



Presente y futuro del ordeño mecánico

Introducción

Aunque el último año ha supuesto un cierto alivio en la difícil situación económica y de rentabilidad del sector del vacuno de leche, este sector vive en una situación difícil que podríamos definir como casi permanente, tanto por los bajos precios percibidos por el ganadero como por el incremento del coste de las materias primas y, en los últimos años, de la energía.

Sin embargo, sigue siendo un sector en continua evolución y progreso, con una gran capacidad de **resiliencia**, un término de nuevo uso que, los que tenemos ya algunos años, hablábamos de capacidad de afrontar circunstancias adversas, sobreponerse a ellas y salir fortalecido; como vemos, ahorramos palabras con la nueva terminología. El objetivo de esta evolución y progreso es el de ser más eficiente y poder obtener más y mejores resultados con menos recursos.

Nuestra visita, este año, a dos importantes ferias ganaderas, FIGAN (Zaragoza, España) y SOMMET (Clermont-Ferrand, Francia), permite reafirmarnos en ello. En estas Ferias podemos comprobar como el sector ganadero, en general, y el de vacuno de leche, en particular, exhiben "músculo" y están en la vanguardia del uso de nuevas tecnologías para la mejor alimentación de los animales, el uso más eficiente de los recursos, la generación de energía, etc.

Y el ordeño, tarea esencial en una ganadería de producción de leche, no es en absoluto ajeno a esta situación. Podríamos decir, incluso, que el or-

deño está en la vanguardia de este progreso tecnológico del que hablamos.

El coste y, sobre todo, la escasez de mano de obra, consecuencias del vaciamiento poblacional del medio rural, de la urbanización de la sociedad y del lógico deseo de vivir cada vez mejor y con menos esfuerzo, obliga a desarrollar herramientas, instalaciones y sistemas que puedan hacer lo que hasta ahora venían haciendo los ganaderos y/o operarios. Por otra parte, el tamaño cada vez mayor de las granjas no permite que la mano de obra (como decimos, cada vez menor) pueda llevar el control y observación del ganado de la misma manera que se hacía en las granjas familiares, de pequeño tamaño. Es preciso apoyarse en la tecnología para obtener información de lo que está sucediendo en la granja, en tiempo real, para así tomar decisiones rápidas y eficientes y minimizar y acortar las situaciones que conllevan una menor producción del ganado.

Las dos imágenes (Figura 1 y Figura 2, siguiente página) que mostramos están separadas por apenas 50 años, y son una buena muestra de lo que comentamos en esta Introducción.

Quizá la primera de las imágenes es la que ahora algún responsable político, aún en funciones, cuando aboga por la promoción de la ganadería familiar.

Ordeño de precisión

En los eventos citados hemos podido comprobar la relevancia que va teniendo la automatización y robotización de las granjas, y las de vacuno lechero, en particular.

También hemos tenido ocasión de asistir a alguno de los numerosos "webinar" que se han impartido en los últimos años, y en ellos también se pone

Antonio Callejo Ramos. Dr. Ingeniero Agrónomo.
Dpto. Producción Agraria E.T.S.I. Agronómica, A. y
de B.-U.P.M. - antonio.callejo@upm.es

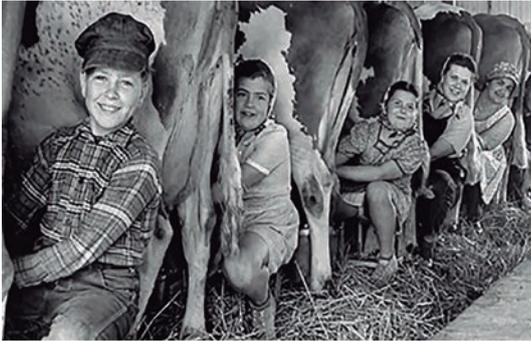


Figura 1



Figura 2

de manifiesto el necesario papel que la tecnología más avanzada está teniendo en la gestión de las ganaderías, y no hemos hecho nada más que empezar. La llamada Ganadería de Precisión ha venido para quedarse. En este contexto, podríamos hablar también de "ORDEÑO DE PRECISIÓN".

