

Producción lechera de precisión: sensorización del ganado (II)

En esta segunda entrega sobre sensorización de nuestros rebaños, nos detenemos en el funcionamiento de los sistemas de monitorización existentes en la actualidad que nos permiten controlar los siguientes parámetros: reproducción, rumia, distribución del tiempo de las actividades de las vacas, condición corporal y calidad de la leche.

José Manuel Pereira
Universidad de Santiago de Compostela (USC)

REPRODUCCIÓN

Uno de los sistemas de mayor difusión y más ampliamente utilizados es la monitorización de actividad, la cual lleva siendo utilizada desde hace ya más de treinta años en el control de la reproducción. Hoy en día, la monitorización de la actividad se utiliza también para controlar otros aspectos relacionados con el comportamiento de los animales.

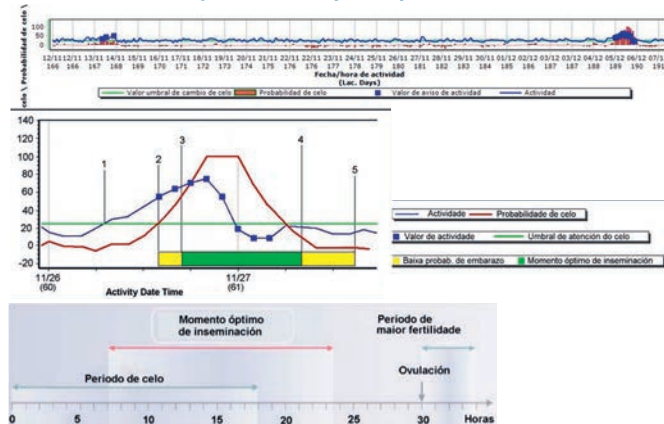
La utilización de sensores capaces de registrar esta actividad (acelerómetros, giroscopios), en combinación con otros sensores [micrófonos, termómetros, sistemas de posicionamiento en el exterior (GPS) o en el interior de los alojamientos (ips, conductímetros, cámaras, etc.)], permiten obtener datos que pueden ser relacionados con prácticamente cualquier aspecto productivo de la explotación.

Las vacas durante el periodo de celo incrementan su nivel de actividad física de una manera considerable, en ocasiones hasta 8 veces el nivel de actividad común. Esta puede medirse fácilmente con la utilización de podómetros o acelerómetros. Los primeros podómetros comenzaron a instalarse en los años 80 del pasado siglo, los acelerómetros comenzaron a utilizarse un poco más tarde, en los años 90, así que ambos son tecnologías fuertemente contrastadas y probadas. Muchas investigaciones han puesto de manifiesto la utilidad de utilizar este tipo de sensores, frente o como complemento al método tradicional, consistente en la observación visual o la sincronización hormonal (Lehrer *et al.*, 1992; Neves *et al.*, 2012; Valenza, 2012, Schweinzer *et al.*, 2019).

No solo es importante ser capaces de detectar el celo, sino también ser capaces de concretar el momento de realizar la inseminación. Cuando las vacas son inseminadas entre 0 y 12 horas después de la ovulación, la tasa de fertilización y la calidad del embrión son reducidas. Cuando la inseminación es realizada más de 24 horas antes de la ovulación, la fertilidad es alta pero la calidad del embrión es baja, debido al envejecimiento de los espermatozoides. Los sistemas que permiten monitorizar la reproducción son capaces de relacionar el momento de la ovulación con el nivel de ac-

▶ LOS SISTEMAS QUE PERMITEN MONITORIZAR LA REPRODUCCIÓN SON CAPACES DE RELACIONAR EL MOMENTO DE LA OVULACIÓN CON EL NIVEL DE ACTIVIDAD REGISTRADO POR LOS SENSORES

Figura 1. Detección del celo y momento óptimo para realizar la inseminación



Fuente: adaptado de pantalla T4C, Astronaut Lely y DeLaval 2001. Efficiency dairy herd management

tividad registrado por los sensores y determinar el momento óptimo para realizar la inseminación, 7-23 horas después de la alerta por actividad (figura 1).

