



Facultade de Veterinaria

Traballo de
Fin de Grao

Avaliación das melloras
produtivas e reprodutivas
coa implantación do robot
de muxido

Elio López García

Grao en Veterinaria
Ano 2019

Modalidade do Traballo: Experimental

Agás onde se faga constar explicitamente, esta obra pertence a Elio López García e está baixo unha licenza de “Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional”.



Resumo

Debido ao aumento do número de robots de muxido en Galicia nos últimos anos, no seguinte estudo analizáronse en 18 explotacións de Galicia como cambiaron os principais parámetros reprodutivos (intervalos dende o parto á inseminación fecundante e entre partos e número de inseminacións por xestación) e produtivos (producción, porcentaxe de graxa e proteína e reconto de células somáticas) obtidos a partir de datos do control leiteiro dun ano antes da instalación do robot de muxido e do segundo ano despois da instalación do mesmo. Tamén se realizou unha enquisa para coñecer a situación de antes e despois da instalación do robot así como as opinións dos propietarios das explotacións sobre o robot de muxido. Para a análise realizáronse tres ANOVA nas que se compararon os parámetros produtivos antes e despois da instalación do robot e tamén en función do modelo de robot e os parámetros reprodutivos en función de si instalara tamén detector de celos ou non. Os resultados indican que hai un incremento significativo ($p < 0,01$) na produción de leite (Kgs) dun 12,5% sen prexuízos para a calidade do leite nin para os parámetros reprodutivos, de feito hai unha tendencia á redución do intervalo entre partos e do intervalo entre parto e inseminación fecundante que se comprobou que non había relación coa presenza ou non de detectores de celo. Nos resultados da análise na que se compararon os parámetros en función do modelo (Lely A3 e Lely A4) non se observaron diferenzas significativas na produción en función ao modelo do robot pero si que se observaron diferenzas significativas ($p < 0,05$) na puntuación lineal de células somáticas. Por último, as enquisas realizadas aos xerentes das explotacións indican que o principal inconveniente é a adaptación ao robot e a principal vantaxe a diminución da man de obra.

Palabras chave: Vaca leiteira, sistema automático de muxido, produción, reprodución, saúde de ubre

Resumen

Debido a un aumento del número de robots de ordeño en Galicia en los últimos años, en el siguiente estudio se analizaron en 18 explotaciones de Galicia como cambiaron los principales parámetros reproductivos (intervalos desde el parto hasta la inseminación fecundante y entre partos y número de inseminaciones por gestación) y productivos (producción; porcentaje de grasa y proteína y recuento de células somáticas) a partir de datos del control lechero de un año antes de la instalación del robot de ordeño y del segundo año despues de la instalación del mismo. También se realizó una encuesta para la conocer la situación antes y después la instalación do robot así como las opiniones de los propietarios de las explotaciones sobre el robot de ordeño. Para el análisis de los datos se realizaron tres ANOVA en las que se compararon los parámetros productivos y reproductivos antes y después de la instalación del robot y también en función del modelo de robot y los parámetros reproductivos en función de si

se instalara también detector de celos. Los resultados indican que hay un incremento significativo ($p < 0,01$) en la producción de leche (Kgs) de un 12,5 % sin prejuicios para la calidad de la leche ni para los parámetros reproductivos, de hecho hay una tendencia a la reducción del intervalo entre partos y del intervalo entre parto e inseminación fecundante que se comprobó que no había relación con la presencia o no de detectores de celo. En los resultados del análisis que comparó los parámetros en función del modelo (Lely A3 y Lely A4) no se observaron diferencias significativas en la producción ni en la reproducción pero si que se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la puntuación lineal de células somáticas. Por último, los resultados de las encuestas muestran que el principal inconveniente es la adaptación al robot y la principal ventaja la disminución de la mano de obra.

Palabras clave: Vaca lechera, sistema automático de ordeño, producción , reproducción, salud de ubre

Abstract

Nowadays, thanks of the development of the Automatic Milking System in Galicia, the following study analyzes in 18 Galician farms how the reproductive parameters have changed (calf-fecundation insemination interval, between calfs and iseminations number) and also the productive ones (production; fat and protein percentage and somatic cells recount) from the milking control data since one year previous to it's instalation and the second year after. A survey was also conducted to know the situation before and after the installation of the robot as well as the opinions of the owners of the farms on the milking robot. For the analysis of the data, three ANOVA were performed where the productive and reproductive parameters were compared before and after the robot installation and also depending on the robot model and the reproductive parameters depending on heat detector was installed or not. The results indicates that there is a milk production increment (kgs) significant ($p < 0,01$) in 12,5%, without any prejudices about it's quality and reproduction, in fact there is a tendency to reduction of the interval between calfs and the interval between calf and fecundation insemination that was found to be unrelated to the presence or absence of heat detectors. In the results of the analysis that compared the parameters according to the model (Lely A3 and Lely A4), no significant differences were observed in the production or in the reproduction but there were significant differences ($p < 0.05$) in the linear somatic cell score. Finally, the results of the surveys made to the managers of the farms show that the main inconvenient is the adaptation to the robot and the main advantage is the decrease in the manpower.

Key words: Dairy cattle, automatic milking system, production , reproduction, udder health

Índice:

1. PORTADA	Página 1
2. LINCENZA.....	Página 2
3. RESUMO.....	Página 3
4. ÍNDICE.....	Página 5
5. ABREVIACIONES.....	Página 6
6. INTRODUCCIÓN.....	Página 7
7. OBXECTIVOS.....	Página 11
8. MATERIAL E MÉTODOS.....	Página 11
9. RESULTADOS E DISCUSIÓN.....	Página 16
10. CONCLUSIONES.....	Página 26
11. AGRADECIMENTOS.....	Página 26
12. ANEXO I	Página 27
13. ANEXO II	Página 28
14. BIBLIOGRAFÍA.....	Página 29

Abreviaciones:

Automatic milking system (AMS).

Reconto de células somáticas (RCS).

Introdución.

A introdución de tecnoloxías automáticas ou robotizadas é una tendencia crecente nos sectores agrícola e gandeiro. Ademais, desempeña un papel importante nas perspectivas futuras das explotacións leiteiras (Pezzoulo et al., 2017). O robot de muxido, coñecido internacionalmente polas siglas inglesas AMS (Automatic Milking System), é un dos cambios tecnolóxicos máis importantes nas explotacións de leite, que pode considerarse non soamente como un substituto das salas de muxido, senón tamén como un novo enfoque para xestionar as explotacións leiteiras.

Esta idea nace nos Países Baixos en torno aos anos 80, pero non foi ata 1992 cando se instalou o primeiro AMS nunha granxa comercial. No ano 2017 segundo datos de Tranel (2017) estaban funcionando máis de 35,000 unidades de AMS en todo o mundo.

A entrada dos AMS nas granxas leiteiras españolas produciuse en marzo do 2000 (Caja et al., 2002) e no 2012 xa había 205 AMS (Castro et al., 2012). En Galicia o primeiro AMS instalouse cara a finais do 2004 e a finais do ano 2009 xa había 49 instalados. E soamente no 2017 se instalaron en Lugo e Coruña en torno a 40 AMS de Lely (Lely Industries NV, Rotterdam, Países Baixos) segundo datos de Lely Center Los Corrales.

Segundo Hogeveen et al., (2004) hai 5 motivacións para que os gandeiros invistan nun AMS en lugar de facelo nun sistema de muxido convencional: 1) menos man de obra, 2) máis flexibilidade, 3) posibilidade de muxir as vacas máis de dúas veces ao día, 4) substituír a un empregado ou 5) a necesidade dun novo sistema de muxidura. Por outro lado, segundo Svennersten-Sjaunja e Pettersson (2008) a causa máis importante é a escaseza de man de obra para traballar nas explotacións leiteiras que se soluciona co AMS xa que as vacas entran soas na unidade de muxido para ser muxidas. Ademais, é unha oportunidade para aumentar a produción de leite de cada vaca xa que é posible aumentar o número de muxidos por vaca e día.

