



Producción lechera de precisión: sensorización del ganado (1)

En esta primera entrega sobre la sensorización de nuestros rebaños, ponemos el foco en la instalación de los sensores y en los distintos niveles de complejidad a la hora de implementarlos, como el primer paso para llegar a un sistema de monitorización y producción lechera de precisión con el fin de lograr mejores condiciones laborales para los ganaderos.

José Manuel Pereira González
Universidad de Santiago de Compostela (USC)

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción animal podemos considerar tres factores principales como condicionantes de la producción:

- 1) La base territorial en la que se localiza la explotación
- 2) La financiación
- 3) La mano de obra

En el pasado, la mano de obra era abundante y las condiciones del trabajo, penosas. El sector ganadero se caracterizaba por carecer de días li-

bres, se trabajaba los 365 días del año con horarios muy dependientes de las exigencias de cada momento, pero con jornadas largas y duras, en condiciones ambientales adversas (frío, calor, humedad...). En este contexto la gente tiende a escapar del campo buscando actividades donde las condiciones laborales sean menos exigentes, la mano de obra disponible para la actividad agrícola-ganadera es escasa, los empleados tienen y reclaman sus derechos laborales y los propietarios de las explotaciones desean tener tiempo libre para pasar en familia y el ocio. Como consecuencia, el relevo generacional se ve comprometido para muchas explotaciones y, por lo tanto,

su continuidad. Así es que la producción lechera en los últimos 20-30 años viene caracterizada por un continuo descenso en el número de explotaciones. En España, únicamente siguen operativas alrededor del 15 % de las granjas que existían en 1990. Al mismo tiempo que los costes laborales y el precio de la tierra se fueron incrementando, el precio de la leche disminuyó, por lo que se hizo necesario aumentar la productividad para mantener la competitividad de las explotaciones.

En esta situación la sostenibilidad del sector pasa por hacer más atractivas a las profesiones relacionadas con el sector agrario. La implantación de los sistemas de ordeño robotizado en conjunción con nuevas tecnologías que utilizan sensores y herramientas de ayuda en la toma de decisiones innovadoras (tecnologías de precisión) están revolucionando el sector de la producción de leche tal y como los conocíamos en su forma más tradicional, siendo la reducción del trabajo

► EN ESTA SITUACIÓN, LA SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR PASA POR HACER MÁS ATRACTIVAS LAS PROFESIONES RELACIONADAS CON EL SECTOR AGRARIO

y la flexibilidad de la jornada laboral las principales razones por las que los ganaderos deciden instalar estos sistemas (Castro *et al.*, 2015). El futuro, presente ya en algunas explotaciones, pasa por que sean robots los que realicen las tareas más penosas, repetitivas y exigentes, logrando que las labores agrarias y/o ganaderas sean más atractivas.

Las tecnologías de precisión tienen el potencial de eliminar la subjetividad

en los procesos de toma de decisiones, mejoran la eficiencia de las rutinas de trabajo, reducen el tiempo requerido para completar las tareas, el estrés de los empleados y se brinda a los trabajadores tiempo para concentrarse en otras áreas. Esto contrasta con los sistemas tradicionales de producción láctea, donde se depende casi por completo de la habilidad, experiencia y evaluaciones subjetivas del trabajador. La adopción de tecnologías lecheras de precisión permite monitorizar animales y granjas, puede aumentar el bienestar animal, incrementar la eficiencia de la producción y disminuir el impacto ambiental de la producción ganadera, lo que mejora así la percepción que la sociedad tiene del sector, al demostrar el compromiso de las explotaciones con el medio ambiente y el desarrollo de estrategias que mejoran el bienestar animal (Rutten *et al.*, 2013).

SENSORIZACIÓN

La implementación de sensores representa el primer paso para llegar a un

sistema de monitorización y producción lechera de precisión. Son múltiples los sensores que pueden llegar a utilizarse para controlar diferentes aspectos de la producción lechera.