El **ordeño de precisión** va más allá del ordeño robotizado, al proporcionar información sobre el progreso del ordeño, pero también sobre la leche recolectada y la salud de la ubre (cantidad de leche, cinética de ordeño, conductividad de la leche, recuento de células, dosificación de los componentes de la leche). Ciertos marcadores de salud, no relacionados con el ordeño en sí, también se pueden analizar en la leche (Beta-hidroxibutirato, lactato deshidrogenasa, progesterona). La información se puede analizar a escala de rebaño, de lotes de animales, del animal y, a veces, incluso de cada cuarto de la ubre.

El ordeño de precisión también incluye puertas de clasificación inteligentes, todos los sistemas que permiten la individualización de los parámetros de ordeño y la activación de alertas sanitarias, así como el control del funcionamiento de los equipos.

El ordeño de precisión pretende llegar a niveles que aún hoy nos pueden parecer inalcanzables. Al llevar aparejado la identificación individual de cada vaca, el ordeño puede llegar a adaptarse a las características de cada animal, como su flujo de leche, su anatomía mamaria, su estado fisiológico, su momento de lactación y su estado sanitario. Los parámetros de ordeño (duración, pulsación, nivel de vacío, etc.) pueden ser diferentes según el animal a ordeñar; a veces, incluso, según el cuarto ordeñado y, a veces, también, para un animal determinado, variable en el tiempo, a medida que avanza el ordeño.

El ordeño de precisión tiene un segundo objetivo, y es el de la recogida de información, e incluso el análisis de datos. Esto puede incluir la automatización del registro de parámetros detectables por el hombre y generalmente recogidos por el ordeñador o por el sistema de control instalado en el equipo de ordeño (identidad del animal, tiempo de ordeño, cantidad de leche, por ejemplo). El operador puede así enfocarse en supervisar el ordeño. Las mediciones realizadas también se pueden aplicar a elementos indetectables por el hombre: niveles hormonales, variaciones finas en los parámetros de ordeño, tasas proteica y butírica, etc. Estos procedimientos permiten análisis en tiempo real o en un tiempo limitado, generalmente muy reducidos en comparación con los análisis habituales.

Ordeño robotizado

El ordeño robotizado tiene ya una historia de 20-25 años. Quien esto escribe finalizó sus estudios de

Ingeniero Agrónomo en los últimos años de la década de los 80 del siglo pasado. Y en esos últimos años de carrera le empezaron a hablar del robot de ordeño como algo que estaba por llegar, en el que se estaba trabajando mucho y que sería una realidad en no muchos años. Los alumnos de entonces lo escuchábamos con cierto escepticismo y nos parecía algo cercano a la ciencia-ficción. Téngase en cuenta que no había telefonía móvil, ni internet y aún el ordenador no era una herramienta habitual... ni se les esperaba.

El escepticismo desapareció cuando comenzamos a ver robots, primero en ferias, y luego ya en las granjas, hasta el día de hoy, en que ya no nos sorprende verlos, aunque nos siga pareciendo asombroso su funcionamiento autónomo. Sin duda, el ordeño robotizado ha mejorado las condiciones de vida de los ganaderos, permitiéndoles una mejor conciliación familiar y reduciendo el grado de "esclavitud" que supone ordeñar dos veces al día (o tres) todos los días de cada año.

Los robots de ordeño que hoy ya podemos llamar "convencionales" presentan el inconveniente de complicar el flujo de las vacas en el establo, la necesidad de buscar los animales que no han entrado al robot y la dificultad de su uso en granjas grandes.

Estas limitaciones se están afrontando con dos tipos de instalaciones que tienen un elemento en común: el ordeño robotizado no se realiza en el lugar donde comen y descansan las vacas, el establo, sino en un lugar específico para realizar el ordeño, de manera similar a como se ordeña con una sala de ordeño convencional.

En el caso de las **salas rotativas**, la robotización se ha implantado, a su vez, con dos tipos de equipos. En un caso (Figura 3), las distintas operaciones a realizar (limpieza de pezones, predipping, colocación de pezoneras, retirada de pezoneras, sellado de pezones post-ordeño) son efectuadas por brazos robotizados independientes, que van actuando

Figura 3. Brazos robotizados independientes en una sala rotativa.



Presente y futuro del ordeño mecánico

sobre cada vaca según el animal pasa por su zona de trabajo. En el segundo caso (Figura 4), cada plaza de ordeño dispone de un único brazo robotizado que realiza cada una de las operaciones citadas. En algún caso, el sistema es modular, es decir, se pueden realizar el mantenimiento o reparaciones en una plaza sin afectar al resto.

