

Tecnología inteligente para responder a las necesidades del sector vacuno de carne

En el contexto en el que la sostenibilidad, el bienestar animal, la eficiencia y la calidad son aspectos cruciales para los ganaderos, las alternativas tecnológicas podrían ofrecer respuestas eficaces. De hecho, en la red europea BovINE (*Beef Innovation Network Europe*), investigadores, técnicos y ganaderos propusieron alrededor de 400 soluciones para abordar 24 necesidades prioritarias identificadas por el sector primario de la carne de vacuno. De estas soluciones, 46 están vinculadas al uso de herramientas tecnológicas, de las cuales algunas ya se están aplicando y otras podrían implementarse en un futuro cercano.

Autores con su cargo o procedencia:

Jakeline Vieira Romero. Investigadora del Dep. Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria - Universidad de Zaragoza

Virginia C. Resconi. Prof. Contratada Doctor del Dep. Producción Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Veterinaria - Universidad de Zaragoza.

INTRODUCCIÓN

La producción de carne de vacuno es una actividad de gran relevancia, con una importante contribución económica, medioambiental y social tanto en la Unión Europea como en España. En la UE en 2016, se registraron más de 370 mil ganaderías especializadas en la cría y engorde de ganado vacuno para carne. España, por su parte, representaba aproximadamente 14% de ese total, con más de 53 mil ganaderías dedicadas a esta actividad (European Parliament, 2022). Sin embargo, el sector se enfrenta a numerosas críticas, incluyendo las relacionadas con el impacto ambiental, las emisiones de gases de efecto invernadero y cuestiones de bienestar animal; junto a desafíos internos, como la viabilidad económica de la ganadería o la necesidad de reducir la carga de trabajo.

Ante estos desafíos y con el objetivo de proponer soluciones, la red BovINE (*Beef Innovation Network Europe*) financiada por la UE (H2020-RUR-2019-15), se estableció en Alemania, Bélgica, España, Estonia, Francia, Irlanda, Italia, Polonia y Portugal. La metodología de trabajo implicó la identificación de las necesidades prioritarias de los ganaderos y la búsqueda de alternativas que ya se utilizan en la práctica o que se encuentran en fase avanzada de desarrollo (Lynch *et al.*, 2022). La red se organiza en cuatro áreas temáticas: Resiliencia Socio-Económica, Salud y Bienestar Animal, Eficiencia de Producción y Calidad de Carne y Sostenibilidad Medioambiental; cada una dirigida por un socio académico en las que participaban asociaciones de ganaderos, investigadores y técnicos, a nivel transnacional. En total, se identificaron las 24 necesidades que se muestran en la Figura 1.

Como resultado final, se propusieron alrededor de 400 alternativas dando respuesta a esas necesidades prioritarias de los ganaderos. Entre ellas, 46 están vinculadas al uso de herramientas inteligentes, que pueden asistir al ganadero en la toma de decisiones estratégicas al proporcionar datos acumulados y en tiempo real. Permiten anticipar problemas y mejorar tanto el modo de trabajo como los resultados de su empresa ganadera.

Para evaluar la viabilidad y fomentar el intercambio de conocimientos sobre las innovaciones propuestas se llevaron a cabo demostraciones prácticas y discusiones en grupo, tanto en encuentros presenciales como virtuales. A continuación, se exponen algunas de las soluciones propuestas en relación con herramientas inteligentes que se espera que contribuyan a impulsar la sostenibilidad del sector de carne de vacuno.

Vallado virtual

Una de las soluciones innovadoras propuestas para identificar “Herramientas de monitorización animal” para reducir la carga de trabajo del ganadero fue el vallado virtual. Este sistema suele implicar el uso de collares equipados con sensores GPS, los cuales emiten señales acústicas de intensidad progresiva cuando el animal

se acerca al límite virtual. Si el animal ignora estas primeras señales, se produce una vibración o una pequeña descarga eléctrica, y de esta manera el animal aprende que esas señales iniciales indican que no debe continuar su movimiento hacia adelante.

