



Facultade de Veterinaria

Traballo de
Fin de Grao

**Alimentación en sistemas
de muxido robotizado:**
*descricao das racións
formuladas e factores que
afectan ao consumo de
concentrado no robot.*

Alexandra Correa Fernández

Grao en Veterinaria

Ano 2019

Modalidade do Traballo: Experimental

Licenza

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



RESUMO

As granxas que adquiren un sistema de muxido robotizado enfróntanse a numerosos e novos retos para acadar o éxito do seu funcionamento. Gran parte destes retos gardan unha estreita relación cos cambios no manexo da alimentación que este sistema implica, pois parte do segredo na aceptación do robot por parte das vacas atópase no concentrado do robot e o equilibrio na formulación coa ración do presebe . Sobre todo en sistemas de tráfico libre, no que as vacas deben acudir de xeito voluntario.

Dado o auxe que está a ter a posta en marcha de robots de muxido no noroeste de España, onde se concentra máis da metade do gando de vacún de leite do país, e o gran descoñecemento que existe até o de agora, é fundamental dar a coñecer como é o manexo da alimentación nestas explotacións e os factores que inflúen nel. Así, leváronse a cabo dous estudos en gandarías de Galicia, Asturias e Cantabria con robot de muxido da marca Lely. No estudo 1 recolléronse datos das racións formuladas polos nutricionistas de 35 granxas. Valoráronse as características nutricionais das racións e os ingredientes, e realizouse unha comparativa entre granxas mediante estatística descritiva. No estudo 2, recolléronse datos de lactacións completas dos animais presentes en cinco granxas (un total de 64029 entradas en SPSS) para estudar os factores que poden influír na variable de consumo de concentrado no robot para producir 100kg de leite. Realizouse unha ANOVA das variables independentes (granxa, número de lactación, días en lactación (DEL), produción diaria, número de muxidos diarios, peso vivo e minutos de rumia) e finalmente un modelo mixto para coñecer a relación entre variables.

Os resultados obtidos mostran como a maior parte das explotacións de estudo usaron os mesmos ingredientes (ensilaxe de millo, ensilaxe de herba e 2 tipos de concentrados diferentes), aínda que as características nutricionais de todos eles variaron entre explotacións, principalmente ás do ensilaxe de herba (24,1 - 33,5% de MS e 11,0 - 14,7% de PB no 50% das explotacións) e o concentrado de presebe (22,2 - 29,7% de PB no 50% das granxas). Así mesmo, o consumo de concentrado/100kg de leite varía de xeito significativo ($P < 0,05$) en relación a diversos factores tales como DEL, número de lactación, número de muxidos diarios, produción diaria e minutos de rumia, é dicir, son numerosos os factores que teñen efectos sobre esta variable e cuxo efecto resulta fundamental coñecer para levar acabo un manexo óptimo da alimentación.

Palabras chave: vacún de leite, sistema de muxido robotizado, tráfico libre, manexo alimentario, concentrado de robot.

RESUMEN

Las granjas que adquieren un sistema de ordeño robotizado se enfrentan a numerosos y nuevos retos para lograr el éxito de su funcionamiento. Gran parte de estos retos guardan una estrecha relación con los cambios en el manejo de la alimentación que este sistema implica, pues parte del secreto de la aceptación del robot por parte de las vacas se encuentra en el concentrado del robot y el equilibrio en la formulación con la ración del pesebre. Sobre todo, en sistemas de tráfico libre, en el que las vacas deben acudir de forma voluntaria.

Dado el auge que está teniendo la puesta en marcha de robots de ordeño en el noroeste de España, donde se concentra más de la mitad del ganado de vacuno de leche del país, y el gran desconocimiento que existe hasta el momento, es fundamental dar a conocer como es el manejo de la alimentación en estas explotaciones y los factores que influyen en él. Así se llevaron a cabo dos estudios en ganaderías de Galicia, Asturias y Cantabria que cuentan con robot de ordeño de la marca Lely. En el estudio 1 se recogieron datos de las raciones formuladas por los nutricionistas de 35 granjas. Se valoraron las características nutricionales de las raciones y los ingredientes, y se realizó una comparativa entre granjas mediante estadística descriptiva. En el estudio 2, se recogieron datos de lactaciones completas de los animales presentes en cinco granjas (un total de 64029 entradas en SPSS) para estudiar los factores que pueden influir en la variable de consumo de concentrado en el robot para producir 100kg de leche. Se realizó una ANOVA de las variables independientes (granja, número de lactación, días en lactación (DEL), producción diaria, número de ordeños diarios, peso vivo y minutos de rumia) y finalmente un modelo mixto para conocer la relación entre variables.