No estudo de Svennersten-Sjaunja e Petterson (2008) tamén se recollen os inconvenientes que ven os granxeiros para introducir un AMS na súa explotación sendo o principal a gran inversión inicial que supón xa que é de dúas a tres veces superior a un sistema de muxido tradicional ademais de ter que aumentar os custos en alimentación para satisfacer a maior produción.

Diversos investigadores reportaron un aumento na produción de leite dun 2 a un 12% en vacas que se moxen máis de 2 veces por día en AMS en comparación con vacas que se moxen dúas veces por día en sistemas convencionais (de Koning et al., 2002; Wagner-Storch e Palmer , 2003; Wade et al., 2004). Unha das razóns é que as vacas de alto rendemento leiteiro, combinan unha maior frecuencia de muxido con un maior rendemento por muxido o que nos indica que o comportamento de muxido voluntario e o potencial rendemento da vaca son factores

importantes a ter en conta para afirmar que o aumento da produción vai xunguido á frecuencia de muxido (Poole, 1982 e Abeni et al., 2005). É importante destacar neste punto que xunto a un aumento da produción a través do muxido máis frecuente, a concentración de graxa e proteína é lixeiramente menor ca obtida co muxidura tradicional dúas veces ao día e o nivel de ácidos graxos libres aumenta (Klungel et al., 2000; Shoshani e Chaffer, 2002).

Pola contra, outros investigadores non reportaron un aumento na produción de leite relacionada co aumento da frecuencia do muxido en AMS (Abeni et al., 2005, 2008; Gygax et al., 2007). Diversas razóns poden explicar estes resultados: por un lado as vacas primíparas non responden ao aumento da frecuencia do muxido con un maior rendemento leiteiro (De Peters et al., 1985; Abeni et al., 2005, 2008; Speroni et al., 2006); a dieta tamén pode ser un factor importante xa que as vacas que están en sistema de pastoreo ao 100% non producen máis leite cando se moxen con máis frecuencia (Jago et al., 2007); as vacas que tiveron un intervalo de muxido baixo durante o inicio da lactación non o puideron compensar con unha maior frecuencia despois do pico de lactación debido ao feito de que a frecuencia de muxido durante o inicio da lactación inflúe na dinámica celular da glándula mamaria xa que aumenta a proliferación celular (Hale et al., 2003), e ademais a apoptose, segundo estudos de Stefanon et al., (2002) parece ser sensible ao número de muxidos por día.

Aínda así, en condicións normais, a frecuencia de muxido vai ligada á produción e por iso para obter un alto rendemento é de crucial importancia ter en conta que a motivación das vacas para ser muxidas é moi baixa (Prescott et al., 1998) o que fai moi importante que xunto ao AMS as estratexias de manexo e o deseño do cortello se adapten aos cambios. A razón principal pola que a vaca visita a unidade de muxido é a súa motivación para recibir concentrado e polo tanto este é o enfoque máis común para establecer o movemento nos AMS (Prescott et al., 1998), aínda que tamén se usa a necesidade de forraxe e de descanso, para que as vacas pasen pola unidade de muxido (Hermans et al., 2003; Ketelaar de Lauwere et al., 1996; Bach et al., 2009).

A frecuencia de muxido depende, tamén, do tráfico de vacas que pasan diariamente polo robot. Forsberg et al., (2002) probaron os diferentes sistemas de tráfico: libre, semiforzado e forzado en experimentos a gran escala. Estes autores observaron que o tráfico libre daba como resultado que a frecuencia de muxido era máis baixa en comparación cos sistemas de tráfico forzado ou semiforzado. Pero hai outros factores que se deben considerar. Por exemplo, o tráfico forzado axiliza o período de aprendizaxe na fase de implantación pero a medida que os animais se van acostumando poden chegar a producirse colas de espera en fronte ao AMS, aumentando o tempo no que as vacas están de pé e diminuíndo o período de descanso. Outro factor importante relacionado con isto é o axuste dos intervalos de muxido, que deben ser moi axeitados para un

bo manexo e optimización do tráfico forzado ou semiforzado para a mellora da produtividade (Klei et al., 1997 e Osterman e Bertilsson, 2003)

Pola contra, o número de comidas foi moito maior co tráfico libre pero o consumo de alimento foi case o mesmo. Cabe destacar que no sistema de tráfico forzado só houbo 4 ou menos comidas por vaca e día. O rendemento de leite non cambiou moito pero tiña unha lixeira tendencia a ser maior no tráfico libre. Unha explicación de por que as vacas en tránsito libre tenden a ter un maior rendemento de leite pode ser que as comidas máis frecuentes resulten nunha utilización máis efectiva do alimento, o que implica que cando a frecuencia de muxido está influenciada polo sistema de tráfico debemos considerar tamén a nutrición como un factor determinante para o aumento da produción co robot de muxido (Svennersten e Pettersson, 2008).

Outra vantaxe dos AMS e a posibilidade de controlar numerosos parámetros de interese para a produción de forma continua. Os AMS miden parámetros como o rendemento produtivo e a condutividade que permite aos gandeiros predicir os cambios no estado de saúde do animal precozmente e así tomar as medidas necesarias antes de que se produzan perdas económicas importantes (Jacobs e Siegford, 2012). Ao muxir cada cuarteirón individualmente o sistema permite ao granxeiro avaliar a produción e algunhas características do leite a nivel de cuarteirón sendo isto case imposible cos sistemas de muxido convencionais. Ademais os parámetros de calidade de leite, condutividade e cor do leite tamén se poden medir regularmente ao igual que a inxesta individual de suplementos alimenticios. O recuento de células somáticas non está dispoñible en todas as marcas de AMS e xeralmente é un complemento do sistema. Tamén é posible medir o peso e a condición corporal, que está presente nos modelos máis recentes. Paralelamente, o tráfico de vacas e as visitas ao AMS sóense utilizar como indicadores do rabaño e do rendemento individual de cada vaca.

Xunto aos AMS os gandeiros tamén usan o programa de manexo proporcionado polo robot onde almacenan rexistros de saúde e reprodución para cada vaca do rabaño e é frecuente que conten con outras tecnoloxías adicionais como a monitorización da actividade e da rumia para a detección de celo e de enfermidades precozmente.

En relación á detección de enfermidades precozmente, debemos salienta a mastite xa que é na que máis eficacia teñen por si sós os AMS, isto é importante, dado que a presentación de mastite pode ser máis elevada xa que non hai unha persoa limpando e observando a ubre antes do muxido e os robots non diferencian entre unha ubre sucia e unha ubre limpa polo que incluso podería favorecer a mastite (Klungel et al., 2000). Para a súa detección tense en conta a produción leiteira, a condutividade, a concentración de sangue en leite e nos sistemas que o teñan, o recuento de células somáticas.

É certo que dá oportunidades únicas para tomar decisións de xestión, control de produción e saúde de cada vaca pero non todo son vantaxes pois por un lado temos que o custe do equipo de muxido e os requisitos de mantemento dun AMS son moito máis elevados en comparación a un equipo convencional. Ademais, necesítase un técnico altamente cualificado que debe estar sempre dispoñible e con un subministro de repostos amplo para evitar longos períodos de inactividade do sistema de muxido.

No que respecta á saúde da ubre, existen diversos estudos que compararon o muxido automático e o convencional e a maioría deles conclúen que a saúde da ubre se deteriora coa introdución do AMS (Kruip et al., 2002 e Hovinen e Pyörälä, 2011). Nestes estudos as causas principais recollidas foron as seguintes: 1) Aumento da frecuencia de muxidos xa que favorece a apertura do esfínter e a colonización bacteriana, 2) limpeza incorrecta dos tetos no AMS e 3) máis contaminación bacteriana pois ata 65 vacas se moxen na mesma unidade de muxido. Aínda así hai certa discrepancia xa que Helgren e Reinnemann (2006) non encontraron aumentos iniciais nos RCS ou no recuento total de bacterias asociadas ao uso de AMS cando estes levaban instalados máis de dous anos. De feito, segundo o seu estudo o RCS e o recuento total de bacterias diminuíron canto máis tempo levaban as granxas co AMS. Segundo unha investigación de Hogeven et al. (2009) realizada en 88 granxas finlandesas con AMS o RCS foi máis alto soamente o primeiro ano despois da instalación do AMS.