En un webinar organizado en el marco del proyecto BovINE (Figura 2), el catedrático Alfonso Abecia, de la Universidad de Zaragoza, presentó un prototipo que se desarrolló para su uso en regiones del Pirineo aragonés (e-barana); mientras que Russ Carrington (Knepp Regenerative), compartía sus experiencias con un dispositivo comercial que está utilizando en un proyecto de restauración del ecosistema natural en Reino Unido.

La tecnología se propone como prometedora, identificándose ventajas como su flexibilidad y dinamismo, ya que los límites en el terreno se pueden establecer fácil, rápida y remotamente a través del teléfono móvil o una tableta. Posibilita tareas que antes eran inalcanzables o difíciles de realizar, como "cercar" áreas de alta montaña, vigilar constantemente los animales o evitar el acceso de los animales en áreas peligrosas o restringidas.

Al no requerir barreras físicas, el vallado virtual reduce la mano de obra y otros costes relacionados: no es necesario instalar, reparar o mover el cercado. Además de sustituir estructuras físicas, este sistema permite reagrupar o mover el ganado remotamente, ahorrando tiempo y esfuerzo. También puede ser una herramienta útil para la gestión de pastos, permitiendo economizar en suplementos alimenticios o aumentar la carga animal en una determinada área. Adicionalmente, los animales están localizados y se podrían prevenir problemas de salud, entre otros beneficios.

Se señaló que los animales aprenden a utilizar el sistema rápidamente, en tan solo una semana. No obstante, es importante destacar que no reemplaza la labor de supervisión presencial para garantizar condiciones adecuadas para los animales, como el asegurar lugares con sombra, entre otros aspectos. Por otro lado, es importante tener en cuenta la duración y el coste del suministro de energía del collar, siendo las baterías solares una opción que proporciona una autonomía de hasta un año.

Si bien se dispone de sistemas comerciales en Europa, como Nofence de Noruega y Halter del Reino Unido, los ganaderos consideran que el coste es alto. En España, se sugiere que las autoridades proporcionen apoyo financiero a los ganaderos para implementar estos sistemas, especialmente en regiones vulnerables a los incendios forestales. Esto facilitaría el uso del ganado como medida preventiva al actuar como cortafuegos.

Pesaje individual automatizado

El peso del ganado está sujeto a importantes fluctuaciones durante la fase de cebo, y sin un monitoreo adecuado de los datos, la productividad puede ser inferior a la deseada. El registro automático del peso de cada animal ofrece una buena oportunidad para monitorizar el rendimiento productivo, ajustar las necesidades de alimentación y anticiparse a problemas que puedan estar afectando a los animales; todo ello, sustituyendo al pesaje manual que además de laborioso, supone un estrés para los animales.

Durante el proyecto BovINE se llevaron a cabo demostraciones de sistemas de pesaje automatizados en granjas de ganado vacuno por Europa (Figura 3). En España, Irlanda, Italia y Polonia las demostraciones se hicieron con sistemas de pesaje integrados delante de bebederos, mientras que, en Bélgica, el sistema estaba integrado en un comedero. Los datos de cada animal identificados electrónicamente se registran cuando entra para beber o alimentarse sin necesidad de ser conducidos a una instalación de pesaje, permitiendo la obtención de datos más frecuentemente. Los ganaderos pueden visualizar los datos en tiempo real en su teléfono móvil, tableta u ordenador.

Este control periódico posibilita determinar el momento de sacrificio económicamente óptimo para cada animal, reduciendo gastos en alimentación y alojamiento. Además, facilita la detección temprana de problemas de salud o de situaciones como el bloqueo del acceso al comedero por dominancia y facilita la monitorización de la conversión alimentaria. Por otra parte, los animales suelen adaptarse al sistema en uno o dos días y con cuatro días es posible tener una estimación muy razonable del peso del animal. Sin embargo,

para obtener una estimación de la ganancia diaria promedio, se necesitan al menos 10-12 días, según la experiencia del sistema testado por el profesor Francisco Maroto de la Universidad de Córdoba que compartió durante un encuentro celebrado en la FIGAN de Zaragoza en 2021, con ganaderos, técnicos e investigadores del sector (<https://www.youtube.com/watch?v=g76vefTYsCM&t=11s>).

