienestar y la eficiencia de los animales. Los datos obtenidos a nivel individual pueden compararse con un estándar general de la especie, propio de cada granja, por lo que el ganadero puede tomar medidas si lo cree oportuno.

Muchos sistemas PLF ya están disponibles a nivel comercial para uso en granjas de vacuno lechero o de carne, sin embargo, éste es un campo en continuo desarrollo, y para bien o para mal, la tecnología que se comercializa hoy en día puede quedar obsoleta (en precio o capacidad) a corto plazo. Hasta la fecha, la mayoría de los sistemas comerciales de PLF para rumiantes se

“ Las tecnologías de precisión ofrecen oportunidades para aumentar la eficiencia y la sostenibilidad de la producción agrícola y ganadera, para mejorar la salud y el bienestar de los animales. ”

han desarrollado para respaldar la producción intensiva de vacas lecheras. El valor acumulado de la producción lechera a lo largo de la vida de una vaca hace que la inversión en este tipo de tecnologías pueda ser rentable a medio y largo plazo. El ganado vacuno de carne también podría beneficiarse de las tecnologías PLF, aunque al ser su ciclo productivo más corto hace que las tecnologías deban tener un costo proporcionalmente más bajo para mostrar un retorno económicamente viable de la inversión.

Agricultura de precisión aplicada a la gestión de pastos y pastoreo

El uso de PLF en vacuno en pastoreo se centra en el uso de sensores que proporcionan su localización en el campo para controlar con precisión la aplicación de tratamientos de siembra, fertilización, riego, o pastoreo (Monteiro et al., 2021). A nivel del pasto, estas tecnologías incluyen:

- Evaluación de las propiedades del suelo: Mediante el análisis de la conductividad eléctrica del suelo se puede extrapolar su concentración de solutos y salinidad.
- Sensores de contenido de agua en el suelo, como reflectometría en el dominio de la frecuencia (FDR), reflectometría en el domi-

nio del tiempo (TDR) o tensiómetros para evaluar la tensión o succión del agua del suelo.

– Fotodiodo, un sensor óptico que utiliza la luz para medir las propiedades del suelo a nivel de composición, materia orgánica, nutrientes (Smolka et al. 2017) y humedad.

– Radar de penetración terrestre y espectrometría de rayos gamma, que se pueden utilizar incluso a través de la cobertura vegetal del suelo.

• Siembra de precisión: la siembra de precisión puede ahorrar semi-

llas y controlar de manera efectiva su profundidad, densidad o el área de siembra.

• Sistemas inteligentes de riego y fertilización: Song et al. (2022) desarrolló un sistema de control del nivel de fertilización basado en drones que, conectado a un esparcidor de fertilizante granular, puede ajustar automáticamente la tasa de aplicación de fertilizante en base a un mapa predeterminado.

Además del control sobre el tipo y la calidad del pasto, también existen PLF destinadas al control de la actividad de los animales en pastoreo. En su forma más básica, esto implica medir el forraje disponible para así manejar el ganado en función de su ingesta. En este sentido, existen desde hace tiempo simples contadores mecánicos que miden la longitud del pasto disponible. Este método más “manual” está siendo reemplazado por contadores electrónicos más automatizados, como por ejemplo el GrassMaster II (Grazetech, West Ryde, NSW, Australia), o el ‘Pasture Meter’ (C-Dax Ltd, Palmerston North, Nueva Zelanda), que adaptados a vehículos pueden ayudar a gestionar áreas de pastoreo más extensas de forma precisa. Tecnologías basadas en vehículos aéreos no tripulados (drones o satélites) también pueden permitir la adquisición de datos en base a imágenes de gran resolución para evaluar la disponibilidad y el crecimiento fenológico de las plantas (‘Pastures from Space’, CSIRO, Australia) (Hill y col. 2004).

• Control del pastoreo: la tecnología también se está utilizando a nivel de rebaño para ayudar a controlar el acceso al pasto, es decir, qué animales pueden acceder al pasto y cuándo. Existen varios fabricantes de puertas automáticas (Grazeway, Lely Holding S.à

r.l., Maassluis, Países Bajos) que se pueden usar para identificar al animal y permitir o denegar su acceso a un área de pasto. También existen dispositivos que controlan compuertas de forma temporizada o con control remoto (Batt-Latch, Grazetech, West Ryde, NSW, Australia) que se pueden usar para abrir automáticamente una nueva área de pasto.

- Con un vallado eléctrico tradicional, una batería eléctrica genera un pulso regular de alto voltaje que los animales aprenden a evitar al recibir una descarga eléctrica si tocan la cerca. Un enfoque alternativo es poner un generador de corriente, u otro estímulo adverso, en cada animal. El animal recibe un sonido de advertencia cuando se acerca al área “prohibida”, y luego recibe una descarga eléctrica si atraviesa la zona no deseada. Este sistema se conoce como “valla virtual”. Con este sistema, las zonas que no se quieran pastorear son definidas por una serie de coordenadas de latitud y longitud conectadas a un mapa y un sistema de navegación GPS (Anderson 2006). Aunque hay varias patentes asociadas

con cercas virtuales (Umstatter 2011), no hay, en el momento de escribir este artículo, ningún sistema de cercado virtual disponible comercialmente. Otros sistemas parecidos, con una delimitación física en lugar de vía GPS podría ser el comercializado como BoviGuard (Agrifence, Gloucester, Reino Unido).