Aunque los acelerómetros, por su capacidad para detectar movimiento y por la facilidad de asociar un patrón de movimientos a un nivel de actividad del animal, se vienen utilizando ampliamente en la detección de los celos en vacas, son usados también en relación a otros aspectos de la producción lechera de precisión, como la medición de rumia, determinaciones de

tiempos de alimentación, permanencia en pie o acostadas, cojeras, predicción de trastornos de tipo metabólico o incluso en la predicción del momento del parto. La ventaja de la utilización de los acelerómetros con respecto a los podómetros es que pueden tener en cuenta una gran variedad de datos en el algoritmo de detección.

RUMIA

Las vacas necesitan rumiar para digerir adecuadamente los alimentos y obtener los nutrientes necesarios para cubrir sus necesidades de mantenimiento y producción. Mediante el proceso de rumia, las partículas más grandes del alimento previamente tragado son regurgitadas desde el ▶▶

LUCAS®

AUTOSPIRE

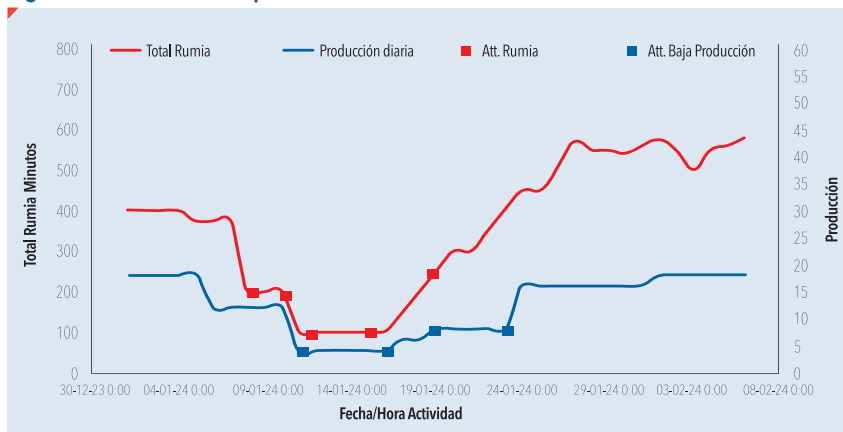
MEZCLADORA AUTOPROPULSADA 12 - 24 M3

- > FRESA 200 CV ANCHURA 2M
- > CINTA DE DISTRIBUCIÓN TRASERA DERECHA E IZQUIERDA
- > 3 MODOS DE AVANCE: SILO, TRABAJO, CAMINO
- > VELOCIDAD 40 KM/H

PARA TODA LA INFORMACIÓN, CONTACTE CON NUESTRO REPRESENTANTE DE VENTAS: JORDAN VARAGNE - 0033 607 647 735

WWW.LUCASG.COM CONTIGO TODOS LOS DÍAS

Figura 2. Gráfico de tiempo de rumia



Fuente: Lely Qwes HR

rumen (el rumen es una de las cuatro cavidades esofágicas preestomacales existentes en todos los rumiantes, al cual va al alimento antes de ser masticado), masticadas y tragadas nuevamente. Los contenidos del rumen son completamente mezclados y el proceso se repite hasta que las partículas alcanzan un tamaño que permita a la flora digerirlas adecuadamente. Durante todo el proceso de masticación se estimula la producción de saliva, rica en bicarbonato, que neutraliza la acidez que resulta de los ácidos grasos producidos de forma continua por los microorganismos del rumen.

Una ración con un tamaño de partícula excesivamente pequeño provocará una menor necesidad de masticación, generándose menos saliva y, como consecuencia, un menor debilitamiento del pH, que puede derivar en problemas de acidosis en el ganado. Cuando el pH cae por debajo de 6, es frecuente observar una “inversión” en la relación entre la grasa y la proteína de la leche (disminución de porcentaje de grasa y mayor porcentaje de proteína) y la aparición de laminitis y cojeras. También es frecuente que una proporción de partículas excesivamente pequeñas ocasione problemas de motilidad y desplazamientos de abomaso, al verse afectadas las contracciones que de manera natural se producen en la pared del rumen. Estas contracciones son las responsables de mezclar el alimento, facilitar la eructación y de enviar el alimento a otros compartimentos del aparato digestivo.