Como obstáculos para su implementación, se detectaron la necesidad de capacitar al operario, para el manejo de las balanzas y del software, así como para realizar el mantenimiento y la calibración. Además, es importante mantener la instalación de pesaje limpia para evitar interferencias en las mediciones. Esto puede requerir mano de obra para limpiar el corral y la caja de pesaje, así como la necesidad de tener acceso a electricidad cercana al corral. Puede ser también limitado el número de animales por corral en algunos sistemas (hasta 10 animales). Se menciona también como limitación la necesidad de una alta inversión inicial, pero si se toman decisiones acertadas en relación al momento óptimo del sacrificio y se pueden llevar a cabo a nivel práctico, se puede ahorrar 1.818 €/lote de 40 terneros, según una simulación que mostró F. Maroto en base a datos reales de una granja de cebo del sur de España. Algunas empresas, además, ofrecen alternativas como el alquiler de equipos o la utilización de varios lotes de animales por equipo.

Eficiencia alimentaria

Además de reducir los costes de producción, esta mejora también tendría un impacto positivo en la minimización del impacto ambiental de la producción de carne de vacuno y en el aprovechamiento más eficiente de los recursos disponibles.

Ganaderos de Portugal tuvieron la oportunidad de presenciar una demostración práctica del sistema de alimentación automatizado (Control de Ingesta de Forraje (RIC) de Hokofarm Group) en el Centro de Testaje de la Raza Mertolenga, en la finca Currais e Simalhas (Portugal), gestionado por la Asociación de Ganaderos de Bovinos Mertolengos (ACBM) (Figura 4). Este sistema permite registrar la ingesta de alimento de cada toro joven diariamente, lo que ayuda en la selección de futuros toros reproductores y en la mejora genética de la población de esa raza. Se ha observado que las diferencias en la ingesta de alimento entre animales pueden ser mayores de lo esperado, que una alta tasa de crecimiento después del destete no garantiza la eficiencia alimenticia y que las diferencias en los valores de ingesta de alimento residual pueden afectar el rendimiento productivo y el impacto ambiental.

Detección automática del celo

La detección del celo es esencial para determinar el momento óptimo para la inseminación artificial, así como en rebaños de cría natural para documentar la pubertad, el apareamiento y la repetición del celo en hembras vacías. La detección convencional del celo depende de la observación del comportamiento de los animales, lo que consume tiempo y requiere experiencia. Para abordar esta dificultad, se han desarrollado herramientas automatizadas, que se proponen como una de las soluciones para abordar una prioridad de los ganaderos: “Optimización del número de terneros por vaca y año”.

Una de estas herramientas son los sensores electrónicos que registran el comportamiento específico del celo, como la monta. Otras herramientas miden la actividad global de la vaca, que aumenta durante el celo. También se han desarrollado dispositivos que miden cambios en la temperatura corporal, como sensores vaginales o bolos ruminales. Una combinación de medidas, como la actividad, la temperatura y la conductividad vaginal, ha demostrado ser más efectiva para detectar el celo en comparación con un solo parámetro. El mercado europeo dispone de una variedad de sistemas comerciales, como “Ixorigue” y “SmartVel” de España, “Heatime Pro collars” de Francia, “e-stado®” de Polonia, y “Moocall HEAT” y “MoonSyst” de Irlanda.