Por outra parte, muxir máis frecuentemente significa, a maior parte das veces, máis produción de leite; pero isto pon en perigo o balance enerxético que á súa vez pode ter efectos negativos sobre a fertilidade (Kruip et al., 2000). En xeral, o muxido con un AMS non parece afectar a maioría de parámetros de éxito reprodutivo (Kruip et al., 2000; Dearing et al., 2004). Sen embargo, observáronse diferenzas nas taxas de concepción 1 mes despois da instalación dun AMS, e diminucións na fertilidade (non significativas) ata 12 meses despois da instalación (Kruip et al., 2002; Dearing et al., 2004).

Hai moita información dispoñible, pero para aproveitar a capacidade de cada unidade de muxido necesítanse outras habilidades en comparación co muxido convencional (Jacobs y Siegford, 2012).

Nun estudo de Koning e Ouweltjes (2000) no que se investigou a eficiencia da unidade de muxido, conclúese que a xestión da granxa debería centrarse no manexo das vacas, a alimentación, as condicións de aloxamento e a saúde animal. Outros estudos concluíron que a eficiencia da unidade de muxido pode mellorarse por exemplo coa instalación de alimentadores de concentrado, con axustes do intervalo de muxido e con axuste do fluxo de leite mínimo (Besier e Bruckmeier, 2016; Gygax et al., 2007; Stefanowska et al., 1999).

Obxectivos

Dada a rápida difusión no noso país, e máis concretamente en Galicia, destes sistemas, así como os numerosos factores que inflúen no seu funcionamento, cremos necesario realizar un estudo real da repercusión sobre a produtividade das explotacións. Para isto, estudarase como cambian os parámetros reprodutivos (intervalos dende o parto á inseminación fecundante e entre partos e número de inseminacións) e produtivos (producción; porcentaxe de graxa e proteína e recuento de células somáticas) co obxectivo de coñecer con datos reais os beneficios que pode aportar esta tecnoloxía as explotacións leiteiras. Ao mesmo tempo, mediante unha enquisa aos xerentes das explotacións, tratarase de coñecer a opinión que teñen os gandeiros sobre estes sistemas, dous o máis anos despois da súa instalación

Material e métodos

Descrición das granxas nas que se recolleron datos de estudo

Inicialmente partimos de 48 explotacións leiteiras que instalaran como mínimo hai 3 anos un AMS e tras unha primeira rolda de contactos descartáronse 18 explotacións por non estar en control leiteiro e 10 por non pertencer a Galicia. Nunha segunda rolda de contactos, das 20 restantes descartouse 1 por non ter control leiteiro durante un ano completo antes da instalación do robot e outra decidiu non ceder os datos ao estudo. Así pois, as explotacións seleccionadas foron 18, todas localizadas en Galicia (12 na provincia de Lugo e 6 na da Coruña), que instalaron como mínimo hai 3 anos un AMS e aínda que na actualidade teñen a maioría delas máis AMS, soamente se recolleron os datos do primeiro xa que as 18 explotacións realizaron a transición ao AMS con unha soa unidade. O número medio de vacas de cada explotación era de 52 vacas en lactación.

Antes da instalación do AMS 17 explotacións realizaban dous muxidos diarios cada 12 horas aproximadamente (16 en sala de muxido e 1 en praza fixa) e 1 explotación realizaba tres muxidos diarios cada 8 horas en sala de muxido.

As unidades de AMS foron instaladas en diferentes datas dende o 2004 ata o 2015 e os modelos eran os seguintes: 1 Astronaut A2, 13 Astronaut A3 e 4 Astronaut A4 (Lely Industries NV, Rotterdam, Países Baixos).

As principais diferenzas entre o modelo A4 con respecto aos A2 e A3 son:

- No A4 mellorouse a saída lineal mentres no A2 e A3 faise en diagonal. (imaxe 1 e 2).
- No A4 redúcense os fallos e paradas en comparación co A3 e A2.

- O A4 ten máis capacidade en número de muxidos con respecto ao A3 e A2.



Imaxes 1 e 2 : AMS Lely Astronaut A3 e Lely Astronaut A4 onde se pode ver o diferente tipo de entrada dun e doutro. (2017) Lely Industries NV, Rotterdam, Países Baixos

Todas as explotacións instalaron o AMS con tráfico libre de vacas e complementariamente, 11 explotacións tiñan detector de celo e rumia (Lely Qwes, Lely Industries NV, Rotterdam, Países Baixos) (imaxe 3) das cales 5 tamén tiñan medidor de células somáticas; 2 explotacións soamente detector de celo e as 5 restantes non tiña ningunha tecnoloxía engadida máis ca o propio robot de muxido.



Imaxe 3. Detector de Celos e Rumia. (2016). Lely Industries NV, Rotterdam, Países Baixos.

A estabulación antes da instalación do AMS era libre con cubículos con area e carbonato ou serraduras en 16 explotacións, cama quente en 1 e noutra a cama era colchiña en praza fixa que coa instalación do robot pasou a cama quente. A auga e a ración estaban facilmente dispoñibles, 9 explotacións incorporaron un robot arrimador de comida (Lely Juno, Lely Industries NV, Rotterdam, Países Baixos) (imaxe 4) ao pouco tempo da instalación do AMS, que arrima a

comida periodicamente. Todas as granxas, tiñan o mesmo sistema de alimentación baseado en ración unifeed con ensilado de herba, ensilado de millo e penso que se administra unha vez ao día. En todas as explotacións, agás nunha que xa se realizaba punteo, coa entrada do AMS comezou o punteo de concentrado (dende 1.5 a 10 kg/día e vaca) o cal depende dos niveis de produción e dos días en leite de cada vaca.



Imaxe 4. Arrimador de comida Lely Juno (2019). Lely Industries NV, Rotterdam, Países Baixos.

No tocante á cabana gandeira, nas 18 explotacións predominaba o gando frisón e soamente nunha había 6 vacas Montbeliard en lactación. Ningunha das explotacións comprou animais de fora nos 2 anos recollidos para a realización do estudo.

Na seguinte táboa recóllese a distribución das explotacións para cada característica.

Táboa 1. Características das explotacións antes da instalación do AMS e cambios xurdidos coa instalación do mesmo.

	ANTES DA INSTALACIÓN DO AMS	CAMBIOS COA INSTALACIÓN DO AMS
Muxido	17 Dous muxidos diarios. 16 En sala de muxido. 1 En praza fixa.	1 Lely Astronaut A2 13 Lely Astronaut A3 4 Lely Astronaut A4

Alimentación	17 Ración UNIFEED exclusivamente. 1 Punteo según producción	Todas realizan punteo de concentrado no AMS.
Animais	17 Explotacións exclusivamente frisona 1 Explotación frisona e montbeliard.	Non se realizar cambios significativos.
Instalacións	16 Cubículos con area e carbonato ou serraduras. 1 Cama quente de palla. 1 Praza fixa con colchoneta.	17 Non realizaron cambios. 1 Explotación que estaba en praza fixa con colchoneta pasou a cama quente de palla.
Tecnoloxías	Ningunha granxa posuía tecnoloxías antes da instalacion do AMS.	11 Detector de celo e rumia 5 Medidor de RCS. 9 Arrimador de comida. 2 Detector de celo. 5 Non introduciron tecnoloxías complementarias.

Obtención de datos

Inicialmente realizouse unha enquisa a todos os xerentes das explotacións para coñecer a situación de cada unha delas (Anexo I) onde se recollían datos da situación da explotación antes da instalación dun AMS e datos dos cambios acaecidos coa instalación do AMS, así como as principais ventaxes e inconvenientes detectados tras varios anos de uso.