Seguimiento de la ubicación de los animales en el pasto: El sistema global de navegación por satélite (GNSS, por sus siglas en inglés) es la opción más práctica para localizar animales en pastoreo. Desde que esta tecnología se usó por primera vez para este fin, su costo, consumo energético y capacidad de almacenamiento de datos han ido mejorando hasta convertirse en una opción más viable y práctica. Cada animal usa una unidad GPS, típicamente en forma de collar o crotal, que realiza un seguimiento de su ubicación y áreas visitadas en una zona predeterminada. Estos sistemas de rastreo también pueden ayudar con la seguridad del rebaño al proporcionar alertas cuando los animales se mueven fuera de áreas designadas. Drones también pueden ser

herramientas útiles para ayudar con el monitoreo de la actividad y localización de animales en pastoreo, aunque hasta ahora implica un monitoreo más manual, al necesitar alguien que manipule el dron, y más expuesto a las inclemencias del tiempo.

- Monitoreo del consumo de pastoreo: Se pueden utilizar acelerómetros montados en la cabeza para estimar el tiempo de pastoreo y el consumo estimado con una precisión de entre 1.2 y 1.4 kg materia seca/vaca/día (Oudshoorn et al. 2012). Alternativamente, el registro y análisis de los sonidos asociados con el pastoreo muestra un potencial considerable (Ungar y Rutter 2006). La señal acústica producida por un animal de pastoreo se puede utilizar para determinar morderas y masticaciones (Laca et al. 1992), así como una estimación de la cantidad de ingesta de materia seca (Laca y WallisDeVries 2000) y, potencialmente, especies de plantas (Ungar y Rutter 2006), gracias a algoritmos informáticos desarrollados para realizar esta tarea con mayor precisión que el oído humano (Milone et



al. 2009). La viabilidad del uso de la bioacústica en la granja ya ha sido probada como parte de un sistema comercial que monitorea la rumia (el monitor de tiempo de rumia VocalTag, SCR Engineers Ltd, Netanya, Israel), identificando cambios en el comportamiento de la rumia que se utilizan para ayudar a detectar el celo y los problemas de salud. Un problema potencial con la bioacústica es que el sensor acústico de un animal puede "escuchar" los sonidos de búsqueda de alimento de otros animales que pastan cerca. Una forma de superar este problema podría ser combinar el uso de un sensor acústico con datos de un acelerómetro, es decir, el acelerómetro podría usarse para eliminar cualquier sonido rasante que no estuviera acompañado por los movimientos de cabeza apropiados.

Agricultura de precisión en ganado intensivo

Una de las primeras y principales aplicaciones de PLF en la industria ganadera fue la detección del celo en vacas lecheras. El deseo de usar la inseminación artificial para utilizar una genética mejorada requiere que las vacas sean inseminadas en el momento óptimo en relación con la ovulación,

y esto generalmente se detecta mediante cambios en el comportamiento asociados con el celo. En términos generales, esto parece menos aplicable a la producción de vacuno de carne. Sin embargo, los sensores diseñados para detectar los cambios de comportamiento asociados con el estro también pueden usarse para detectar los cambios asociados con el parto, enfermedades o lesiones.

La primera generación de detección automática del celo se basó en podómetros montados en las piernas que pueden detectar la actividad general. Los sensores basados en acelerómetros más sensibles (por ejemplo, IceRobotics IceQube) pueden detectar pasos individuales y determinar cuándo el animal está acostado y de pie. Los acelerómetros también se pueden usar para medir la incomodidad del ganado en torno a la castración (movimientos rápidos de la cola, comportamiento de pie/acostado).

De manera similar, un acelerómetro contenido en un bolo ruminal (p. ej., smaXtec) puede controlar la actividad y el pH del rumen. Se puede usar un bolo de detección del pH del rumen para ayudar a detectar trastornos metabólicos, pero su alto costo y la vida útil comparativamente corta del sen-

sor actualmente limitan su uso comercial (Mottram, 2016).

Además de los cambios en la actividad, las vacas enfermas o que dan a luz también pueden reducir su consumo de alimento, lo que se traduce en una reducción del tiempo dedicado a la rumia. Los acelerómetros montados en el cuello (por ejemplo, Afimilk Silent Herdsman) pueden detectar estos cambios en el comportamiento de alimentación, y los acelerómetros montados en el oído pueden detectar cambios en el comportamiento de rumia. El comportamiento de alimentación se puede monitorear automáticamente usando medidores de actividad (acelerómetros) o sensores de ubicación (ENGS, Old GrowSafe). El seguimiento de los cambios de comportamiento se puede utilizar para detectar o predecir enfermedades, por ejemplo, el comportamiento de alimentación en el ganado de engorde (Moya et al., 2014).