Según la opinión recabada en el proyecto BovINE, los ganaderos reconocen el potencial de estas herramientas para mejorar la eficiencia reproductiva al identificar vacas problemáticas y para planificar mejor el momento de los partos. Un ganadero en Irlanda adquirió la tecnología Moocall Heat que utiliza un collar en un toro vasectomizado que mide su actividad y proximidad a las vacas identificadas electrónicamente, detectando cuando están en celo. Este sistema facilitó la transición a la inseminación artificial en su ganadería, aumentando la calidad de los sementales, y logró reducir el intervalo entre partos y mejorar la vitalidad del ternero nacido y su ganancia media diaria.

Sin embargo, la inversión al adquirir el equipo y la suscripción anual para algunas herramientas y softwares fueron citados como los principales obstáculos. La integración de múltiples funciones adicionales en estos dispositivos, como la detección del parto, problemas de salud y ubicación del animal, puede aumentar su utilidad y valor para los ganaderos. La implementación inicial también puede ser desafiante debido al aprendizaje que requiere y aunque los ganaderos reconocen la importancia de estos sistemas para reducir la carga de trabajo en comparación con otros sistemas no automatizados, puede implicar mano de obra para mover los collares entre vacas, en ciertas herramientas.

Asimismo, en áreas pequeñas donde los animales no se mueven lejos unos de otros, es difícil evaluar los datos de proximidad, y el manejo frecuentemente de las vacas, puede registrar falsos positivos. Si la cobertura de internet es limitada, puede haber pérdida de datos y también es posible la pérdida de identificadores electrónicos y collares, que afecta más a granjas fragmentadas. Además, la duración de la batería es una consideración importante para garantizar el funcionamiento continuo de los dispositivos. Aunque algunas de estas limitaciones pueden resolverse, la utilidad y la rentabilidad de estas herramientas varían según cada caso.

Alarmas de parto

El seguimiento del parto es importante para garantizar la salud y el bienestar tanto de la madre como del recién nacido, por eso el monitoreo automatizado fue una de las soluciones propuestas en BovINE. La tecnología contribuye a reducir la mortalidad de los terneros al permitir una intervención oportuna en caso de complicaciones durante el parto, así como a optimizar el manejo del rebaño y garantizar un inicio de vida saludable del ternero. Los sistemas son variados, e incluyen la medición de la temperatura (intravaginal, superficie de la base de la cola, superficie del oído o retículo-ruminal), de signos conductuales (rumiación, alimentación, actividad, levantamiento de la cola) o de la expulsión del dispositivo introducido en la vagina, por ejemplo, con la inclusión de un sensor de iluminación o de temperatura.

En Bélgica, donde predomina el ganado de raza Azul Belga, aproximadamente el 50 % de las explotaciones ganaderas de vacas nodrizas emplean sistemas de alarmas de parto, siendo “CowsOnWeb” y “Vel'Phone®” los dispositivos más empleados. Estas herramientas no solo reducen la tasa de mortalidad, sino que también optimizan la gestión del tiempo de trabajo y aumentan la eficiencia reproductiva. Un ganadero en Irlanda que cría 50 vacas nodrizas, principalmente de raza Limousin, Belgium Blue y Angus cruzadas, utiliza el sensor de parto “Moocall”, y comentó que le permite salvar hasta 2 terneros por año, contribuyendo a la sostenibilidad económica y a mejorar el bienestar animal.

En sistemas productivos donde las vacas en periodo de parto están alojadas en espacios reducidos, la observación visual de los signos externos se facilita mediante video vigilancia como “FarmCam HD”. Aunque no es automático, permite a los ganaderos observar a los animales a distancia y actuar rápidamente en caso de dificultades. El sistema ofrece visión nocturna, detección de movimiento y grabación de video y sonido y enviar notificaciones y alarmas. Con una cámara resistente al agua y un diseño robusto, garantiza durabilidad. El principal reto es la ubicación de las antenas en el exterior ya que tiene 1.250 m de alcance máximo en línea de visión libre.

Termografía infrarroja para el diagnóstico de cojeras

Las cojeras representan un grave problema en algunas granjas y la detección temprana es crucial para evitar consecuencias negativas en el rendimiento productivo y bienestar animal. Sin embargo, detectar cojeras en terneros de cebo no es sencillo, y debido a que estos animales suelen moverse menos que vacas lecheras, se dificulta aún más la detección. Por eso, se consideró la termografía infrarroja como una solución eficaz para reducir este problema.