En general, **los sistemas de monitorización están formados por tres elementos esenciales:**

1. El primero es el "tag". El tag contiene en su interior uno o varios sensores y está montado normalmente en un collar alrededor del cuello, en la pata o en la oreja, aunque también existen sensores montados en la cola e incluso en el interior del propio cuerpo del animal (figura 1).

El tag suele utilizar sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID). Cada uno de los *transponders* de identificación RFID emite una señal con un código único que se asocia a la información específica de cada animal (número de identificación, datos productivos, reproducción, rumia, peso, condición corporal, etc.). ►

Bymet®



Más info



Scan me



INCREASE MILK
YIELD



RESISTANT PELLETING
PROCESS



LESS ENVIRON-
MENTAL DAMAGE



VIV MEA 2023



20 - 22 NOVEMBER - ABU DHABI

Hall: 7 Stand: A.051

T. +34 91 501 40 41 | info@norel.net | www.norel.net

NOREL
ANIMAL NUTRITION



Figura 1. Principales localizaciones de dispositivos para la recogida de datos *in situ* en una vaca (oreja, cuello, pata, cola, rumen...)

2. La antena (figura 2) lee la información transmitida de manera inalámbrica desde el tag. El número de antenas será variable en función del sensor, el tipo de datos a registrar y las dimensiones del establo.



Figura 2. Antena receptora

3. El tercer elemento es el sistema informático (figura 3), formado por un Pc y el *software*, que permite transformar los datos transferidos en información útil para el ganadero.



Figura 3. Sistema informático

Se pueden clasificar los sistemas automáticos de monitorización en **4 niveles de complejidad**:

- Nivel 1: tipo y técnica del sensor. Consiste en una descripción del sensor, nombre comercial, características técnicas, tipo de datos recogidos, localización, alcance, autonomía, etc.
- Nivel 2: interpretación de los datos. Se refiere a cómo los datos suministrados por el sensor y procesados mediante un algoritmo pueden producir información útil sobre aspectos productivos, sanitarios o de bienestar en la explotación en general

o de animales concretos de forma individual.

- Nivel 3: integración de la información. El proceso puede tener en cuenta otro tipo de datos históricos no recogidos por un sensor en concreto. Se trataría de datos que alimentan el sistema y que permiten afinar el procedimiento (por ejemplo: la fecha de parto, fecha de la última inseminación, días en leche, datos de gestión económica, etc.).
- Nivel 4: toma de decisiones. En este nivel la información es utilizada para decidir y actuar en consecuencia. Por ejemplo, realizar una inseminación en el momento preciso, decidir incrementar, o no, la ración de concentrado en un sistema de dosificación automático, o en el propio robot de ordeño. En este último caso la decisión también podría ser adoptada de forma autónoma por el sistema, tomando como referencia la producción de leche y el intervalo entre ordeños. ▶▶

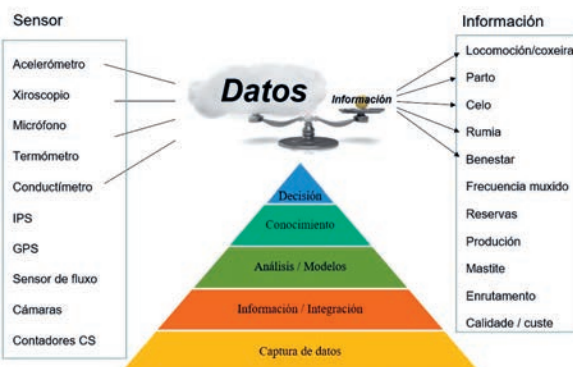
▶ EL FUTURO, PRESENTE YA EN ALGUNAS EXPLOTACIONES, PASA POR QUE SEAN ROBOTS LOS QUE REALICEN LAS TAREAS MÁS PENOSAS, REPETITIVAS Y EXIGENTES, LOGRANDO QUE LAS LABORES AGRARIAS Y/O GANADERAS SEAN MÁS ATRACTIVAS

Figura 4. Datos de aceleración, velocidad angular e inclinación en los tres planos del espacio en coordenadas X, Y, Z suministrados por el sensor WT901BLECL MPU9250