Figura 4. Sala rotativa con un brazo robotizado en cada plaza



El segundo tipo de instalación, mucho más reciente es el del **ordeño robotizado por lotes**. Con este diseño, los robots de ordeño, tal y como los entendemos, es decir, un box con puerta de entrada y de salida, se colocan alrededor (Figura 5) o a lo largo de un área de espera (Figura 6) en un edificio adyacente al alojamiento del ganado.

Figura 5. Esquema del ordeño robotizado por lotes, con los robots alrededor del corral de espera (Fuente: Fullwood).

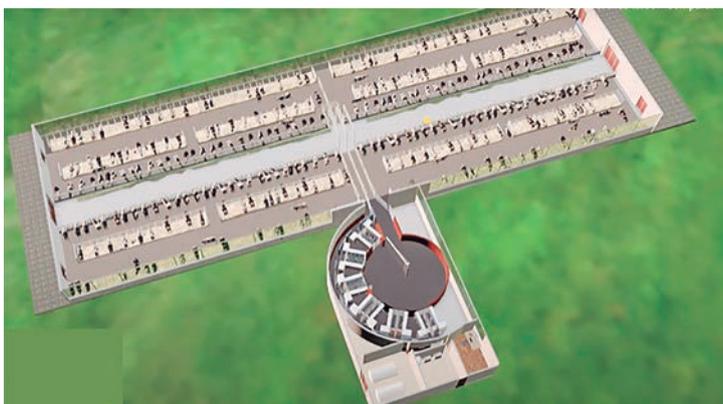


Figura 6. Ordeño robotizado por lotes, con los robots a lo largo del corral de espera (Fuente: DeLaval)



La intervención humana se limita a conducir los distintos lotes de ordeño a este corral de espera. Dado que todas las vacas se llevan a los robots como un lote, no hay necesidad de buscar (o traer) vacas individuales que no ingresaron voluntariamente a los robots. Las vacas entran a los robots según van quedando libres, aunque en algunos modelos existe una puerta de apriete que facilita esta tarea y permite, además separar las vacas finales de un grupo de las vacas del siguiente. Las

vacas salen del robot hacia un pasillo de retorno en el que se instala una puerta de selección que permite separar las vacas a las que se debe efectuar algún tratamiento individualizado.

Las vacas se ordeñan mientras, simultáneamente, todos los sensores adecuados obtienen datos para gestionar la salud, la reproducción, así como para proporcionar información relevante para el manejo de precisión y eficiencia alimenticia. Se recopila información para cada vaca relacionada con la sangre en la leche, la conductividad de la leche, el flujo y la eficiencia de la leche, el peso de producción, la proporción de producción, las proteínas, la grasa, la lactosa, la actividad de la vaca y el tiempo de descanso.

Para incorporar este sistema en una granja en funcionamiento, no es necesario modificar los establos existentes para instalar cajas de robots de ordeño dentro o junto a los corrales. Con el ordeño robotizado por lotes, pueden utilizarse las instalaciones del establo existente mientras se construye el centro de ordeño, muy probablemente al lado de la sala de ordeño actual.

El sistema se puede expandir fácilmente, ya que se pueden agregar más robots en la misma disposición si es necesario aumentar el número de vacas.

El concepto de ordeño robotizado por lotes puede ser una opción para quienes consideran el ordeño automatizado y, al mismo tiempo, desean mantener un estilo de gestión más convencional, además de adaptarse mejor a granjas con un elevado número de vacas. El ordeño en salas rotativas robotizadas no deja de ser un ordeño por lotes, si bien parece algo más complicado poder ampliar el tamaño de la sala y, con ello, el número de plazas de ordeño.

En ambos casos, hay una mayor centralización de la maquinaria e instalaciones relacionadas con el ordeño, como las bombas de vacío o el tanque de leche, así como una menor necesidad de metros de conducciones que se dan cuando se utilizan robots de ordeño del "modo convencional".

Parámetros de ordeño variables

En el primer punto señalábamos que el ordeño puede llegar a adaptarse a las características de cada animal, como su flujo de leche, su anatomía mamaria, estado fisiológico, momento de lactación o estado sanitario. Los parámetros de ordeño (frecuencia de pulsación, relación de ordeño, nivel de vacío, etc.) pueden ser diferentes según el animal a ordeñar, incluso a medida que avanza el ordeño.

Esto ya es una realidad a partir de la comercialización de sistemas que adaptan estos parámetros de ordeño al flujo de leche del animal.