Esta tecnología permite identificar signos patológicos subclínicos facilitando así un tratamiento temprano. Su eficacia se ha demostrado en granjas comerciales en Alemania y Bélgica como actividades incluidas en el marco del proyecto BovINE. Se observaron diferencias térmicas en las pezuñas afectadas y se reconoce como una metodología que no requiere una manipulación excesiva del ganado. Por razones de calidad, las imágenes térmicas deben tomarse a corta distancia (aproximadamente 2 m), preferiblemente en una superficie plana. Además de la pezuña o pata sospechosa, se deben tomar imágenes de una pata o pezuña no afectados para su comparación. La cámara termográfica, según las características puede costar 400 €, y se puede también añadir un sistema infrarrojo a un *smartphone* (Figura 5).

Otras herramientas

BeBoP - Evaluación del bienestar animal

Respondiendo a la necesidad “Herramientas para medir y comunicar bienestar animal”, se propuso en Francia el sistema BeBoP, que tiene como objetivo evaluar, mejor y de manera más rápida, los estándares de bienestar animal en granjas de cebo. La herramienta representa una solución innovadora y sencilla que utiliza inteligencia artificial para analizar el comportamiento de los terneros, los cuales son registrados por cámaras. Esto mejora la precisión en la evaluación de los indicadores comportamentales de bienestar. Esa innovación se implementó en 10 cebaderos comerciales franceses en 2022.

Clasificación de canales automática

La clasificación mediante sistemas automatizados de las canales se propuso como una solución para responder a la necesidad “Métodos para garantizar una distribución más justa del precio final a lo largo de la cadena de suministro/alimentación”. En la página web de la red BovINE se muestra un matadero de Polonia que clasifica las canales utilizando dispositivos de inteligencia artificial, que proporciona información directa a los ganaderos y se utiliza para establecer el precio de las mismas. Se espera que, para finales de 2024, aproximadamente el 50 % de las canales de vacuno en Polonia sean clasificadas mediante sistemas automatizados.

Cantidad de grasa intramuscular

En Europa, la clasificación de las canales implica la valoración de la conformación y engrasamiento, pero no el veteado. Sin embargo, el interés en carnes con grasa visible está creciendo. Meat@ppli es una aplicación para smartphones que mide la grasa intramuscular y total de un corte de carne en la sexta costilla a partir de su foto, que se puede tomar en la canal, dando información en tiempo real, de manera confiable, económica y no destructiva (Figura 6). Esta tecnología responde a la prioridad de identificar “Herramientas para evaluar la calidad de la canal y de la carne” del proyecto BovINE.

La aplicación está todavía desarrollándose para que sea más precisa y para incorporar una valoración automatizada de una nueva escala de veteado desarrollada en Francia, del 1 (sin grasa intramuscular visible) al 6 (alto veteado). Esta herramienta permitirá clasificar las canales según el interés comercial y fenotipar varias canales útiles para la selección futura de animales que ayude a mejorar el rendimiento y la calidad de

la carne. El proyecto Meat@ppli fue liderado por Jérôme Normand de IDELE (Institut de l'Elevage) en colaboración con INRAE (Institut National de Recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) y el Instituto Pascal (unidad de investigación conjunta de la Universidad Clermont Auvergne, CNRS y Clermont Auvergne INP).

Drones para el mapeo de aves de pradera

Desde Bélgica se presenta en la web del proyecto BovINE resultados experimentales sobre el uso de drones equipados con cámaras termográficas para mapear aves de pradera. Esta tecnología busca mejorar la biodiversidad en las explotaciones ganaderas sin requerir grandes inversiones, tomando como ejemplo el sistema que ya se utiliza en Países Bajos.