Recientemente, se han puesto a disposición tecnologías de posicionamiento de vacas (por ejemplo, SmartBow) que permiten determinar la posición de cada vaca en el rebaño cada pocos segundos, lo que ayuda a monitorear su movimiento, uso de recursos e interacciones con su entorno. El comportamiento de tumbarse, caminar, comer y estar de pie de las vacas lecheras se puede medir con bastante precisión con sensores de banda ultra-ancha puestos en la pierna, cuello u oreja. Por ejemplo, CowView (GEA Farm Technologies GmbH, Bönen, Alemania) utiliza tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) de banda ultra-ancha para localizar con precisión (30-50 cm) vacas individuales equipadas con un collar.

Actualmente, los granjeros pueden usar los datos de posición de las vacas para ayudarlos a encontrar



una vaca específica en su rebaño, así como para ayudar a registrar la actividad relacionada con su salud. Sin embargo, se necesita investigación para explorar y desarrollar todo el potencial de gestión de los datos de posición de las vacas. Por ejemplo, conocer la ubicación relativa y los movimientos de todas las vacas del rebaño debería dar una idea de la estructura social del rebaño, aunque los algoritmos de procesamiento de datos y el uso potencial de gestión de estos datos necesitan más investigación y desarrollo.

Una alternativa al uso de sensores transportados por animales es usar sensores fijos que controlen a los animales a medida que pasan junto a ellos. Por ejemplo, los cambios en la forma de andar de un animal que resultan de la cojera se pueden detectar utilizando sensores integrados en plataformas (platos de fuerza o tapetes de presión) sobre los que caminan las vacas (p. ej., Boumatic StepMetrix™). O el comportamiento de alimentación, que se puede medir con comederos montados en básculas (GrowSafe).

Las imágenes tridimensionales se pueden utilizar para calificar automáticamente la condición corporal de las vacas mientras caminan bajo una "cámara" 3D (por ejemplo, el sistema DeLaval BCS). Las cámaras y los sistemas de visión se pueden usar para monitorear la conformación de las patas o la cojera mediante el flujo óptico o el monitoreo de la actividad basada en imágenes en el ganado (OneCup).



“ Los sistemas de ganadería de precisión pueden convertirse en sistemas de gestión automatizados que proporcionan información a los ganaderos para tomar decisiones más informadas sobre la gestión de sus animales. ”

Se está desarrollando el uso de sistemas de seguimiento de cámaras para capturar cojeras, comer, beber y comportamientos sociales (OneCup), o para ayudar a los conductores de corrales en el proceso de toma de decisiones cuando tiran de terneros enfermos (VDTS).

La temperatura corporal se puede medir directamente con sensores montados en animales o indirectamente con cámaras termográficas, y pueden detectar, por ejemplo, mastitis en vacas lecheras (Arenas-Campos, et al. 2019). Además, el aumento de la producción de calor durante los procesos de inflamación, o el aumento de la vasoconstricción provocado por la liberación de catecolaminas, se puede medir con una cámara termográfica en vacas. Un estudio realizado por Holanda et al. (2018) evaluó el uso de sensores de temperatura para detectar la fiebre en el ganado vacuno de carne. Los resultados mostraron que los sensores de temperatura fueron efectivos para detectar la fiebre en los animales. Otras alternativas incluyen la detección de síntomas clínicos con un análisis de sonido, por ejemplo, la tos en los terneros (Tafaj et al., 2020).

En granjas cerradas de ganado vacuno lechero y de carne, se están desarrollando controles comerciales de las condiciones climáticas, incluidos sensores que miden la temperatura y la humedad relativa (HR), la velocidad del aire o el dióxido de carbono (CO₂). Los sistemas también están evo-

lucionando para monitorear las emisiones de metano o dióxido de carbono del ganado. Aunque alguna de estas tecnologías aún es relativamente cara, este enfoque podría ser valioso para los productores en programas especiales de nicho de mercado, o podría volverse más importante si el control de la emisión de gases invernadero asume un papel más importante en el futuro.

Conclusiones

Las tecnologías de precisión ofrecen oportunidades para aumentar la eficiencia y la sostenibilidad de la producción agrícola y ganadera, para mejorar la salud y el bienestar de los animales. Los sistemas de ganadería de precisión pueden convertirse en sistemas de gestión automatizados que proporcionan información a los ganaderos para tomar decisiones más informadas sobre la gestión de sus animales. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las PLF existentes hoy día aun requieren ser optimizadas para reducir su coste y mejorar sus prestaciones en granjas comerciales, principalmente para así ser más robustas a la hora de manejar la variabilidad individual entre animales, granjas y sistemas productivos. Dicho trabajo de optimización requerirá que varias disciplinas se unan para crear nuevas sinergias en una gama de habilidades relacionadas con especialidades veterinarias, agrícolas, etológicas, físicas, matemáticas, y de ingeniería.