Una dieta pobre en nutrientes o de mala calidad, con una cantidad de fi-

bra excesiva, puede llevar a una rumia excesiva y a descensos en la producción de leche debido a que el llenado del rumen es mayor, con una menor tasa de peso y un menor consumo.

Por lo tanto, el control de la actividad ruminal es importante para asegurarse de que las vacas están recibiendo una alimentación idónea y de buena calidad, y en la prevención de trastornos metabólicos del ganado.

Los sistemas utilizados en la medición de la rumia se basan en la utilización de los acelerómetros localizados en el cuello o en la oreja, o bien en la utilización de un micrófono emisor/receptor en el cuello del animal. Los sistemas basados en el uso de acelerómetros son capaces de relacionar determinados patrones de movimientos con eventos de rumia. Los micrófonos son capaces de relacionar el sonido que hacen las vacas al masticar con el tiempo de rumia (figura 2). Si el tiempo dedicado a rumiar pasa de los 600 min/día es un indicio de demasiada fibra en la ración, disminuyendo el consumo de materia seca y la producción de leche. Cuando la rumia baja de los 400 min/día, no hay suficiente fibra en la ración y puede dar como resultado vacas perezosas que acuden tarde al ordeño con robot, e incluso a trastornos metabólicos.

DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO VS. BIENESTAR DE LOS ANIMALES VS. LOCALIZACIÓN EN EL ESTABLO

La importancia del tiempo que las vacas pasan en diferentes actividades a lo largo del día es bien conocida. En general, las vacas de leche pasan de 3 a 5 h/d comiendo de 9 a 14 comidas al

día, rumian de 7 a 10 h/d, requieren aproximadamente 10 h/d de tiempo de descanso y pasan aproximadamente 30 min/d bebiendo y de 2 a 3 h/d en actividades de manipulación y ordeño (figura 3).

Cualquier factor que limite los tiempos que precisa el animal para alimentarse, rumiar y descansar, o que le provoque miedo, malestar o estrés, puede afectar a la producción y, por lo tanto, al rendimiento del sistema. El descanso es un comportamiento de alta prioridad para las vacas, más aun que comer.

Munksgaard *et al.* (2005) observaron que, en respuesta a las limitaciones de tiempo en dos experimentos, el tiempo disponible para el descanso primaba sobre el disponible para la alimentación y el contacto social, y que las vacas compensaban la reducción del tiempo disponible para comer aumentando la tasa de la ingesta. Una vaca que está acostada, tiene más probabilidades de rumiar y producir saliva que al estar de pie, lo que reduce a acidosis ruminal. Una vaca acostada también presenta una mayor difusión de la sangre por la ubre (unos 5 l/min) en comparación con un animal erguido (unos 3 l/min), lo que mejora la función y producción de la ubre. Cuando una vaca permanece de pie durante mucho tiempo, la presión dentro de la cápsula de la uña aumenta, lo que provoca hipoxia (suministro de oxígeno restringido) e isquemia (flujo sanguíneo restringido), lo que aumenta el riesgo de cojeras y la competencia puede desencadenar conflictos sociales entre las vacas, una reacción de estrés crónica que predispone a los rebaños a enfermedades y problemas reproductivos (Temple *et al.*, 2016).

Figura 3. Tiempo que las vacas pasan en diferentes actividades a lo largo del día





El **BIG DATA** para los veterinarios y las explotaciones de vacuno de leche



100% ONLINE



Diseñada por **VETERINARIOS** expertos



Gráficos y análisis **sencillos**



Accesible, práctica y fácil de usar



Optimización de tiempo y procesos

PLATAFORMA DE **INTEGRACIÓN** Y **GESTIÓN DE DATOS** ONLINE

Gestiona de manera sencilla y práctica tus principales **áreas de la producción lechera**

Esta plataforma ha sido desarrollada por un equipo multidisciplinar de veterinarios e informáticos, con más de 20 años de experiencia en el sector agroalimentario y en el desarrollo de soluciones informáticas.