StartTime: 2022-12-12 13:40:25.910	address	Time(s)	ax(g)	ay(g)	az(g)	wx(deg/s)	wy(deg/s)	wz(deg/s)	AngleX(deg)	AngleY(deg)	AngleZ(deg)
0x50	13:51:12.143	0.4634	-0.8033	0.1074	-0.4083	-4.4272	1.0376	-83.4082	-27.2076	-20.0236	26.4000
0x50	13:51:12.143	0.6685	-1.0035	0.1748	70.5566	87.8906	37.9639	-78.5852	-25.1180	-24.1644	26.4000
0x50	13:51:12.143	0.5324	-1.2150	0.1831	32.6336	68.1475	185.2417	-74.2756	-12.3761	-28.9278	26.4000
0x50	13:51:12.253	-0.0234	-1.0005	0.3003	30.9448	68.4058	147.7661	-69.8456	6.2018	-29.2621	26.4000
0x50	13:51:12.360	-0.4602	-0.5089	0.1806	-35.5835	-15.1089	117.7368	-74.8169	117.7368	25.1642	-24.6204
0x50	13:51:12.518	-0.7864	-0.4408	0.2033	-16.1133	-10.1051	-12.7467	-76.3550	31.0083	-20.1741	26.4000
0x50	13:51:12.555	-0.3782	-0.2495	0.5820	135.0090	-54.8706	-281.8059	-59.8240	23.0080	-18.0811	26.4000
0x50	13:51:12.718	0.5136	-1.1716	0.8364	185.8818	-22.1550	-250.4272	-49.7626	-4.7076	-30.7837	26.4000
0x50	13:51:12.746	0.6567	-1.5435	0.7961	-30.8059	31.3013	7.9954	-44.2859	-17.2044	-41.5107	26.4000
0x50	13:51:12.938	0.3486	-0.9270	0.7837	-51.6357	49.8723	171.0835	-48.7079	-4.4495	-37.2821	26.4000
0x50	13:51:12.959	0.1094	-0.9968	0.8442	-136.6763	124.6338	315.6093	-55.3436	14.9854	-31.5857	26.4000
0x50	13:51:13.144	-0.4648	-0.1787	0.2266	-184.5703	108.5374	215.6982	-69.6928	45.6647	-29.3028	26.4000
0x50	13:51:13.158	-0.8486	0.1835	-0.1699	-118.1838	-184.0805	-2.4414	-79.9036	55.2997	-27.2736	26.4000
0x50	13:51:13.340	-0.0818	-0.1401	0.1709	4.5166	-102.0508	7.0881	-67.7856	48.8762	-4.9978	26.4000
0x50	13:51:13.365	-0.7266	-0.2363	0.4531	4.9438	-76.4160	-134.0942	-38.5406	39.6874	2.5488	26.4000
0x50	13:51:13.556	-0.2944	-0.4429	0.5688	-8.8501	-61.1372	-240.2300	-59.4360	21.3190	-1.6899	26.4000
0x50	13:51:13.556	0.8205	-0.9034	0.7817	-56.9927	6.5493	-148.9256	-40.4081	2.1577	-20.2050	26.4000
0x50	13:51:13.665	0.3823	-1.1230	0.3999	-34.8926	99.1211	-60.2427	-63.3740	-4.0031	-20.7967	26.4000
0x50	13:51:13.778	0.4082	-1.8794	-0.8264	-27.1606	6.7280	61.1572	-67.7307	-1.1920	-27.9218	26.4000