Los resultados obtenidos muestran como la mayor parte de las explotaciones de estudio usaron los mismos ingredientes (ensilaje de maíz, ensilaje de hierba y 2 tipos de concentrados diferentes), aunque las características nutricionales de todos ellos variaron entre explotaciones, principalmente las del ensilaje de hierba (24,1 - 33,5% de MS y 11,0 - 14,7% de PB en el 50% de las granjas) y el concentrado de pesebre (22,2 - 29,7% de PB en el 50% de las ganaderías). Así mismo, el consumo de concentrado/100kg de leche varía de forma significativa ($P < 0,05$) en relación a diversos factores tales como DEL, número de lactación, número de ordeños diarios, producción diaria y minutos de rumia, es decir, son numerosos los factores que tienen efectos sobre esta variable y cuyo efecto resulta fundamental conocer para llevar a cabo un manejo óptimo de la alimentación.

Palabras clave: vacuno de leche, sistema de ordeño robotizado, tráfico libre, manejo alimentario, concentrado de robot.

ABSTRACT

Farms that acquire an automatic milking system (AMS) face numerous and new challenges to achieve the success of their operation. Much of these challenges have a close relationship with the changes in feeding management required by this system. Since part of the secret in the acceptance of the robot by the cows comes from the robot's concentrate and the balance in the formulation with the ration at the feedbunk. Especially in free traffic systems, which cows should go on a voluntary basis.

Given the boom in the development of automatic milking system (ASM) in northwestern Spain, where more than half of the country's dairy cattle is raised, and due to the lack of knowledge until now, seems of interest the research based on feeding management performance and the factors that influence it. Thus, two studies have been carried out in the Galician, Asturias and Cantabria regions, with Lely AMS brand. In study 1 data from 35 farms was collected from the formulated ration by nutritionists. The nutritional characteristics of the rations and the ingredients were evaluated, and a comparison between farms was carried out using descriptive statistics. In study 2, data from complete animal lactations were collected in five farms (a total of 64029 entries in SPSS) to study the factors that may influence the concentrate consumption in the robot to produce 100kg of milk. An ANOVA of the independent variables (farm, lactation number, DIM, daily production, number of milking, weight and rumination) was performed and, finally a mixed model to know the relation among variables.

The results obtained show that most of the studied farms used the same ingredients (corn silage, grass silage and 2 different types of concentrates), although the nutritional characteristics of those varied among farms, mainly those of the grass silage (24.1 - 33.5% MS and, 11.0 - 14.7% PB in 50% of the farms) and the feedbunk concentrate (22.2 - 29.7% PB in 50% of farms). Also, the consumption of concentrate / 100kg of milk varies significantly ($P < 0.05$) in relation to several factors such as DIM, lactation number, number of milking, daily production and rumination time, that it is to say, there are numerous factors that have actuate in this variable and whose effects are fundamental to know how to make an optimal management of the feeding.

Key words: dairy cattle, automatic milking systems, free cow traffic, feeding management, robot concentrate.

ÍNDICE

RESUMO	i
RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÍNDICE	iv
ABREVIACIONES	v
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
MATERIAL E MÉTODOS	3
Estudo 1: Descripción das racións formuladas.....	3
Estudo 2: Factores que inflúen no consumo do concentrado no robot.....	5
RESULTADOS E DISCUSIÓN	7
Estudo 1: Descripción das racións formuladas.....	7
• RACIÓN TOTAL (RT).....	7
• FORRAXES	10
• CONCENTRADO DE PRESEBE E ROBOT	13
Estudo 2: Factores que inflúen no consumo do concentrado no robot.....	15
• ANOVA de un factor	15
• Modelo mixto lineal	25
CONCLUSIONES	28
Estudo 1: Descripción das racións formuladas.....	28
Estudo 2: Factores que inflúen no consumo do concentrado no robot.....	28
BIBLIOGRAFÍA.....	29