Visita **nuestra web** y contáctanos

www.gando.es

► RECIENTEMENTE, ESTÁN INCORPORÁNDOSE SISTEMAS QUE [...] TAMBIÉN PERMITEN LA LOCALIZACIÓN DE LOS ANIMALES EN TIEMPO REAL EN EL INTERIOR DEL ESTABLO (SISTEMAS ALL IN ONE [‘TODO EN UNO’])

En los SOR, la cantidad de tiempo que las vacas deben pasar en la zona de espera frente al robot depende de la posición de la vaca en la jerarquía social, lo que afecta al tiempo disponible para otras actividades como descansar o comer.

Recientemente, están incorporándose sistemas que, además de controlar parámetros relacionados con patrones de actividad basados en acelerómetros (reproducción, rumia, etc.), también permiten la localización de los animales en tiempo real en el interior del establo (Sistemas **All in One** [‘Todo en Uno’]).

Los sistemas de localización en tiempo real para interiores están formados por los siguientes elementos (figura 4):

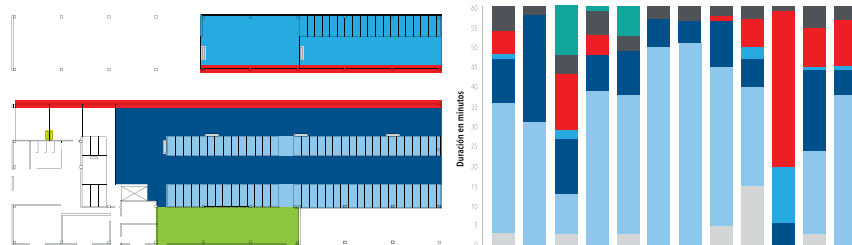
- 1) Un servidor en el cual se transfieren y almacenan todos los datos y un *software* informático en el cual se carga el esquema del establo, se definen las posiciones de las antenas, las zonas (cornadiza, pasillos, cubículos, bebederos, ordeño...), y todas las herramientas de ayuda a la decisión.
- 2) Uno o varios repetidores que sincronizan la información y la envían hacia el servidor.
- 3) Un conjunto de dispositivos fijos de posición conocida (antenas), en número variable en función de las dimensiones y de los obstáculos del edificio, conectados mediante cables con el repetidor e inalámbricamente con los *tags*.
- 4) *Tags* con tecnología de transmisión inalámbrica que portan cada uno de los animales, localizados en un collar en el cuello o en la oreja envían la información (posición, voltaje, temperatura, acelerómetro...) hacia las antenas, disponen de una pequeña batería de duración limitada que

Figura 5. Localización en tiempo real de un sistema de posicionamiento en tiempo real



Sistema Smartbow, Granja Experimental y Docente Gayoso Castro, Diputación Provincial de Lugo

Figura 6. Zonificación del establo y tiempo que una vaca pasa en cada una de las zonas en un periodo de tiempo determinado



es necesario cambiar con cierta periodicidad, normalmente superior a un año.

Una vez que todo el conjunto está operativo, el nivel de precisión dependerá de la tecnología que se va a emplear y de la correcta configuración del sistema. Es necesario que un *tag* esté al alcance de un mínimo de tres antenas para fijar la posición de dos dimensiones (coordenadas X,Y) o de cuatro antenas para fijar la posición en tres dimensiones (X,Y,Z). Las tecnologías que utilizan una banda de señal ultraancha (UWB) afirman que pueden alcanzar precisiones de hasta 15 cm, aunque consideramos necesario hacer pruebas de verificación al respecto. Pruebas preliminares realizadas en la Universidad de Santiago de Compostela, Campus de Lugo, en una granja con un sistema Smartbow (aún sin publicar), alcanzaron niveles de precisión bastante más bajos, contrastando la diferencia entre la posición real y el dato ofrecido por el sistema, tan solo el 23,8 % de las observaciones estaban a 1 metro o menos de la distancia real y 21,8 % a más

Figura 4. Componentes de un sistema de localización en tiempo real para interiores



Fuente: Adaptado de BioControl

de 2,5 metros (figura 5). Por lo tanto, se debe verificar si este mismo problema es generalizado para otras instalaciones o se trata, por el contrario, de alguna falta de configuración, número y posición de las antenas o algún tipo de interferencia en el sistema.