0x50	13:51:13.888	0.0821	-1.4059	0.2100	18.1105	-1.7700	144.3648	-67.4099	11.1154	-22.0770	26.4000
0x50	13:51:14.002	-0.4634	-0.2559	0.4000	-12.0050	-48.1567	126.8921	-64.5667	30.0536	-10.8325	26.4000
0x50	13:51:14.095	-0.5308	-0.6611	0.5171	-8.8501	-30.8293	83.4351	-66.7124	34.4476	-1.7853	26.4000
0x50	13:51:14.205	-0.6201	-0.5030	0.4005	-12.2405	17.8886	121.4000	-67.4099	11.1154	-22.0770	26.4000
0x50	13:51:14.269	-0.6636	-0.8020	0.5527	160.4004	-34.4238	65.3076	-42.7753	47.4884	12.6700	26.4000
0x50	13:51:14.379	-0.7749	0.0908	0.5171	144.5313	-44.7308	31.0059	-22.8516	52.8937	13.4802	26.4000
0x50	13:51:14.473	-0.7503	0.1567	0.5073	78.4302	-21.1182	-76.6602	-16.8640	51.0643	5.5368	26.4000
0x50	13:51:14.592	-0.6338	-0.0293	0.6421	-12.3901	-64.0259	-144.8364	-20.7751	44.3034	-9.3878	26.4000
0x50	13:51:14.713	-0.5308	-0.4478	0.5679	-42.8184	-2.1262	-142.2950	-36.5468	36.4087	-29.8063	26.4000
0x50	13:51:14.838	-0.3896	-0.8794	0.6465	36.6821	-11.8400	-141.1743	-50.2295	29.2454	-44.1188	26.4000
0x50	13:51:14.902	-0.3696	-1.0430	0.3853	16.4185	18.9209	-82.5195	-40.4772	21.3025	-55.6348	26.4000
0x50	13:51:15.013	-0.1215	-0.9250	0.5047	59.7534	-12.2070	81.1768	-51.2292	29.5609	-55.3876	26.4000
0x50	13:51:15.146	-0.4088	-0.3262	0.7134	29.1138	-10.4370	-16.8457	-43.9728	23.4393	-52.1301	26.4000
0x50	13:51:15.170	-0.3120	-0.4875	0.4712	-11.7188	-13.7939	-10.4370	-43.0225	23.5712	-53.8650	26.4000
0x50	13:51:15.376	-0.2773	-0.4050	0.4739	10.8098	-36.7378	3.4621	-47.7318	30.8226	-52.1631	26.4000
0x50	13:51:15.376	-0.4209	-0.5903	0.5808	42.6636	1.3428	68.5469	43.2861	29.0336	-52.7344	26.4000
0x50	13:51:15.556	-0.4002	-0.3428	0.7432	35.1561	-31.5552	8.1177	-36.5186	23.7909	-48.8342	26.4000
0x50	13:51:15.565	-0.3348	-0.3350	0.6062	76.7212	-11.5438	-95.5200	-30.1465	16.5388	-47.9234	26.4000
0x50	13:51:15.674	-0.3364	-0.3472	0.8379	5.3721	31.8200	-70.7397	-20.6578	13.0627	-56.6480	26.4000
0x50	13:51:15.785	-0.0757	-0.8110	0.7519	-34.4849	-28.5416	-19.2871	-31.4923	12.7936	-42.5946	26.4000
0x50	13:51:15.896	-0.1377	-0.6743	0.8081	-35.1978	8.4209	6.3646	-35.4639	11.5944	-63.4845	26.4000