ABREVIACIONES

- AMD: amidón
- AMS: Automatic Milking System, sistema de muxido robotizado en galego.
- BEP: balance enerxético positivo
- BEN: balance enerxético negativo
- FAD: fibra ácido deterxente
- FND: fibra neutro deterxente
- GB: graxa bruta
- IMS: inxestión de materia seca
- MS: materia seca
- PB: proteína bruta
- PV: peso vivo
- RPM: ración parcial mesturada
- RTM: ración total mesturada
- RT: ración tot

INTRODUCCIÓN

A escaseza de man de obra, xunto coa busca dunha mellora na calidade de vida, un aumento da produción e o apoio financeiro por parte das entidades públicas está levando a un aumento considerable da instalación de robots de muxido en moitas gandarías do Noroeste de España. Só en Galicia se instalaron 60 robots de muxido Lely durante o 2018, o que supuxo un incremento dun 200% das vendas con respecto ao ano anterior, ascendendo a 300 o número total de robots desta marca entre Galicia, Asturias e Cantabria.

A adquisición dun sistema de muxido robotizado (ASM, polas súas siglas en inglés “Automatic Milking System”) supón un cambio moi importante na forma de manexo do rabaño, pois agora o gandeiro xa non vai ser quen se encargue de muxir aos animais. A filosofía da empresa Lely fundamentase na optimización do benestar animal, de forma que unicamente traballa con sistemas de tráfico libre, nos que a vaca posúe a liberdade para acudir a muxirse de forma voluntaria, sendo o obxectivo de referencia 3 muxidos/vaca/día. Para conseguir unha asistencia voluntaria, frecuente e regular coa mínima intervención do home, a máquina usa como principal atractivo para as vacas un concentrado que dispensa durante o muxido. Aínda que se cumpra este obxectivo tamén vai depender doutros factores como son a xestión da ración, deseño da corte, confort das vacas, estado de saúde e interaccións entre os membros do rabaño (Endres, M. e Salfer, J., 2016).

Por tanto, esta nova forma de traballo implica cambios no programa de alimentación. Nos sistemas de muxido tradicionais elabórase unha única ración total mesturada (RTM) que se administra no presebe e na que se inclúen todos os alimentos que vai consumir a vaca. A RTM fórmulase para cubrir as necesidades nutricionais segundo a media de produción do rabaño, sen ter en conta os días en lactación nin as diferencias de producións individuais.

Sen embargo, naquelas granxas que contan con ASM, elaborase unha ración de tal forma que parte dela se proporciona no presebe e outra parte no robot. A parte da ración que se dá en presebe denomínase ración parcial mesturada (RPM) ou ración base e inclúe todas as forraxes e parte do concentrado, dándose o restante a través da máquina de muxido. Así, seguindo as recomendacións de Lely, a ración base é formulada para cubrir as necesidades nutricionais do rabaño segundo a súa media de produción menos 7 kg de leite, cubrindo o total de necesidades mediante o concentrado de robot.

A asignación de concentrado a través da máquina non é aleatoria, senón que se axusta, primeiro, aos días transcorridos dende o parto ata alcanzar o día no que se logra o pico de lactación media do rabaño. Durante este tempo a cantidade asignada vai aumentando progresivamente,

adxudicando a maior cantidade no momento de máxima produción. Unha vez que se alcanzou o pico de produción, proporcionase o penso en función dos kg de leite/día producidos de forma individual, premiando con maior cantidade ás máis produtoras e restrinxíndoo nas que son menos.

O obxectivo desta forma de racionamento é o de lograr unha alimentación moito máis precisa, é dicir, a de adaptar o consumo de concentrado de cada animal segundo as súas necesidades nutricionais específicas en base aos kg de leite que produce para evitar perdas de produción das vacas de maior rendemento debido a unha restrición enerxética e o engorde das menos produtoras por unha sobrealimentación, problemas que se asocian con rabaños moi heteroxéneos cando se proporciona a todas a mesma cantidade de comida.

É dicir, este novo manexo da alimentación dos ASM ten dúas metas fundamentais, por un lado conseguir visitas voluntarias, frecuentes e regulares; e por outro lado, lograr unha mellora na eficiencia alimentaria.