Gafas de realidad virtual

En Alemania, tras un detallado estudio de la visión del ganado, investigadores y especialistas del Centro de Educación Agrícola de la Cámara de Agricultura de Baja Sajonia (LWK) en Echem han desarrollado unas gafas de realidad virtual que permiten al usuario ver su entorno como lo vería una vaca. Esta innovación permite una comprensión más profunda de los animales durante su manejo y la oportunidad de visualizar cómo percibiría una vaca su entorno en diversas situaciones, como al entrar en un espacio cerrado como un establo de ordeño, o al pasar de un entorno iluminado a otro oscuro. Esta perspectiva permite comprender la reacción de los animales en diferentes escenarios, lo que contribuye a mejorar las instalaciones para un manejo más respetuoso y prevenir situaciones peligrosas, mejorando la seguridad tanto del ganado como de sus cuidadores.

CONCLUSIÓN

Este trabajo presenta un resumen del material recopilado durante el proyecto BovINE relacionado con herramientas tecnológicas que actualmente se emplean o podrían implementarse en los próximos años por el sector vacuno de carne. Estas herramientas tienen el potencial de contribuir a mejorar la eficiencia, sostenibilidad, calidad del producto, así como el bienestar tanto animal como humano.

Agradecimientos: Se agradece a los socios y colaboradores que participaron en el proyecto. El proyecto BovINE (No:862590) fue financiado por el Programa de Renacimiento rural Horizonte 2020 de la Unión Europea (H2020-RUR-2019-15).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lynch *et al.* 2022. Sustainability 14: 4446.
- European Parliament. 2022. European Union beef sector: Main features, challenges and prospects. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2022\)733676](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2022)733676)







Área temática	Año 1	Año 2	Año 3
 Enfoques de planificación empresarial a largo plazo	Gestión de la volatilidad de los precios y del flujo de caja	Iniciativas para mejorar la imagen de la carne de vacuno	Métodos para garantizar una distribución más justa del precio
 Salud y bienestar de los terneros recién nacidos	Cojeras en toros de engorde	Sistemas de alojamiento económicamente eficientes	Piensos alternativos para reducir los altos costes de materias primas
 Herramientas de monitorización animal	Uso de los datos para mejorar la calidad de canal y carne	Herramientas para medir y comunicar bienestar animal	Chequeo de la salud de los animales jóvenes en la explotación
 Estrategias para reducir la emisión entérica	Reducción de la lixiviación de nutrientes y pesticidas	Efecto de la alimentación y el estrés sobre la calidad de la carne	Capacitación en bienestar animal para los operadores/ganaderos
 Programas de recompensas objetivos medioambientales	Secuestro de carbono	Optimización del número de terneros por vaca y año	Herramientas para evaluar la calidad de la canal y de la carne
 Optimización del número de terneros por vaca y año	Programas de recompensas objetivos medioambientales	Estrategias para mejorar la calidad de la carne	Cálculo y mejora de la sostenibilidad medioambiental
Reducción de la lixiviación de nutrientes y pesticidas	Secuestro de carbono	Métodos para mejorar la biodiversidad	Métodos para mejorar la biodiversidad

Figura 1. Necesidades prioritarias de los ganaderos de vacuno de carne en Europa identificadas en el proyecto BovINE. Las soluciones propuestas para cada necesidad se pueden consultar en: <https://hub.bovine-eu.net/>



Figura 2. Webinar sobre vallado virtual. Está disponible en YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=abQnmT4wWTo&t=151s>



Figura 3. Demostraciones del sistema de pesaje automático para ganaderos en Bélgica, España, Irlanda, Italia y Polonia.