Para a obtención dos datos, produtivos e reprodutivos, precisouse da colaboración de Africor Lugo e Africor Coruña que coa previa autorización (Anexo II) dos gandeiros nos proporcionou os datos solicitados. Estes foron dun ano antes da instalación do AMS en cada explotación e do segundo ano despois da instalación do AMS; desestimando o primeiro ano post-instalación xa que os datos pódense ver influídos polo período de adaptación do robot.

Os datos produtivos proceden do control leiteiro oficial e foron tomados coa seguinte metodoloxía :

- Antes da instalación do AMS, no 100% das explotacións de dous muxidos realizábase o control unha vez ao mes con alternancia de muxido de mañá e de tarde. Na explotación

que realizaba 3 muxidos o control acudía a gandaría a un dos muxidos do día de control onde se recollía produción e mostra enchendo a metade do bote da mostra. Tomábase a hora do muxido e volvíase á gandaría ao seguinte muxido onde se volvía a tomar unha mostra e se anotaba a produción.

- Despois da instalación do AMS, seguiuse a metodoloxía N2 coa cal se recolle a produción media de varios días. Para elo, colócase o tomamostras e programase o robot para o control leiteiro quedando desta maneira rexistrado: hora de inicio do control, produción dos últimos 4 días ou dos últimos 12 muxidos antes do inicio do control, produción do muxido do que se obtivo a mostra e ademais márcase o muxido do cal se obtivo a mostra.

Os datos reprodutivos tamén proceden do control leiteiro oficial e foron tomados coa mesma metodoloxía a cal se caracteriza por recoller os datos directamente das anotacións dos gandeiros.

Datos obtidos do control leiteiro

Os datos foron extraídos dunha base de datos de Access (Microsoft Office, 2010) na que viñan recollidos os datos produtivos e reprodutivos de todas as explotacións.

Os datos procederon de 18 explotacións con unha media de 52 vacas con un rexistro mensual. Así pois, colectáronse e comparáronse en torno a 11.200 datos para cada parámetro.

Os parámetros recollidos para o estudo foron os seguintes: Estruturais (número de partos e número de animais); Calidade do leite (Graxa, proteína, RCS e puntuación lineal); Produción (Produción por animal) e de reprodución (data de parto, número de inseminacións, data de inseminación fecundante e intervalo entre partos).

Para extraer os datos foi precisa a realización de filtros e de relacións entre as diferentes sub-bases para obter os datos oportunos de cada animal e en base a data, que era específica para cada explotación xa que os AMS das explotacións incluídas no estudo instaláronse dende o 2004 ata o 2015, recolléronse os datos de un ano pre-instalación do AMS e os do segundo ano despois da instalación.

Análise estatística

Previo á análise estatística, foi necesario o cálculo de dous parámetros que non viñan recollidos orixinalmente na base de datos. Primeiramente calculouse o intervalo dende o parto ata a inseminación fecundante a partires da resta de días dende a data da inseminación fecundante e a data de parto de cada animal e logo calculouse unha corrección da produción de leite en base á

graxa e a proteína (4,00% de materia graxa e 3,30% de proteína) coa seguinte fórmula proposta por Sjaunja et al (1991):

$$\text{Produción de leite correxida en base á enerxía} = \text{Produción de leite} * (0.383 * \% \text{ Graxa} + 0.242 * \% \text{ Proteína} + 0.7832) / 3.1138$$

Posterior ao cálculo destes dous parámetros, os demais datos obtidos do control leiteiro precisaron un procesado que consistiu na realización das medias de cada un dos diferentes parámetros e a súa posterior agrupación en dous grupos dependendo se eran datos previos á instalación ou eran datos posteriores, xa que de cada vaca en cada ano había 12 controis.

Levou a cabo unha análise estatística utilizando SPSS 24.0.0.0 (IBM SPSS Statistics, 2016) no que se importaron os datos tal e como estaban colocados na folla de cálculo. Inicialmente realizouse un ANOVA de un factor coa variable independente “ANO” e con todos os demais parámetros como variables dependentes para comparar as medias do ano anterior á instalación do robot coas medias do segundo ano despois da instalación do mesmo.

Tamén se realizou un ANOVA dun factor coa variable independente “modelo de robot” e con todos os demais parámetros como dependentes. Para esta análise só se compararon os datos do segundo ano despois da instalación do AMS e eliminouse unha explotación por ser o modelo do robot o único entre as 18 explotacións.

Por último, realizouse un ANOVA de dous factores coas variables independentes “ANO” e “Presencia ou non de detector de celos” e cos parámetros reprodutivos (número de inseminacións, intervalo parto - inseminación fecundante e intervalo entre partos) como variables dependentes.

En todos os casos, consideráronse significativos valores inferiores a $p < 0,05$.

Resultados e discusión

Tras a primeira análise estatística dos datos, observamos (Táboa 3) diferenzas significativas na produción, e unha certa tendencia cara a significancia do intervalo entre partos e do intervalo entre o parto e a inseminación fecundante ($p = 0,11$) (probablemente foran significativos se aumentara o número de explotacións recollidas no estudo) sendo mellores todos estes parámetros tras a instalación do AMS. No resto de parámetros non se obtivo ningunha relación coa introdución do AMS.

Táboa 2. Estatísticos descritivos das variables estudadas en función da instalación do AMS.

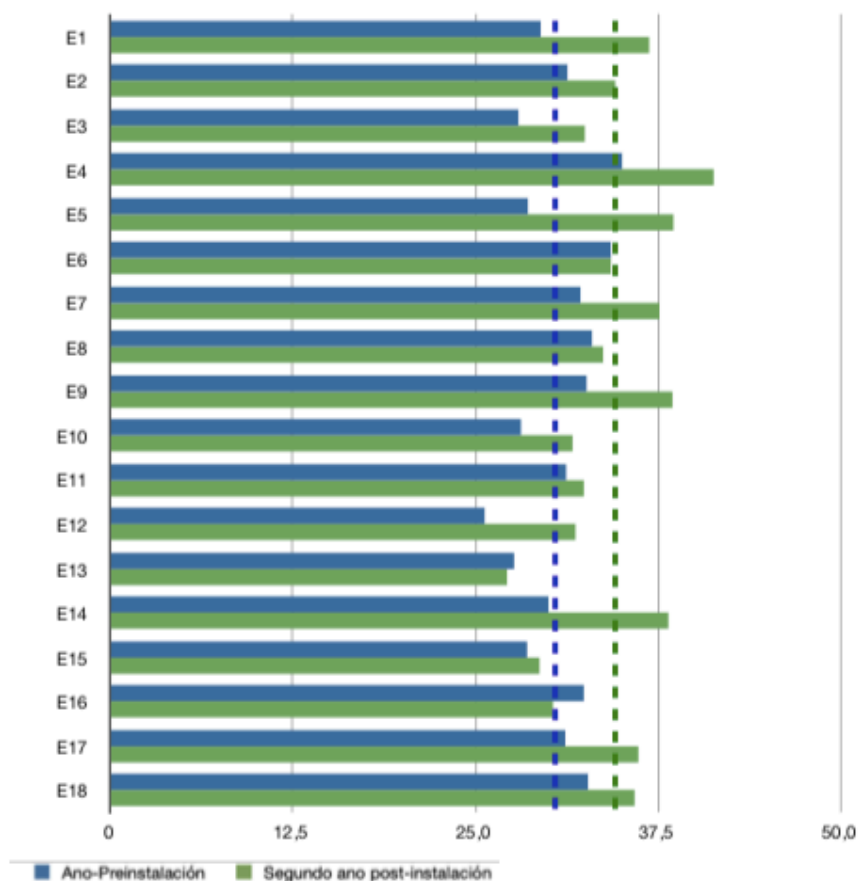
		Media \pm Desviación Típica (Mínimo-Máximo)
Número de partos	Ano pre-instalación.	2,47 \pm 0,34 (2,01-3,40)
	Segundo ano post- instalación.	2,41 \pm 0,21 (2,04-2,81)
Graxa	Ano pre-instalación.	3,76 \pm 0,4 (2,98-4,33)
	Segundo ano post- instalación.	3,63 \pm 0,23 (3,02-3,95)
Proteína	Ano pre-instalación.	3,34 \pm 0,09 (3,20-3,45)
	Segundo ano post- instalación.	3,32 \pm 0,11 (3,11-3,58)
RCS	Ano pre-instalación.	303,36 \pm 79,14 (153-473,67)
	Segundo ano post- instalación.	317,33 \pm 112,17 (135,06-494,98)
Puntuación Lineal	Ano pre-instalación.	2,79 \pm 0,34 (2,24-3,28)
	Segundo ano post- instalación.	2,94 \pm 0,5 (1,83-3,68)
Producción sen normalizar (Kgs)**	Ano pre-instalación.	31,62 \pm 2,83 (27,49-36,53)
	Segundo ano post- instalación.	36,03 \pm 3,77 (29,09-45,19)
Producción normalizada por enerxía(Kgs)**	Ano pre-instalación.	30,65 \pm 2,55 (25,64-35,04)
	Segundo ano post- instalación.	34,5 \pm 3,70 (27,17-41,30)
Número de inseminacións	Ano pre-instalación.	2,46 \pm 0,67 (1,72-4,58)