Mais non é suficiente unicamente proporcionar concentrado no robot para lograr cumprir o primeiro obxectivo, senón que este terá que ser apetecible para que resulte atractivo para a vaca, e ademais, estar correctamente balanceado coa ración base para evitar desequilibrios nutricionais e todos os problemas que isto implica. En relación con isto, hai estudos que demostran que o concentrado que mellor funciona no robot de muxido é aquel elaborado con alimentos moi palatables, tales como cereais ricos en amidón e melazas, e cunha presentación en gránulo de alta durabilidade, de forma que resulte saboroso para vaca e se evite a formación de po que provoca o rexeitamento do animal (Bach, A. *et al.*, 2007; Rodenburg, J., 2011). Por outro lado, en contra do que nun inicio se podería pensar, a cantidade administrada parece non ter unha influencia no número de visitas unha vez que se supera certo umbral, que Bach, A. e Cabrera, V. (2017) situaron en aproximadamente 3 kg por visita. Desta forma, recoméndase asignar un máximo de 9 kg de concentrado de robot diarios.

Por outra banda tamén é necesario ter en conta que existen factores na granxa que poden influír no consumo de concentrado no robot, ou na resposta produtiva dos animais ao mesmo, así como que os cálculos que se estiman para a inxestión diaria para cada animal, tanto de RPM como de concentrado de robot, son teóricos, podéndose ver influenciados por moitos factores presentes acotío no rabaño.

OBXECTIVOS

Ante o auxe que está a ter na actualidade a substitución de sistemas de muxido tradicional por sistemas de muxido robotizado nas explotacións de vacún de leite no noroeste de España e o desafío que supón o cambio no manexo da alimentación que isto implica, decidiuse realizar un

estudo co obxectivo de coñecer as características das racións que se subministran nestas granxas e investigar cales son os factores que poden ter influencia sobre a cantidade de concentrado consumido no robot en relación á cantidade de leite producida, para abrir un campo a novos estudos que permitan axudar a mellorar a eficiencia dos sistemas de alimentación que asignan concentrado en función do nivel de produción individual, como é o do robot de muxido.

MATERIAL E MÉTODOS

Estudo 1: Descrición das racións formuladas

Recolléronse datos das racións subministradas en 35 explotacións situadas no noroeste de España (Galicia, Asturias e Cantabria) que contaban con robot de muxido da marca Lely. A media de produción situouse entre 35-42 kg de leite/vaca/día e a de muxidos entre 2,8 e 3,2 por día. Nestas gandarías muxíronse 63 vacas de media nun robot ($x=25$), 125 vacas en dous robots ($x=7$), 188 vacas en tres robots ($x=2$) e 250 en 4 robots ($x=1$).

Os parámetros nutricionais obtivéronse a partir da fórmula alimentaria proporcionada polos nutricionistas, dos cales 21 pertencían a fábricas de penso e 14 eran asesores independentes. As racións datan de entre setembro e decembro do 2018.

Fíxose unha análise descritiva dos valores nutricionais de:

- **Ración total (RT):** inclúe todos os alimentos proporcionados ao animal, tanto no presebe como no robot.
- **Ración Parcial Mesturada (RPM):** fai referencia unicamente aos alimentos aportados no presebe. Inclúe todas as forraxes e parte do concentrado. Esta formulase para a media de produción do rabaño menos 7-10 kg de leite, seguindo as recomendacións de Lely.
- **Concentrado de presebe ou da RPM e concentrado de robot:** comparouse a composición nutricional dos dous concentrado empregados nas granxas. O concentrado de robot formulouse para cubrir as necesidades nutricionais que non abarcou a RPM, empregándose como un punteo segundo produción individual. A forma de presentación foi como fariña (“mestura”) no caso do concentrado de presebe, e coma gránulo de alta durabilidade no caso do concentrado de robot.
- **Forraxes principais aportados na RPM,** os cales adoitan ser ensilaxe de millo e ensilaxe de herba.

Nas análises das racións e ingredientes os parámetros analizados foron: materia seca (MS), proteína bruta (PB), amidón (AMD), fibra ácido deterxente (FAD), fibra neutro deterxente (FND) e graxa bruta (GB). Todos eles expresados como porcentaxe sobre materia seca.

Ademais valorouse a proporción que representou cada un dos ingredientes sobre o total de MS calculado para a inxestión de cada vaca ao día.