Reinemann y col. (2021) publicaron un interesante trabajo donde evaluaron los efectos del nivel de vacío aplicado en el extremo del pezón según varía el flujo de leche a lo largo del ordeño sobre el rendimiento de una sala rotativa y la condición de los pezones. Utilizaron una sala rotativa convencional, aunque con toda seguridad el sistema podrá instalarse en el ordeño robotizado donde, además, esta adaptación a cada vaca y al momento del ordeño pueda incluso extenderse a cada cuarterón.

La virtud principal de este estudio, además de sus resultados, es que se desarrolló en una granja comercial de casi 900 vacas en ordeño, con rangos típicos en cuanto al número y etapa de lactación, y niveles de producción de leche; y no con un número reducido de animales, en una granja experimental y en condiciones más o menos ideales.

Presente y futuro del ordeño mecánico

También en 2021, una conocida empresa del sector organizó un symposium donde se expuso esta nueva tecnología de ordeño y donde también se mostraron los resultados obtenidos en las granjas que lo han instalado y las positivas valoraciones de los granjeros.

Vacío y flujo de leche

Una de las principales motivaciones para desarrollar el ordeño mecánico fue reducir la cantidad de tiempo necesario para recolectar la leche y, por lo tanto, reducir los requisitos de mano de obra en las granjas lecheras. Por lo tanto, los métodos para aumentar la velocidad del ordeño han sido un motivo de investigación desde el comienzo mismo del ordeño mecánico.

Los ajustes de pulsación y vacío en una sala de ordeño convencional ofrecen un compromiso entre la velocidad de ordeño y el estrés del tejido del pezón, en combinación con otras formas de aumentar la velocidad de ordeño, como el diseño de la pezonera y una preparación óptima (estimulación del ordeño). Pero no se había utilizado una estrategia de control dinámico para ajustar la configuración de la máquina durante el ordeño de un animal individual.

Para una máquina de ordeño con regulación convencional del vacío, el vacío de la línea de ordeño se mantiene en un nivel constante con un margen para desviación de hasta 2 kPa durante breves períodos de admisión de aire no intencionada, como puede ocurrir cuando se conectan unidades de ordeño o cuando una unidad de ordeño se cae de una vaca. Existe una **relación inversa entre el caudal de leche y el vacío en el colector**, donde el mayor vacío en éste se produce con el caudal de leche más bajo (Figura 7).

Esta "caída de vacío" se produce por los efectos de fricción provocados por la circulación de la mezcla de leche y aire a través del tubo largo de leche largo y al elevar la leche, en el caso de una línea de leche en línea media o alta. Por lo tanto, la tensión en el tejido del pezón es más severa durante el período de bajo flujo de ordeño, cuando el nivel de vacío en el extremo del pezón es más alto, acercándose al vacío del sistema, el que señala el vacuómetro. Se ha demostrado que la duración del período de bajo flujo de leche, durante el cual el vacío en el extremo del pezón está en su nivel más alto, tiene una influencia sustancial en las condiciones adversas del pezón observadas después del ordeño.

Los niveles de vacío del sistema de ordeño son normalmente constantes y van desde 40 kPa con tubería de leche en línea baja, hasta 48-50 kPa para línea media o línea alta; el objetivo es tener en cuenta la caída del vacío que se produce y lograr un vacío en el extremo del pezón entre 32 y 42 kPa durante el período de mayor flujo de leche, como se especifica en la norma ISO para la construcción y el rendimiento de las máquinas de ordeño (ISO, 2007) (Figura 8).

También es obvio que cada vaca tiene su propia dinámica de ordeño, tanto por el tiempo que tarda en alcanzar el flujo máximo de leche tras el inicio de la estimulación, como por el propio flujo máximo que alcanza y el tiempo que lo mantiene (Figura 9, siguiente página).