WitMotion Shenzhen Co., Ltd

Figura 5. Esquema del proceso de transformación de los datos en decisiones



Mezclas Forrajeras

Gama **SPEEDYLMIX**, 6 tipos de praderas anuales de siega o pastoreo

Gama **PLURIMIX**, 4 tipos de praderas perennes para secanos frescos

Gama **REGMIX**, 3 tipos de praderas perennes de regadío

Gama **SECMIX**, 2 tipos de praderas perennes para secano



Cubiertas vegetales



SOIL GUARD OTOÑO, mezcla de gramíneas, leguminosas, boragináceas y brassicas con efecto estructurante y nematicida.

- **Protegen y dan vida al suelo**
 - **Evitan daños por escorrentía**
 - **Incrementan la capacidad de retención de agua en el suelo**
-

ORGANIC OLIVAR, mezcla de gramíneas y leguminosas con efecto *mulching*. Rápida implantación y aporte de nitrógeno al suelo.

ROCALBA

► LA IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES REPRESENTA EL PRIMER PASO PARA LLEGAR A UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y PRODUCCIÓN LECHERA DE PRECISIÓN

Es importante, por lo tanto, establecer la diferenciación entre datos, información, conocimiento y actuación. Los sensores son capaces de suministrar una cantidad ingente de datos, datos que en sí mismos tienen una utilidad muy limitada.

Si consideramos los datos suministrados por un acelerómetro triaxial, observaremos que el sensor es capaz de suministrar una ingente cantidad de datos de aceleración, velocidad angular e inclinación en los 3 planos del espacio, coordenadas X, Y, Z (figura 4).

Tomando esos datos y utilizando un algoritmo matemático, esos datos pueden ser utilizados para generar información (figura 5); entre otras, informar de los pasos dados por el animal a lo largo de un período de tiempo, o incluso saber, en función del ángulo de inclinación y dependiendo de la posición del sensor, si el animal está de pie quieto, si está caminando o si está acostado. Informar implica darles un cierto significado a los datos, añadirles valor transformándolos a través de procesos de cálculo, correcciones, agregación, agrupación, etc. Después de darle significado, hay que interpretar la información y ponerla en el contexto idóneo, integrar la información y modelarla para generar indicadores que puedan ser utilizados, en base al conocimiento, y valorados a la hora de tomar decisiones.

APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE PRECISIÓN EN LA PRODUCCIÓN LECHERA

Las tecnologías de precisión (TP) brindan una gran variedad de posibilidades para las explotaciones lecheras. Los aspectos económicos juegan un papel central en la adopción de las nuevas tecnologías. La adopción es

mayor donde permite aumentar los rendimientos y reducir los costes de producción, tradicionalmente en situaciones en las que la disponibilidad de mano de obra es baja o cara. Es fundamental llevar a cabo una planificación estratégica a largo plazo, que permita estimar el impacto financiero de la implantación de TP. Con precios de la leche y costes de los piensos muy variables, el impacto de la inversión puede no ser recomendable en algunos casos. La estimación de las consecuencias financieras no siempre es previsible, los factores que influyen en la toma de decisiones son múltiples, hay muchas opciones tecnológicas y esto dificulta tomar la decisión correcta porque muchos productores desconocen las tecnologías disponibles y, en ocasiones, falta una información eficaz sobre su fiabilidad y alcance.

Es fundamental disponer de la información necesaria para discernir cuál será la tecnología que mejor se adapte a cada caso y alcanzar las expectativas que en ellas se depositan. La edad del productor, la formación, el tamaño y características de la explotación, la implantación previa o simultánea de otras tecnologías y los conocimientos informáticos son factores que influyen en la adopción. Para que el uso de las TP sea útil y económicamente viable, estas deben supervisar continuamente y cuantificar con precisión, fiabilidad y facilidad los parámetros fisiológicos o de comportamiento en los que se basará la toma de decisiones.

En una investigación realizada por Eckelkamp & Bewley (2019), los productores indicaron que la mayoría de las alertas representaron un cambio real de comportamiento (55 %) y, aunque solo se cuestionaron el 8 % de las alertas, el 37 % no fueron evaluadas y solo sucesivas visualmente el 21 % de estas. Los productores tenían más probabilidades de utilizar alertas de actividad o alimentación, alertas sobre vacas en el inicio de la lactación, durante la semana laboral y cuando había ≤ 20 alertas en la lista.

Las TP tienen muchos usos potenciales y el mercado ofrece actualmente la posibilidad de incorporar múltiples sensores, pero, en muchos casos, el enfoque está determinado y condicionado por su distribución comercial, la cual, sin desmerecerla, debería venir acompañada de información obtenida tras

un proceso de validación que permita testar el modelo y determinar hasta qué punto son fiables las relaciones entre los datos y el parámetro que se van a medir (producción, celo, parto, rumen, mastitis, cojera, localización, tiempos de alimentación, descanso, etc.).

VALIDACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE PRECISIÓN APLICADAS A LA PRODUCCIÓN LECHERA

Para proceder a realizar una validación, los eventos detectados por los diferentes sensores se comparan contra el denominado patrón de oro (*gold standard*), que representa la forma y el método más fiable para confirmar el evento de interés. A menudo, las observaciones visuales y las mediciones directas realizadas por el personal humano son tratadas como patrones de oro en las pruebas de validación.

Siguiendo la metodología propuesta por Hogeveen *et al.* (2010), los resultados se clasificarán en cuatro grupos:

- Número de observaciones en las que se produce un evento y coincide con la medición o alerta del sensor (verdadero positivo, VP).
- Número de observaciones en las que se constata la existencia del evento pero no se genera una alerta en el sistema de alarmas del sensor (falsos negativos, FN).
- Número de observaciones en las que no se produce el evento, pero el sensor genera una alerta (falsos positivos, FP).
- Número de observaciones en las que no se produce el evento y el sensor no genera alerta (verdaderos negativos, VN).

Utilizando esta clasificación básica, se puede evaluar y validar el funcionamiento de la mayor parte de los sensores a través de la definición de los siguientes parámetros:

- Sensibilidad (%): $100 \times VP / (VP + FN)$
- Especificidad (%): $100 \times VN / (FP + VN)$
- Valor predictivo positivo: $100 \times VP / (VP + FP)$
- Valor predictivo negativo: $100 \times VN / (VN + FN)$
- Precisión: $100 \times VP + VN / (VP + FN + FP + VN)$

Los resultados de esos procesos de validación y los criterios aplicados deberían ser públicos y fácilmente accesibles, para que los ganaderos tengan información sobre su fiabilidad y alcance, de forma que la elección sea la más adecuada en cada caso. ■

Balsas MN es una empresa ubicada en la zona centro de Galicia y dedicada a la fabricación y montaje de balsas para almacenamiento de agua, purines, lodos y todo tipo de residuos, así como estanques, lagos, embalses artificiales e impermeabilización de vertederos, terrazas, cubiertas, canales de riego, etc. Para ello contamos con una amplia gama de materiales en polietileno y PVC.

Debido a nuestra situación geográfica, al conocimiento de la actividad agrícola y ganadera y a los cambios en las políticas medioambientales nos especializamos en la construcción de balsas de polietileno para el almacenamiento de purín, tanto de balsas nuevas como de zanjas que está siendo obligatorio impermeabilizar.

Las ventajas de este tipo de balsas con respecto a las fosas tradicionales son innumerables:

- Rapidez de instalación (1-2 días).
- Reducción de hasta la tercera parte del coste respecto a una fosa tradicional, lo que quiere decir que la misma inversión permite cubicar el triple de capacidad, permitiendo, por lo tanto, almacenar purín y abono orgánico, incluso de fuera de la explotación, para las épocas de abonado, con el correspondiente ahorro y mejora de la estructura del suelo.
- Permite un crecimiento de la explotación más flexible, ya que en 2-3 días se puede hacer una ampliación de la balsa a un coste reducido.
- Consecuente con el impacto ambiental, ya que puede ser desmontada con facilidad, lo que permitirá un cambio de localización con un coste mínimo.



Posibilidad de recubrirlas con estructura metálica y lona



Posibilidad de construcción con rampa de acceso y superficie de hormigón para facilitar posibles limpiezas posteriores

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Balsas para almacenamiento de purines, agua, lodos, residuos... • Estanques, lagos y embalses artificiales, canales de riego... • Impermeabilización de vertederos, terrazas, cubiertas, fachadas... • Distribuidores de depósitos de almacenamiento de agua hasta 500 m³. | <ul style="list-style-type: none"> • Subvencionadas por la Xunta de Galicia. • Desde un céntimo por litro. • Rapidez de instalación (1-2 días). • Amortizable hasta en 3,5 años. |
|--|--|



¡NOVEDAD!

Balsas flexibles para almacenamiento de purín o agua. Con esta solución ahorramos la cubierta y los trabajos de excavación.