Con los datos de posicionamiento a lo largo del tiempo y definiendo las zonas del establo los sistemas informáticos ofrecen información en relación el tiempo que los animales pasan en esas zonas a lo largo de un periodo determinado (figura 6). ►►



Eilza / Escuela Internacional
de Industrias Lácteas

ESCUELA INTERNACIONAL DE INDUSTRIAS LÁCTEAS
ESCUELA INTERPROFESIONAL LÁCTEA



**TRADICIÓN,
INNOVACIÓN**
Y LA MEJOR
FORMACIÓN



Eilza / FUNDACIÓN
Escuela Internacional
de Industrias Lácteas

 Junta de
Castilla y León

 DIPUTACIÓN DE
ZAMORA

 AYUNTAMIENTO
DE ZAMORA


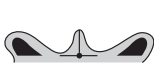



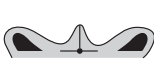


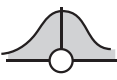




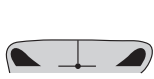
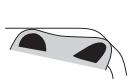


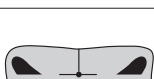
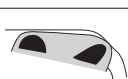

► LA CONDICIÓN CORPORAL PUEDE SER UN FACTOR CLAVE PARA DECIDIR CAMBIAR DE GRUPO UN ANIMAL O INCLUSO TOMAR LA DECISIÓN DE VENDERLO

MEDICIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL

La medida de la condición corporal es un indicador que permite hacer valoraciones sobre el estado nutricional y de salud de un animal. La mayoría de los sistemas utilizados para medir la condición corporal se basan en un índice (Body Condition Scoring [BCS]) que utiliza una escala de 5 puntos (figura 7), con incrementos de cuarto de punto, para medir la cantidad de grasa corporal que tiene un animal. Medir la condición corporal es una importante herramienta de ayuda en la gestión de las explotaciones:

- **Ayuda a identificar problemas nutricionales:** un animal con una condición corporal baja puede estar sufriendo desnutrición, mientras que un animal con una condición corporal elevada puede estar consumiendo más energía de la que necesita.
- **Es importante para la reproducción:** un animal con una condición corporal baja puede tener dificultades para concebir o llevar a cabo un embarazo.
- **Ayuda a tomar decisiones de gestión del ganado:** la condición corporal puede ser un factor clave para decidir cambiar de grupo un animal o incluso tomar la decisión de venderlo.
- **Una condición corporal anormal puede ser un indicador de problemas de salud,** como enfermedades metabólicas o parásitos.

Figura 7. Cuadro de puntuación corporal simplificado

Puntuación de condición corporal	Vértebra en la mitad de la espalda	Vista posterior (sección transversal) del hueso pélvico	Vista lateral de la línea entre las caderas	Cavidad entre la cola y tuberosidad disquiática. Aspecto posterior y aspecto lateral
1. Severo subcondicionamiento				
2. Esqueleto obvio				
3. Buen balance del esqueleto y tejidos superficiales				
4. Esqueleto no tan obvio como tejidos superficiales				
5. Sobrecondicionamiento severo				