Sin embargo, la máquina de ordeño, hasta ahora, proporciona unos parámetros constantes, que obliga a realizar determinados ajustes en la rutina de ordeño. Como se sabe que entre el inicio de la estimulación, la liberación de oxitocina y la llegada de ésta a la ubre transcurren entre 60 y 90 segundos, la rutina habitual de ordeño consiste en realizar las diversas tareas de preparación a un determinado número de vacas y, tras la última de

Figura 7. Relación entre el flujo de leche y vacío en el colector (Reinemann, 2021)

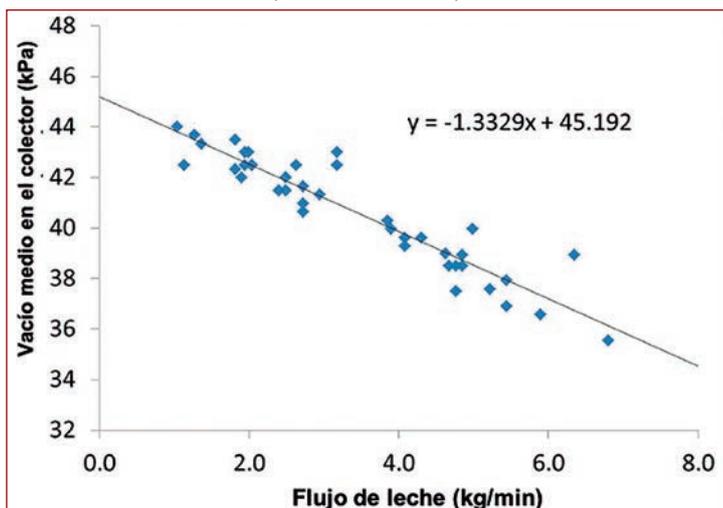


Figura 8. La relación entre vacío y flujo de leche depende de la posición y recorrido de la tubería de leche, y de la longitud del tubo largo de leche (Reinemann, 2021)

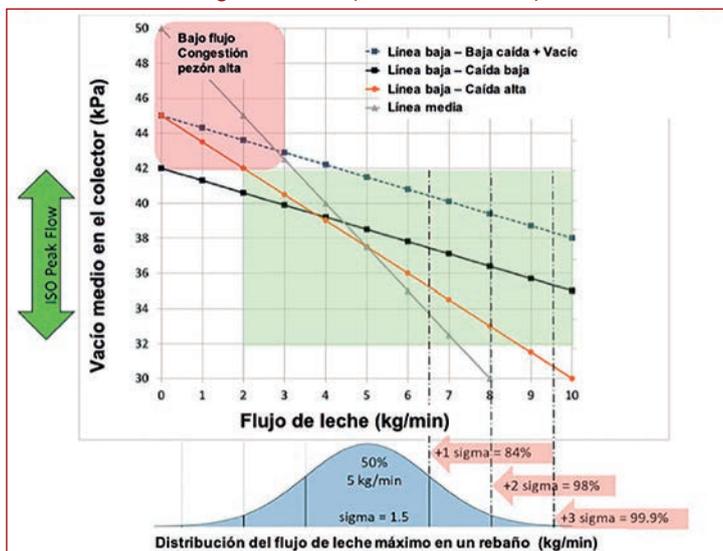
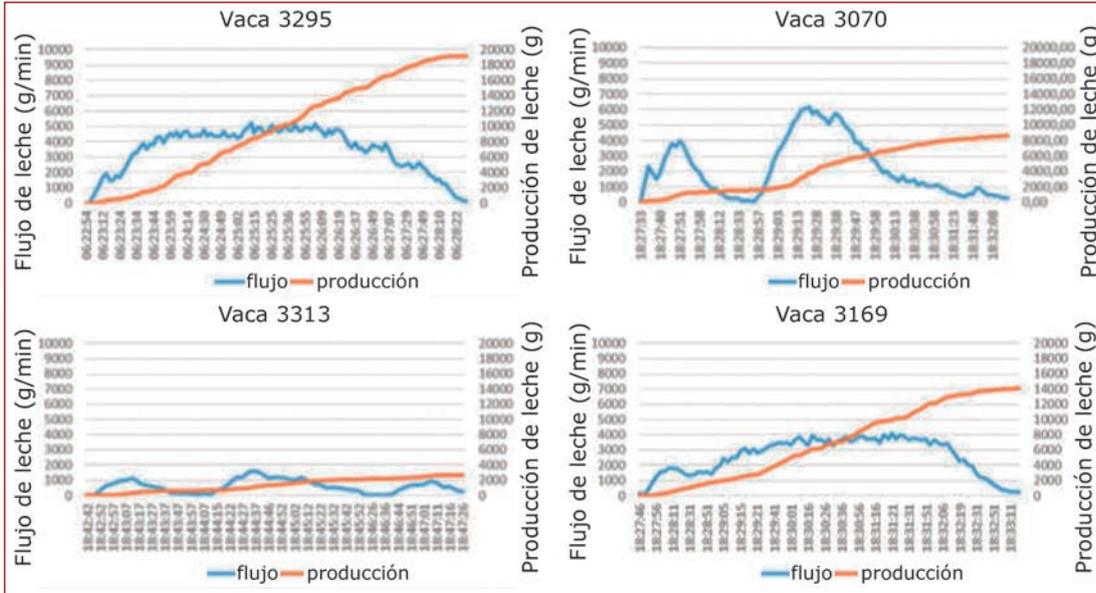