Figura 4. Demostración del sistema de alimentación automatizado en una granja experimental en Portugal. Se puede ver en <https://www.youtube.com/watch?v=qBAzjupwJLI&t=325s>

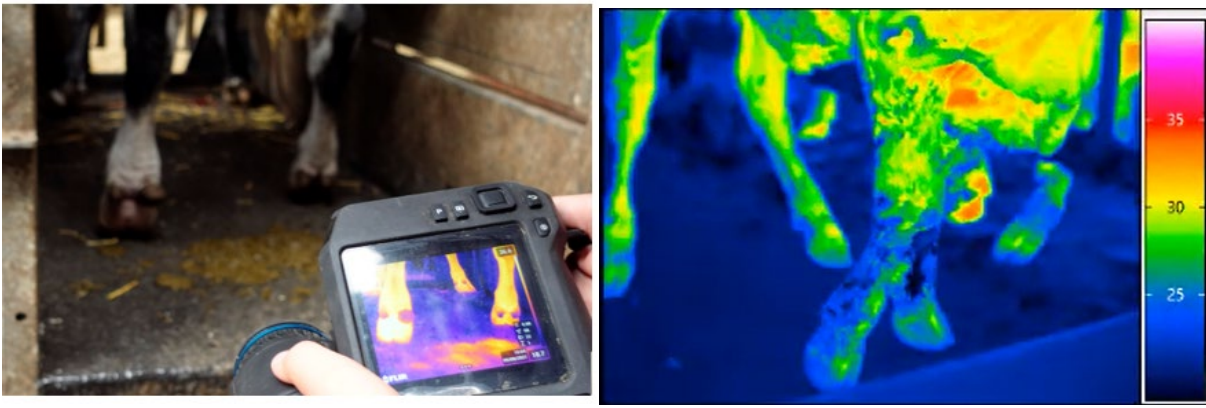


Figura 5. Demostración en granja de cámaras termográficas para el diagnóstico de cojeras en Alemania y Bélgica. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=7QWJuZyvpno>.

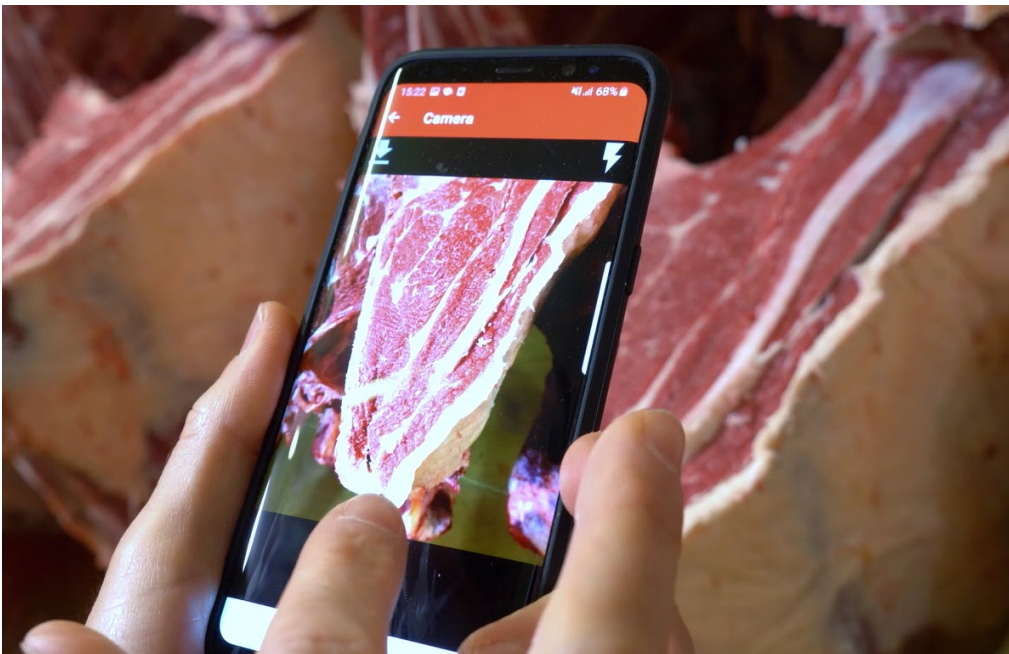


Figura 6. Meat@ppli, una aplicación para evaluar la cantidad de grasa intramuscular y total de la carne.