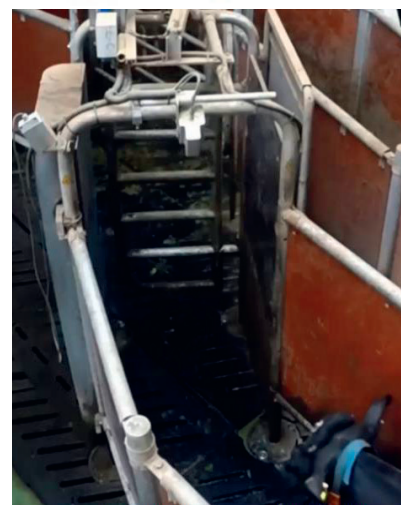
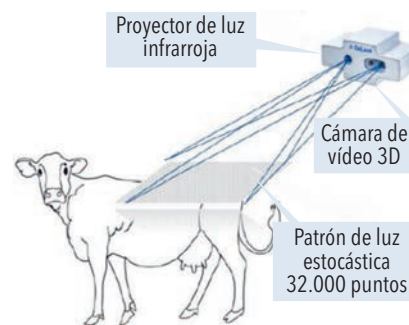
Fuente: Krukowski M., 2009

En los métodos de puntuación tradicionales, son necesarias valoraciones tanto visuales como táctiles de los cuartos traseros y entrañan cierto grado de subjetividad propio de cada observador y suponen un coste de trabajo importante para tener suficientes datos por animal de manera que permitan observar las progresiones o tendencias.

En DeLaval elaboraron un sistema de medición totalmente automatizado para evaluar la condición corporal de una vaca de leche en cualquier momento del ciclo de producción. El sistema se basa en la utilización de cámaras y análisis de imágenes tridimensionales. La cámara se coloca en una zona de tránsito del animal y captura a cada paso una imagen tridimensional de la grupa del animal (figura 8).

El sistema construye el índice (BCS) diario utilizando un algoritmo que analiza los datos de los siete días previos. El valor será más fuerte cuanto mayor número de pasos por vaca se produzcan cada día. El método utilizado minimiza la variación técnica y muestra una curva continua de la BCS de cada vaca y lactación. En el sistema informático

Figura 8. Localización y zona de enfoque de la cámara de medida de la condición corporal (detalle de DeLaval)



► HOY EN DÍA PODEMOS MEDIR LA CALIDAD DE LA LECHE CON DIFERENTES SENSORES Y PODER DETECTAR PRESENCIA DE SANGRE, DETECCIÓN DE LECHE ANORMALES, COMPOSICIÓN DE LA LECHE, ETC.

DelPro (DeLaval) se pueden consultar todos los datos históricos diarios y tendencias tanto de vacas individuales como de grupo y controlar si las tendencias a lo largo del tiempo están en el margen de los valores superior e inferior objetivo para cada fase de la lactación (figura 9).

CALIDAD DE LA LECHE. SENSORES MULTIESPECTRALES

Los sensores multiespectrales son dispositivos que trabajan con la luz que los cuerpos reflejan. El espectro de la luz es muy amplio, pero la parte de la luz visible que podemos detectar con nuestros ojos es muy pequeña (figura 10). La parte imperceptible para nuestros ojos guarda mucha información que tiene múltiples aplicaciones, sobre todo en la parte infrarroja. Hoy en día tenemos la capacidad de medirla con diferentes sensores y, a partir de ahí, hacer extrapolaciones en muchos sectores; en el caso concreto de la ganadería pueden detectar presencia de sangre, detección de leches anormales, composición de la leche, etc.

Los sensores infrarrojos utilizados en la mayor parte de las aplicaciones en ganadería emiten una luz compuesta de tres fuentes primarias: rojo, verde y azul. Los tres colores son generados por un sistema a base de *leds*, se proyecta hacia la leche y un sensor óptico localizado muy cerca de la fuente de emisión mide la cantidad de luz reflejada.

Una vez que la vaca entra en la sala (p.ej., Afimilk) o en el robot de ordeño (p.ej., Lely) es identificada y todos los datos relativos a las características de la leche son vinculados directamente con el resto de los datos del animal; si la leche es normal y blanca, los tres componentes de la luz estarán igualmente representados aunque la cantidad de luz reflejada será mayor o menor para diferentes vacas. La