Figura 9. Cinéticas de ordeño distintas en distintas vacas (Kaeck, 2021)



ellas, volver a la primera para empezar a colocar pezoneras a esas vacas cuando se tiene la "seguridad" de que el flujo de leche va a ser elevado desde el momento de colocación, evitando así las curvas bimodales y el sobreordeño al principio del proceso.

Esta habitual forma de proceder tiene varios inconvenientes:

- Obliga a los ordeñadores a mayores desplazamientos por la sala
- El tiempo entre el inicio del estímulo y la colocación de las pezoneras no es exactamente el mismo en todas las vacas
- Se asume que la cinética de emisión de leche de todas las vacas es la misma.
- No establece diferencias entre vacas con distinto número de partos, momento de lactación o intervalo entre ordeños.

A partir de este conocimiento, los nuevos sistemas proponen ajustar los parámetros de ordeño a través de dos procedimientos:

- Estimulación ajustada al flujo de leche
- Nivel de vacío ajustado al flujo de leche

El primer sistema consiste en aplicar un vacío (34 kPa), una relación de ordeño (30:70) y una frecuencia de pulsación (50 ppm) bajos desde la colocación de las pezoneras hasta alcanzar un flujo de leche entre 200 y 500 g/min, entre 10 y 25 segundos, dependiendo de la raza de la vaca y del intervalo entre ordeños. Posteriormente, se aplicarían parámetros habituales: 44 kPa de vacío relación de ordeño 65:35 (o 70:30) y frecuencia de 60 ppm (Figura 10).

En la Figura 11 se observan las notables diferencias entre la nueva rutina de ordeño (con colocación inmediata de pezoneras tras la preparación de cada animal) y la convencional. En salas rotativas permite utilizar un solo operario en el área de colocación de las pezoneras o, en rotativas muy grandes y rápidas, colocar más próximos a los operarios sin comprometer la rutina al comienzo del ordeño.

El segundo sistema consiste en aplicar un menor nivel de vacío (42-44 kPa) mientras el flujo de leche no alcance los 2.000-3.000 g/min, según la raza y el intervalo entre ordeños. Una vez que se llega a este caudal, el vacío se aumenta hasta los 47-49 kPa, dependiendo del tipo de instalación (tubería de leche en línea baja o alta, respectivamente). Cuando el flujo de leche, al final del ordeño, des-

Figura 10. Estimulación ajustada al flujo de leche (Krausbauer, 2021)

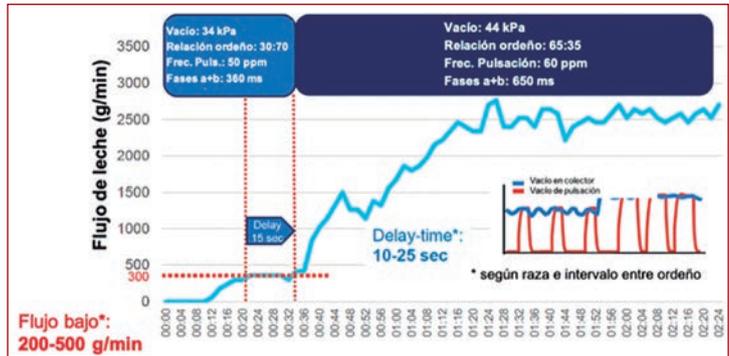
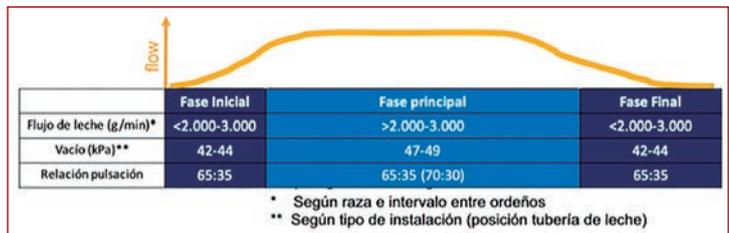


Figura 11. Representación gráfica de la rutina de estimulación según flujo frente a una rutina de ordeño convencional (Krausbauer, 2021)



Figura 12. Aplicación de diferentes parámetros de ordeño según el flujo de leche (Krausbauer, 2021)



ciende nuevamente por debajo del umbral de 2-3 kg/min, el vacío se vuelve a reducir a los valores citados previamente (Figura 12).