	Segundo ano post- instalación.	2,45 ± 0,36 (1,87-3,28)
Intervalo parto - Inseminación fecundante Ψ	Ano pre-instalación.	145,61 ± 23,26 (115,86-188,52)
	Segundo ano post- instalación.	135,33 ± 18,93 (100,80-163,94)
Intervalo entre partos (IPP) Ψ	Ano pre-instalación.	434,60 ± 18,18 (404,90-472,63)
	Segundo ano post- instalación.	422,08 ± 26,63 (375,40-464,40)

** Diferencia significativa entre as filas con un nivel de $p < 0,01$; $\Psi p < 0,11$

No tocante á produción de leite normalizada, sofre un aumento medio dun 12,5% con unha diminución do 7% no peor dos casos e ata un aumento do 27% no mellor (Gráfico 3).

Gráfico 3. Comparación da produción de todas as explotacións (E1- E18) de antes e do segundo ano despois da instalación do AMS onde se pode apreciar a produción individualizada das mesmas e a media (línea de puntos) con unha gráfica moi homoxénea



Estes resultados, están en concordancia cos porcentaxes de aumento obtidos noutras investigacións, un 7% nun estudo de de Koning et al., (2002), un 9 % nun estudo de Wagner-Storch e Palmer, (2003) e un 12.4 % nun estudo de Wade et al., (2004). Aínda así, no estudo de Wade et al., (2004) que foi no que máis aumento se reportou, este porcentaxe vese reducido a un 2% cando se considera a evolución xenética e de manexo que sufriron as explotacións durante os anos que se recolleron os datos (12 anos). Neste estudo non se recolleu nin se ten en conta unha corrección da produción leiteira a causa da mellora xenética e de manexo xa que o período de tempo no que se recolleron os datos para este estudo foi moito menor ca no de Wade et al., (2004) (3 anos) e ademais na enquisa aos gandeiros consultouse a incorporación de animais con maior potencial xenético doutras explotacións ou a implantación de embrións no ano previo á instalación do robot e as respostas foron negativas no 100% das explotacións.

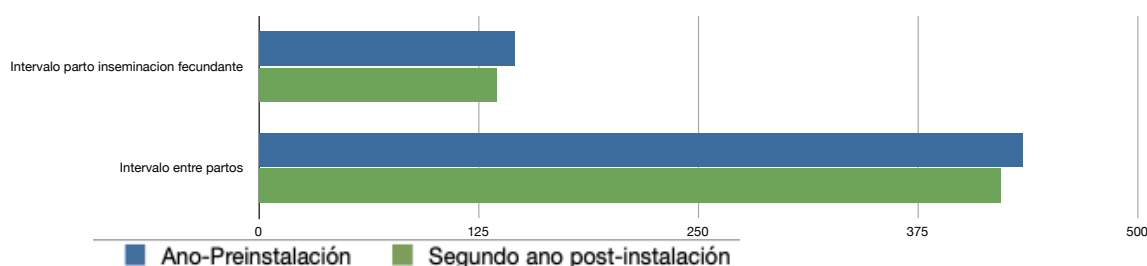
Factores que podían facer que o incremento de produción non se fixera efectivo como son a alimentación baseada en pasto exclusivamente (Jago et al., 2007) e que as vacas primíparas non responden ao aumento da frecuencia do muxido con un maior rendemento leiteiro (Abeni et al., 2005, 2008; Speroni et al., 2006) non influíron no presente estudo pois todas as explotacións tiñan un sistema de alimentación similar baseado en penso e forraxes e ademais o número de primíparas estaba en proporcións adecuadas respecto ás vacas adultas xa que o número de partos por vaca presente encontrábase en torno a 2,5 antes e despois da instalación do AMS. Aínda así, en 3 explotacións non houbo melloras na produción incluso nunha se baixou con respecto ao ano anterior á instalación do robot. Estes datos suxirennos que non é soamente a instalación do robot o que provoca unha mellora dos parámetros produtivos senon que é moi importante o manexo das vacas, a alimentación, as condicións de aloxamento e a saúde animal para mellorar a eficiencia do AMS como afirman Koning e Ouweltjes, (2000).

Se ben é certo que neste estudo os resultados foron máis elevados ca nos outros estudos publicados, hai dúas causas que poden estar estreitamente relacionadas con este feito. Por un lado, que as explotacións nas que se realizou o estudo tiñan vacas de alto rendemento leiteiro antes da instalación do robot xa que a media de produción era de aproximadamente 31 kgs de leite ao día e de 9.750 kgs de leite por lactación normalizada a 305 días; estas vacas combinan unha maior frecuencia de muxido con un maior rendemento por muxido (Poole, 1982 e Abeni et al., 2005) polo que as calidades produtivas das mesmas poden explicar que o aumento fora máis elevado que nos estudos anteriores (de Koning et al., 2002; Wagner-Storch e Palmer , 2003; Wade et al., 2004) que a produción media nas vacas muxidas tradicionalmente era de 26 kgs de leite ao día e de 7.950 kgs de leite por lactación normalizada a 305 días. Por outro lado, tamén hai que ter en conta que no presente estudo non se recolleron os datos do primeiro ano tras a instalación do robot, ano no que non se apreciaron diferenzas significativas na produción

(Hogeven et al., 2009) e que si se recolleron nos estudos anteriores. É importante destacar que neste estudo non foi o propósito inicial e quizáis nun segundo estudo poida analizar a influencia da frecuencia de muxido despois da instalación do robot que é un factor importante para explicar o aumento da produción.

No que respecta aos parámetros reprodutivos, o intervalo parto-inseminación fecundante e o intervalo entre partos melloraron tras a instalación do AMS reducíndose un 8 % o intervalo parto-inseminación e un 3% o intervalo entre partos aínda que esta diferenza so é unha tendencia ($p=0,11$). No número de inseminacións non se observaron diferenzas significativas ($p>0,5$) antes e despois da instalación do AMS.

Gráfico 4. Comparación dos parámetros reprodutivos máis afectados pola instalación do AMS.



De acordo co estudo de Ipema (1991) poderíase esperar que unha maior produción por unha maior frecuencia de muxido sen maior inxesta, traducirase nun maior balance enerxético negativo, máis perda de peso, máis ácidos graxos non esterificados e máis enfermidades metabólicas o que desencadeará unha aparición máis tardía da actividade ovárica, un aumento do número de inseminacións e un aumento do intervalo parto-inseminación fecundante. Sen embargo, estudos de Kruip et al., (2000) apoian os resultados obtidos aquí xa que no seu estudo non se reportaron efectos negativos adicionais sobre a saúde e a reprodución dos animais muxidos con AMS e chegouse á conclusión de que incluso se poden mellorar estes parámetros se se fai un bo manexo da alimentación individual e se combina con unha boa detección de celos. Pola contra, si que é certo que en estudos de Kruip et al., (2002) e Dearing et al., (2004) observáronse diferenzas nas taxas de concepción 1 mes despois da instalación do AMS, e diminucións na fertilidade (non significativas) ata 12 meses despois da instalación pero estes datos non se puideron contrastar neste estudo xa que non se recolleron os datos do primeiro ano tras a instalación.