Figura 9. Gráfico de la BCS del rebaño a lo largo de la lactación

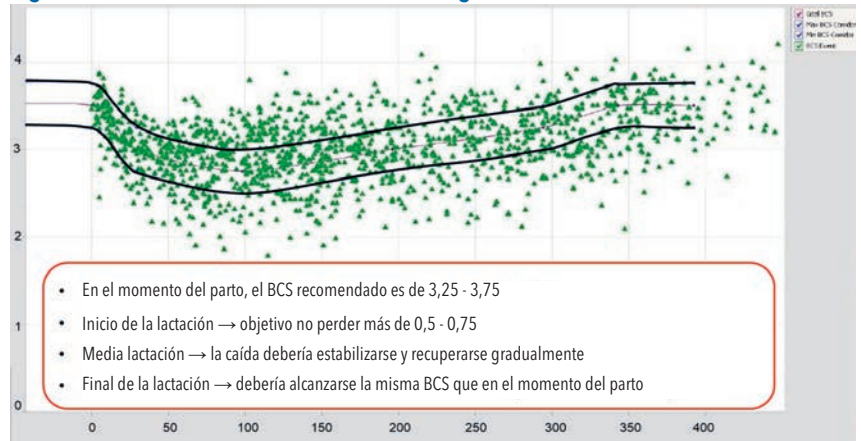


Figura 10. Espectro electromagnético. Radiación infrarroja

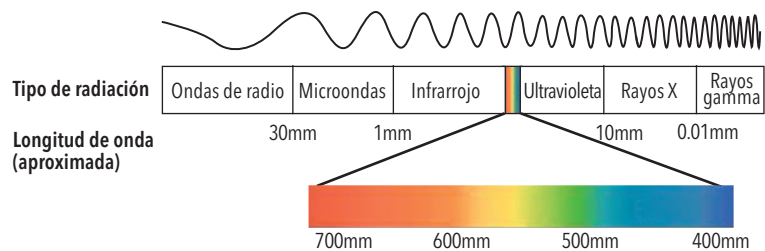
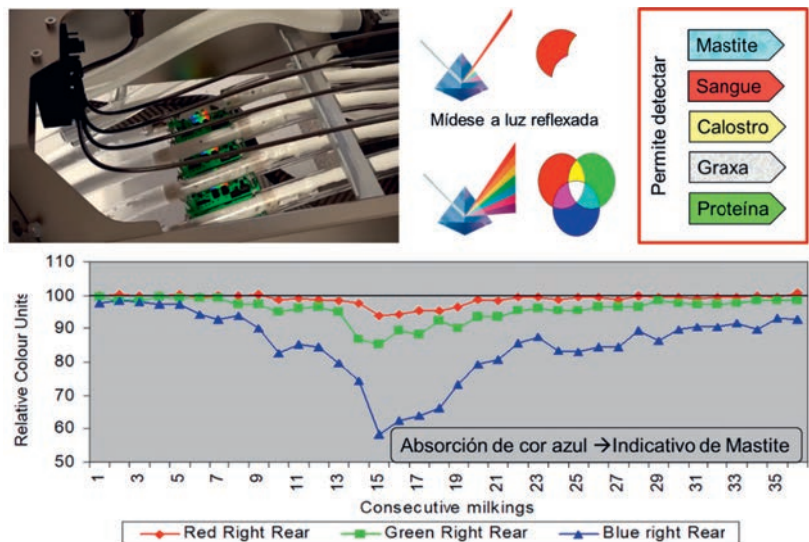


Figura 11. Sensores de infrarrojos utilizados para determinar características de la leche



Adaptado de diversas fuentes de Lely

leche de color amarillo mate, como calostros o leches con mastitis, absorben en mayor medida la fuente primaria de color azul, mientras que la presencia de sangre absorbe el color rojo (figura 11). También es posible, tras la realización de un calibrado previo, determinar la grasa y proteína de la leche. La importancia de la determinación de grasa y proteína no

viene determinada tan solo por su papel en el sistema de pagos por calidad de la leche sino también porque pueden ser detectados cambios bruscos de tendencias, e incluso fenómenos de "inversión" en la relación entre la grasa y la proteína, ya comentados en el epígrafe dedicado a la rumia, relacionados con desequilibrios en la alimentación del ganado. ■