Durante el período de flujo elevado, el vacío es incluso mayor que el aplicado en el ordeño habi-

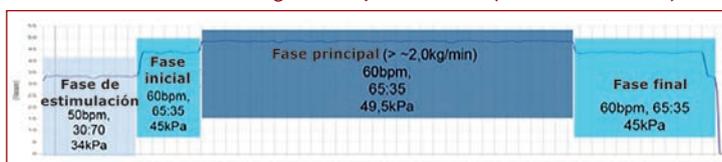
Presente y futuro del ordeño mecánico

tual, pero no se han observado aumento de daños en el pezón, pues este mayor flujo de leche ocasiona un descenso suficiente de vacío en el extremo del pezón. Bien al contrario, el menor vacío aplicado en los períodos de bajo flujo ha tenido efectos positivos sobre la condición del extremo del pezón.

Ambos sistemas pueden combinarse de la forma que se representa en la figura 13. Los resultados se resumen en:

- Rutinas más eficientes
- Menor tiempo de ordeño (4%)
- Menores desplazamientos de los operarios
- Tiempos de preparación reducidos
- Flujo máximo más alto (12%)
- Efectos positivos sobre el estado del extremo del pezón
- Flujo medio de leche más alto (4%)

Figura 13. Combinación de la aplicación de estimulación y de vacío durante el ordeño según el flujo de leche (Kalusbauer, 2021)



La reducción del tiempo de ordeño individual también permite, en salas rotativas, elevar la velocidad de rotación, lo que conduce a una mayor eficiencia de trabajo, menores costes de ordeño y una mayor ratio beneficio:coste de la inversión.

Otras novedades

Como señalábamos anteriormente, el ordeño de precisión no sólo es el ordeño robotizado en sí, sino que puede incorporar otros equipos o dispositivos de recogida y análisis de información a instalaciones de ordeño robotizadas o convencionales. Así, por ejemplo, se pueden instalar medidores de células somáticas, que se adaptan a cualquier tipo de sala. En cada sesión de ordeño y en cada animal podrían medir, además del recuento celular, el nivel de progesterona o el porcentaje de grasa y de proteína.

Alguna empresa está desarrollando equipos para el tratamiento de mamicos por medio de impulsos acústicos. De momento, los prototipos son de accionamiento manual, aunque en el futuro probablemente también puedan ser aplicados en el animal de manera automatizada o mediante un brazo robotizado.

En España hay ya alguna granja que lleva utilizando la tecnología redox como sellador de pezones tras el ordeño. Son dispositivos que mediante sal, agua y corriente eléctrica generan sustancias con distinto potencial de reducción que pueden emplearse como predipping y sellador por su poder desinfectante, con lo que el uso de productos químicos sería muy inferior al actual y con un coste inferior.

Resumen

En este trabajo hemos querido destacar el avanzado nivel tecnológico que rodea la producción de leche de vaca, al tiempo que ponemos de manifiesto las oportunidades que se abren con la aplicación de las novedades tecnológicas expuestas, en el sector del vacuno de leche.

Los objetivos son aumentar la eficiencia del proceso, ordeñando más vacas en menos tiempo y con menor necesidad de mano de obra, reducir los costes asociados al ordeño, y mejorar el bienestar del animal, al poder extraer mayor cantidad de leche con menos tiempo de permanencia de las pezoneras conectadas a la vaca y con menor tensión en los pezones al aplicar niveles de vacío más bajos y relaciones de ordeño más bajas en determinados momentos del ordeño. Ello redundará en mejor condición de los pezones y menos daño para el animal.

La tecnología se pone al servicio del ganadero para ayudarle a manejar y a gestionar su rebaño con el menor uso posible de recursos humanos, además de permitirle recoger información en tiempo real con la que tomar decisiones rápidas y eficaces.

Si buscas información sobre vacuno lechero frisón, su morfología, su genética y genómica, sus producciones...

CONAFE.COM es tu web