No 72% das explotacións analizadas tiñan detector de celos e por iso, en relación ao anterior estudouse como cambiaron os parámetros reprodutivos antes e despois da instalación do robot

dependendo se ten ou non detector de celos (Táboa 3) para ver si as granxas que non o tiñan empeoraban os datos xerais debido a unha mala detección de celos.

Táboa 3. Estatísticos descritivos das variables estudadas en función da instalación do AMS e si ten detector de celos ou non.

		Número de inseminacións	Intervalo parto-inseminación fecundante	Intervalo entre partos
Sin detector de celos (n=5)	Ano pre- instalación.	2,76 ± 1,03	152,72 ± 26,54	437,22 ± 29,78
	Segundo ano post- instalación.	2,55 ± 0,52	144,27 ± 12,22	425,32 ± 24,41
Con detector de celos (n= 13)	Ano pre- instalación.	2,34 ± 0,46	148,87 ± 22,41	433,59 ± 12,00
	Segundo ano post- instalación.	2,41 ± 0,29	131,90 ± 20,30	420,83 ± 28,29

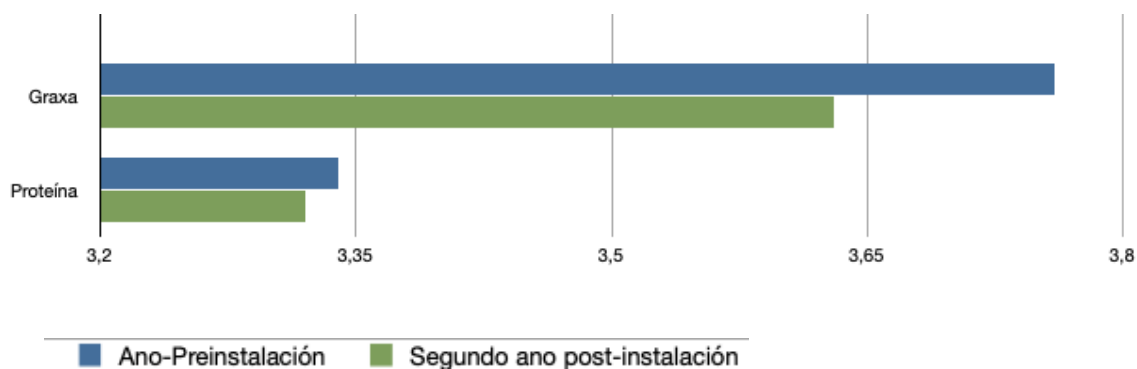
Nesta análise pese a existir diferenzas, estas non foron significativas polo que se pode dicir que as explotacións que introduciron o detector de celos non observaron melloras significativas respecto aos que non o fixeron e os principais motivos poden ser que a detección de celos nas explotacións analizadas xa era boa antes da introdución do robot ou que se realizaba inseminación a tempo fixo, de feito os parámetros reprodutivos das explotacións antes de instalar o AMS xa se encontraban por debaixo da media das explotacións en control leiteiro das provincias de Lugo e da Coruña segundo o informe reprodutivo de Africor 2010.

Tamén debemos considerar que a efectividade dos detectores de celos foi mellorando co avance do tempo e é probable que haxa interferencias das explotacións que tiñan detectores de celos máis antigos e pouco eficientes.

Respecto aos parámetros de calidade do leite (Gráfico 5), a graxa e a proteína non sufriron diferenzas significativas coa introdución do AMS coincidindo con estudos de Klungel et al., (2000) e Shoshani e Chaffer, (2002) nos que a concentración de graxa e proteína foi lixeiramente menor ca obtida co muxido tradicional dúas veces ao día aínda que os resultados non foron estatisticamente significativos. O que sí se detectou neses estudos é que co muxido automatizado incrementáronse os niveis de ácidos graxos libres polo feito de que o ratio aire/

leite é maior que nos sistemas convencionais de muxido en sala feito que pode ser obxecto dun segundo estudo de avaliación da implantación de AMS en Galicia.

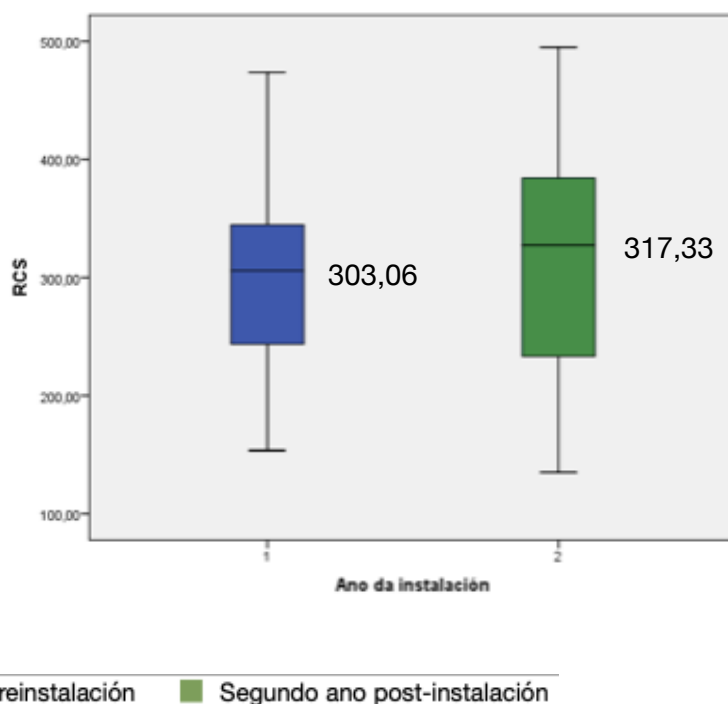
Gráfico 5. Comparación dos parámetros de calidade do leite un ano antes e dous anos despois da instalación do AMS.



Respecto ao RCS é certo que os resultados mostran un incremento dun 5% (Gráfico 6) e ata un 6% se nos fixamos na puntuación lineal de células somáticas pero ningún dos dous é significativo a diferenza de outros estudos de Kruip et al., (2002) e Hovinen e Pyörälä (2011) nos que si se documentaron aumentos significativos do RCS coa implantación do AMS nos dous primeiros anos. Aínda así, nun estudo de Hogeven et al., (2009) que recolleu datos de 88 granxas con AMS en Finlandia, so se reportou un incremento significativo o primeiro ano despois da instalación do AMS o que está en total concordancia cos resultados deste estudo.

Moi importante é ter en conta que neste estudo se analizaron soamente 18 explotacións e a desviación media nos RCS despois da instalación do robot era moi ampla polo que era moi difícil que os resultados foran significativos.

Gráfico 6. RCS mediante diagrama de caixas dun ano antes e dous anos despois da instalación do AMS onde se pode ver a ampla dispersión dos datos de RCS dous anos despois da instalación do AMS.



A seguinte análise estatística realizouse para ver se o modelo de robot influía nos parámetros analizados. Neste caso, soamente se observa un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre a puntuación liñal de células somáticas (Táboa 4).

Táboa 4. Estatísticos descritivos das variables estudadas en función do modelo de Robot de muxido.