Os resultados de cada parámetro presentáronse nos valores de referencia para un diagrama de caixa e bigotes (Figura 1). Este é un gráfico representativo das distribucións dun conxunto de datos ordenados, que nos aporta información sobre tendencia central, simetría e dispersión a través destes parámetros:

- Máximo (MAX): valor máis alto do conxunto de datos ordenado, que no gráfico se representa por un bigote superior.
- Mínimo (MIN): correspóndese co menor valor do conxunto de datos, que no gráfico aparece representado polo bigote inferior.
- Cuartil 1 (Q1): valor por debaixo do cal se atopan o 25% dos datos, e que delimita a parte inferior da caixa.
- Cuartil 2 (Q2) ou MEDIANA: valor que divide ao conxunto de datos en dúas partes iguais, de forma que un 50% se sitúa por debaixo deste valor e o outro 50% por encima. No gráfico representase como un liña vertical que divide a caixa central.
- Cuartil 3 (Q3): valor por debaixo do cal se atopan o 75% dos datos e que no gráfico delimita a parte superior da caixa.
- Rango intercuartílico (RIC): é a diferenza entre Q3 e Q1, é dicir, é unha medida de dispersión cuxo valor é o mesmo que a lonxitude do intervalo onde se encontran o 50% dos datos centrais, que no gráfico se correspondería coa lonxitude da caixa. A maior valor do RIC maior é a dispersión por tanto.

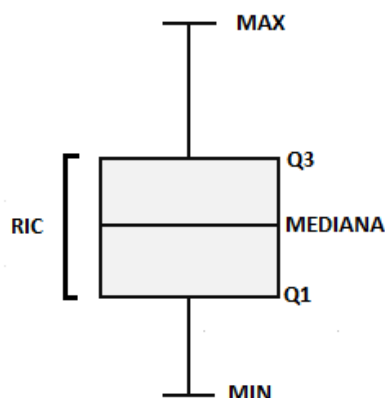


Figura 1. Diagrama de caixa e bigotes onde se indica como se representa cada un dos parámetros.

Estudo 2: Factores que inflúen no consumo do concentrado no robot.

Os datos obtivéronse a partir de 5 granxas situadas en diferentes puntos de Galicia, descargándoos directamente dende a aplicación informática T4C (Time for Cows)[®] para o manexo do robot de cada gandaría. Recolleuse a información do período que abarca dende outubro do 2017 ata outubro do 2018, de todas as vacas que estiveron no grupo de lactación. Sen embargo descartamos os datos dos 5 primeiros días de lactación, por considerar o comportamento dos animais durante estes días como un factor que crea erro nos resultados finais de estudio, debido as condicións fisiolóxicas do post-parto (produción de costro, recuperación física do parto, baixa capacidade de inxestión, etc.) e tamén pola situación de estrés asociada ao cambio de grupo, alimentación e manexo.

Nestas granxas ofertouse unha ración base ou RPM que incluía ensilaxe de millo forraxeiro, ensilaxe de herba e concentrado en forma de fariña nunha proporción forraxe:concentrado 80%:20% aproximadamente, sen embargo non se dispoñía de datos de consumo nin valores nutricionais da ración subministrada en presebe.

As variables estudadas foron:

Variable dependente: Kg de concentrado/100 kg de leite corrixida por enerxía
(KgConcentrado100kgLeiteEnerxía)

Factores ou variables independentes:

- Granxa
- Número de lactacións (NºLactacións)
- Días en lactación (DEL)
- Número de muxidos diarios (NºMuxidos)
- kg de leite corrixida por enerxía/ día (ProducciónEnerxía)
- Peso vivo (PV)
- Minutos de rumia/24horas (MinutosRumia)

O leite producido corrixíuse por enerxía (LCE) segundo a fórmula (Bach, A., 2005):

$$LCE \text{ (kg/d)} = 0,25 \times \left(\text{kg leite bruto/día} \right) + 12,2 \times \left(\text{kg graxa/día} \right) + 7,7 \times \left(\text{kg proteína/día} \right)$$

Desta maneira tívose en conta a concentración tanto de proteína como de graxa do leite, de forma que se reduciu o erro que se cometería ao comparar a produción bruta de vacas con

diferentes concentracións de graxa e proteína no leite Moisey, F. R. e Leaver J. D. (1985). Polo tanto, ao mencionar a produción diaria das vacas ao longo do estudo, estase facendo referencia en todo momento ao leite corrixido por enerxía, a non ser que sexa especificado o contrario.