	LELY A3 (n = 13) Media \pm Desviación Típica	LELY A4 (n = 4) Media \pm Desviación Típica
Graxa	3,60 \pm 0,26	3,69 \pm 0,16
Proteína	3,32 \pm 0,13	3,33 \pm 0,02
RCS	334,96 \pm 117,06	243,28 \pm 79,54

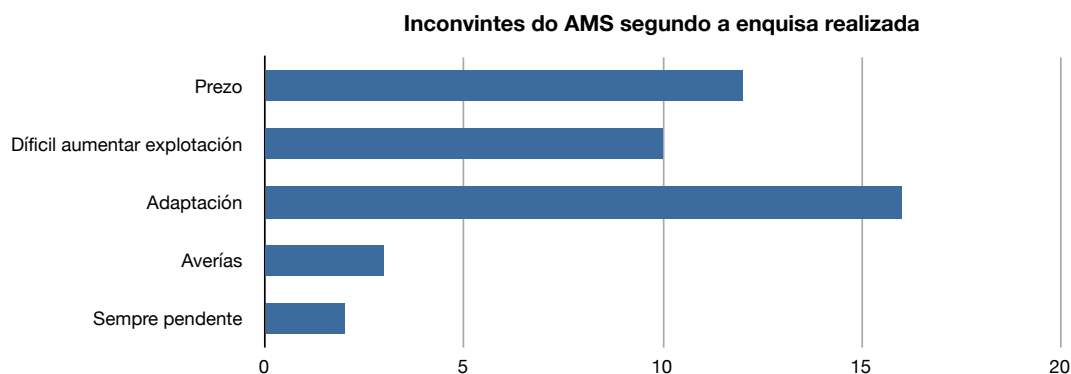
Puntuación Lineal**	3,03 ± 0,45	2,52 ± 0,50
Producción sen normalizar (Kgs)	35,80 ± 3,82	37,68 ± 3,30
Producción normalizada por enerxía(Kgs)	34,25± 3,78	36,32 ± 3,20
Número de inseminacións	2,42 ± 0,38	2,42 ± 0,34
Intervalo parto- Inseminación fecundante	136,35 ± 18,04	135,91 ± 25,41
Intervalo entre partos	418,31 ± 22,91	439,58 ± 36,25

** Diferenza significativa entre as columnas con un nivel de $p < 0,05$

Vistos os resultados, poderíase especular un aumento da frecuencia de muxido debido ao tipo de entrada no AMS, xa que esta é máis cómoda e con mellor fluxo de entrada no Lely A4. Aínda así os resultados soamente mostran diferenzas significativas ($p < 0,05$) na puntuación lineal de células somáticas que probablemente non se dera nun estudo máis amplo xa que co baixo número de modelos que temos do AMS Lely A4 non sería adecuado afirmar que realmente é así. Ademais podemos ver que a dispersión das explotacións despois da instalación do robot é moi heteroxénea polo que non se considerará significativo este resultado.

Por último, nos gráficos 7 e 8 reflíctese a opinión dos gandeiros respecto os inconvenientes e vantaxes da instalación dun AMS dende a súa experiencia. A principal vantaxe é a redución de man de obra e o principal inconveniente a adaptación a un sistema moi diferente do tradicional, por encima do prezo.

Gráfico 7 . Resultados das enquisas respecto aos inconvenientes do AMS onde se pode apreciar que a adaptación é unha das opinións máis común entre os propietarios.



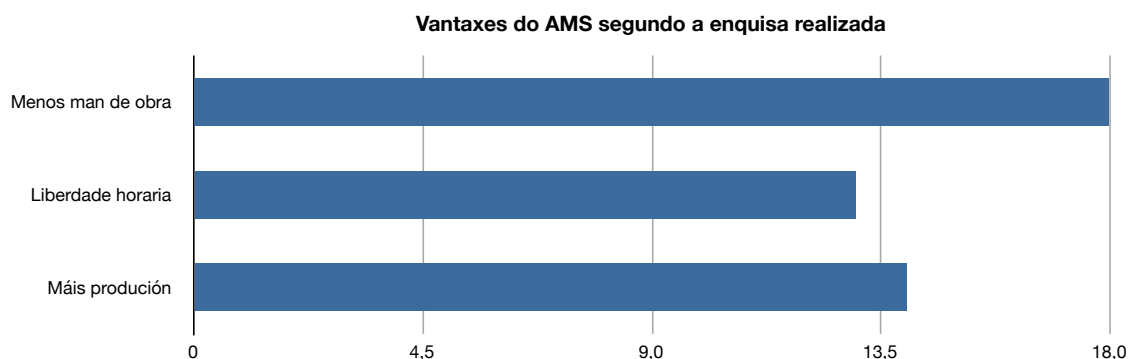
No tocante as vantaxes e inconvenientes recollidos na enquisa realizada, as vantaxes foron principalmente a diminución de man de obra e o aumento de produción coincidindo co estudo previo de Hovegeen et al., (2004) no que as 3 vantaxes recollidas están entre as 5 motivacións que ten un gandeiro para investir nun AMS. Tamén hai plena coincidencia con Svennersten-Sjaunja e Pettersson (2008) que afirman que a causa principal para a instalación dun AMS é a escaseza de man de obra para traballar nas explotacións leiteiras deixando nun segundo lugar a motivación de aumentar a produción de leite de cada vaca.

No tocante aos inconvenientes os resultados mostran que ata un 90% (16 dos 18 enquisados) dos enquisados coincidiron que a introdución é complicada e que supón moito traballo tomando esta como a principal contraindicación incluso por enriba do prezo. Sendo diferentes estos resultados aos do estudo de Svennersten-Sjaunja e Petterson (2008) nos que o principal inconveniente é o prezo do AMS.

En terceiro lugar, encóntranse un inconveniente ao que tamén lle dan moita importancia os gandeiros novos (<40 anos). A instalación dun AMS non permite aumentar pouco a pouco como si que se podería con unha sala de muxido convencional. A explicación disto é a seguinte: cada AMS ten capacidade para 60 animais aproximadamente, o primeiro cambio de sala de muxido a AMS é doado xa que os animais que teña a explotación van a ir todos ao número máis axeitado de robots de muxido (por exemplo, se a explotación ten 120 animais é necesaria a compra de 2 AMS). O problema é cando unha explotación quere aumentar pouco a pouco a cabana gandeira xa que non é rentable a compra dun AMS para telo a menos da metade do rendemento da máquina por iso os aumentos teñen que ir en función da capacidade do AMS. Sendo así, fai que sexa unha decisión difícil aumentar o número de animais xa que ademais dunha gran inversión

tamén hai que mudar as instalacións e o manexo para albergar tal crecemento da cabana gandeira.

Gráfico 8. Resultados das enquisas respecto ás vantaxes do AMS nos que se aprecia que todos os propietarios opinaron que unha vantaxe era a diminución de man de obra.



Conclusión

1. Nas explotacións estudadas o robot provocou un incremento significativo da produción de leite sen cambios na calidade.
2. Tanto o robot como os detectores de celos non inflúen significativamente nos parámetros reprodutivos aínda que hai unha certa tendencia a reducir o intervalo entre partos e o intervalo entre parto e inseminación fecundante.
3. As principal vantaxe que indicaron os propietarios das explotacións obxecto de estudo era a redución de man de obra.
4. O principal inconveniente foi que a adaptación tanto dos propios animais como do gandeiro á nova forma de muxido foi complicada.

Agradecementos

Debo agradecer primeiramente a todas as explotacións que colaboraron cedendo os datos e contestando as enquisas sen as que non sería posible realizar este estudo. Tamén debo agradecer a Africor, sobre todo a atención de Ramiro Fouz, que proporcionou os datos das explotacións. Por último, agradecer a Lely España o contacto proporcionado cos xerentes das explotacións analizadas.

ANEXO I

**ENQUISA PARA O ESTUDO DA MELLORA PRODUTIVA E REPRODUTIVA COA
IMPLANTACIÓN DO ROBOT DE MUXIDO EN GRANXAS GALEGAS**

	RESPOSTA
Nome da explotación	-
Localización	-
Establo, camas e modelo de tráfico	- - -
Raza ou razas presentes	-
Ano e mes de implantación do robot Modelo do mesmo	- -
Equipamento do robot	-
Outras melloras: Tecnolóxicas / Instalacións / Manexo	- - -
Descrición das instalacións de muxido antigas e número de muxidos.	- -
Alimentación actualmente VS antes da instalación do robot	- -
Compra de animais de fora / implantación de embrións no ano previo e nos dous posteriores á compra do robot. No caso de que sexa afirmativo, cantos?	-
Ventaxes do robot. Engadir todas as que desexe.	- - - -
Incovenientes do robot. Engadir todas as que queira.	- - - -

ANEXO II

AUTORIZACIÓN CONSULTA DATOS CONTROL LEITEIRO

Eu en nome da
gandaría..... con CEA
autorizo a Elio López García (Investigador da USC) a consultar e descargar os datos do control leiteiro
para a realización do estudo das melloras produtivas e reprodutivas coa implantación do robot de ordeño.

SINATURA E DNI :

Bibliografía

- Bach, A., Devant, M., Iglesias, C., Ferrer, A. 2009. Forced traffic in automatic milking systems effectively reduces the need to get cows. *Journal of Dairy Science*, 92:1272-1280.
- Besier, J., Bruckmaier, R. M. 2016. Vacuum levels and milk-flowdependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 99:3096–3102.
- Caja, G., Ayadi, M., Carre, X. and Xifra, M. 2002. Los robots de ordeño en España: Situación actual y perspectivas. *Ordeno Robotizado*. H. Hogeveen and A. Meijering, ed. Editorial Agrícola Española S.A., Madrid, Spain.11–16.
- Castro, A., Pereira, J.M., Amiama, C., Bueno, J. 2012. Estimating efficiency in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science*, 95: 929-936.
- Dearing, J., Hillerton, J. E., Poelarends, J. J., Neijenhuis, F., Sampimon, O. C., Fossing, C. 2004. Effects of automatic milking on body condition score and fertility of dairy cows. *Automatic Milking A Better Understanding*, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.135-140
- DePeters, E. J., Smith, N. E., e Acedo-Rico, J. 1985. Three or two times daily milking of older cows and first lactation cows for the entire lactation. *Journal of Dairy Science*, 68:123-125
- Forsberg, A.M., Pettersson, G. e Wiktorsson, H. 2002. Comparison between free and forced cow traffic in an automatic milking system. *JF Report. Technology for milking and housing of dairy cows*. Hamar, Norway. Wageningen Pers, Wageningen, the Netherlands, 337:131–135.
- Gygax, L., Neuffer, I., Kaufmann, C., Hauser, R., e Wechsler, B., 2007. Comparison of functional aspects in two automatic milking systems and auto-tandem milking parlors. *Journal of Dairy Science*, 90:4265– 4274.
- Hale, S. A., Capuco, A.V., e Erdman, R. A. 2003. Milk yield and mammary growth effects due to increased milking frequency during early lactation. *Journal of Dairy Science*, 86:2061–2071.
- Helgren, J.M., Reinemann, D.J., 2006. Survey of Milk Quality On U.S. Dairy Farms Utilizing Automatic Milking Systems. *Transactions of the ASABE*, 49:551–556.
- Hermans, G.G.N., Ipema, A. H., Stefanowska, J. e Metz, J. H. M. 2003. The effect of two traffic situations on the behavior and performance of cows in an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 86:1997–2004.

- Hogeveen, H., Ouweltjes, W., de Koning, C.J.A.M., e Stelwagen, K. 2001. Milking interval, milk production and milk flow-rate in an automatic milking system. *Livestock Production Science*, 72:157–167
- Hogeveen, H., Heemskerk, K., e Mathijs, E. 2004. Motivations of Dutch farmers to invest in an automatic milking system or a conventional milking parlour. *A Better Understanding of Automatic Milking*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 56–61.
- IBM SPSS. 2016. SPSS for Windows Release 24.0.0.0 IBM Corp., Somers, NY.
- Ipema, A.H., 1991. *Onderzoek naar de optimale melkfrequentie*. Imagdlo, Wageningen, 91-56
- Jacobs J.A. e Siegford J.M., 2012. Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* , 95:2227-2247.
- Ketelaar-de-Lauwere, C. C., Hendriks, M. M. W. B., Metz, J.H.M., e Schouten, P. 1998. Behaviour of dairy cows under free or forced cow traffic in a simulated automatic milking system. *Applications of Animal Behaviour Science*, 56:13–28.
- Klei, L. R., Lynch, J. M., Barbano, D. M., Oltenacu, P. A., Lednor, A. J. e Bandler, D. K., 1997. Influences of milking three times a day on milk quality. *Journal of Dairy Science*, 80:427–436.
- Klungel, G. H., Slaghuis, B. A., e Hogeveen, H., 2000. The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. *Journal of Dairy Science*, 83:1998–2003.
- de Koning, K., Ouweltjes, W. 2000. *Maximising the milking capacity of an automatic milking system*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, 38-46.
- Kruij, T. A. M., Stefanowska, J. e Ouweltjes, W. 2000. Robot milking and effect on reproduction in dairy cows: A preliminary study. *Animal Reproduction Science*, 60–61:443–447.
- Kruij, T. A. M., Morice, H., Robert, M., e Ouweltjes, W. 2002. Robotic milking and its effect on fertility and cell counts. *Journal of Dairy Science*, 85:2576–2581.
- *Cátalogo productos Lely (2019) Lely Industries NV, Rotterdam, Países Baixos.*
- Meijering, A., Hogeveen, H., de Koning, C.J.A.M. 2004. *Automatic Milking a Better Understanding*, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 62-67.

- Melin, M., Wiktorsson, H. e Norell, L., 2005. Analysis of feeding and drinking patterns of dairy cows in two cow traffic situations in automatic milking systems. *Journal of Dairy Science*, 88:71–85.
- Osterman, S., e Bertilsson, J. 2003. Extended calving interval in combination with milking two or three times per day: Effects on milk production and milk composition. *Livestock Production Science*, 82:139–149.
- Pezzuolo, A., Cillis, D., Marinello, F. e Sartori, L., 2017 Estimating efficiency in automatic milking systems. *Engineering for Rural Development*, 736-741.
- Poole, D. A. 1982. The effects of milking cows three times daily. *Animal Production*, 34:197.
- Prescott, N. B., Mottram, T.T., e Webster, A. J. F., 1998. Relative motivations of dairy cows to be milked or fed in a Y-maze and an automatic milking system. *Applications of Animals Behaviour Science*, 57:23–33.
- Shoshani, E., e Chaffer, M., 2002. Robotic milking: A report of a field trial in Israel. *The First North American Conference on Robotic Milking*, Wageningen Academic Publishers, 3: 56-63
- Sjaunja, L. O., Baevre, L., Junkarinen, L., Pedersen, J., e Setälä, J., 1991. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. *Proc. 27th Biennial Session Int. Committee for Animal Recording*, 156–157.
- Speroni, M., Pirlo, G., e Lolli, S., 2006. Effect of automatic milking systems on milk yield in a hot environment. *Journal of Dairy Science*, 89:4687–4693.
- Stefanon, B., Colitti, M., Gabai, G. Knight, C. H., e Wilde, C. J. 2002. Mammary apoptosis and lactation persistency in dairy animals. *Journal of Dairy Research*, 69:37–52.
- Stefanowska, J., Plavsic, M., Ipema, A. H., e Hendriks, M. M. W. B., 2000. The effect of omitted milking on the behavior of cows in the context of cluster attachment failure during automatic milking. *Applications Animal Behaviour Science*. 67:277–291. z
- Svennersten-Sjaunja, K., I. Berglund, and G. Pettersson. 2000. The milking process in an automated milking system, evaluation of milk yield, teat condition and udder health. *Robot milking Lelystad*, 277–287
- Svennersten-Sjaunja, K. M., and Pettersson, G. 2008. Pros and cons of automatic milking in Europe. *Journal of Animal Science*, 86:37–46.

- Tranel, L. 2017. Automatic Milking System. Extension and Outreach. Iowa State University.
- Wade, K. M., Van Asseldonk, M. A. P. M., Berentsen, P. B. M., Ouweltjes, W., Hogeveen, H., 2004. Economic efficiency of automatic milking systems with specific emphasis on increases in milk production. Automatic Milking: A Better Understanding, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands 63-67
- Wagner-Storch, A. M., e Palmer, R.W. 2003. Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. Journal of Dairy Science, 86:1494–1502