Ademais, debido a que, como xa se dixo, non se depoñían de datos de inxestión individual en presebe, ao mencionar consumo por produción, estase facendo referencia ao consumo de concentrado en robot por cada 100 kg de leite corrixido por enerxía, a non ser que sexa especificado o contrario.

O estudo estatístico fíxose mediante o programa SPSS 15.0 for Windows® e dividiuse en dúas fases. Primeiro realizouse unha análise **ANOVA de un factor**, para determinar se a variable dependente estaba relacionada con cada un dos factores de forma individual, en base a se existían diferencias significativas entre as medias da variable dependente para cada unha das categorías ou grupos da variable independente. Ademais, ao realizar a proba ANOVA, obtivéronse datos estatísticos descritivos por cada grupo ou categoría e comprobáronse as diferencias entre grupos mediante a corrección de Bonferroni, cuxos resultados nos indican entre que grupos se producen as diferencias significativas.

Para realizar a análise estatística dividiuse cada variable independente en varias categorías. No caso da produción corrixida por enerxía, peso vivo do animal e minutos de rumia dividíronse en 4 grupos en base aos valores de Q1, Q2 e Q3, de maneira que resultaron como:

Factor	Categoría			
	0	1	2	3
ProduciónE enerxía (kg/día)	≤ 35,1	35,2-41,0	41,2-47,1	≥47,2
PesoVivo (kg)	≤567	568-618	619-669	≥670
MinRumia (min/día)	≤428	429-475	476-517	≥518

A variable de número de lactacións dividiuse en tres categorías, resultando como: 1 para os casos de 1ª lactación, 2 para os casos de 2ª e 3 para os de 3 ou máis lactacións, pois só un 20% dos casos se atopaban por encima de 3 lactacións. De forma similar o número de muxidos diarios dividiuse como: 1 para os casos de un ou menos muxidos ao día, 2 para os casos de 2 muxidos diarios, 3 para 3 e 4 para 4 ou máis porque tan só nun 10% dos casos estudados o número de muxidos diarios superou o 4. No caso das explotacións quedaron agrupadas por granxa asignándoselles un número a cada unha: 1, 2, 3, 4 e 5.

Por último, os días en lactación (DEL) agrupáronse en base á fase de lactación. O inicio de lactación caracterízase por un incremento progresivo da produción de leite dende o día do parto ata alcanzar un máximo ou pico de lactación ás 6-8 semanas de paridas (42-56 DEL). Logo a produción mantense estable ata o día 150 de lactación aproximadamente, para a continuación

comezar a diminuír progresivamente. A partir do día 210 tras o parto, a produción comeza a caer por debaixo duns límites a partir dos cales non resulta rendible a obtención de leite polo elevado consumo de MS en comparación coa produción. (Church, D.C., 1988; Etgen, W. E., James, R. E. e Reaves, P. M., 1987). Este método foi tamén o empregado polos nutricionistas para facer o cambio das táboas de asignación de concentrado por días en leite a asignación por produción individual, é dicir, estableceron o día de cambio en base ao día medio no que as vacas alcanzaban o pico de lactación de media, cuxos valores se situaron entre os empregados na categorización descrita (día 40-100).

En base a isto considerouse como inicio de lactación ou categoría 0 dende o día 5 ata o día 40 tras o parto; pico de lactación ou categoría 1 dende o día 41 ata o día 100; metade de lactación ou categoría 2 dende o día 101 ata o día 210; e final de lactación ou categoría 3 máis de 210 días.

Unha vez realizada a proba ANOVA de un factor levamos a cabo un Modelo Mixto Lineal, para valorar conxuntamente todos os factores que tiveran un efecto significativo sobre a variable dependente (kg de concentrado/100 kg de leite corrixida por enerxía), o cal nos permitiu valorar se a relación entre os factores independentes e a variable dependente que indicaba a proba ANOVA era real ou se, en cambio, había interaccións entre variables. Utilizouse un modelo lineal porque a variable dependente é continua. Este tipo de modelo permite controlar os posibles efectos de agrupamento dentro de un rabaño, xa que se espera que dentro dun mesmo rabaño os parámetros se parezan mais entre si (mesmo ambiente, manexo, ración,...).

RESULTADOS E DISCUSIÓN

Estudo 1: Descrición das racións formuladas

A continuación, preséntanse os resultados obtidos con relación ao primeiro estudio distinguindo entre ración total, forraxes e concentrados.

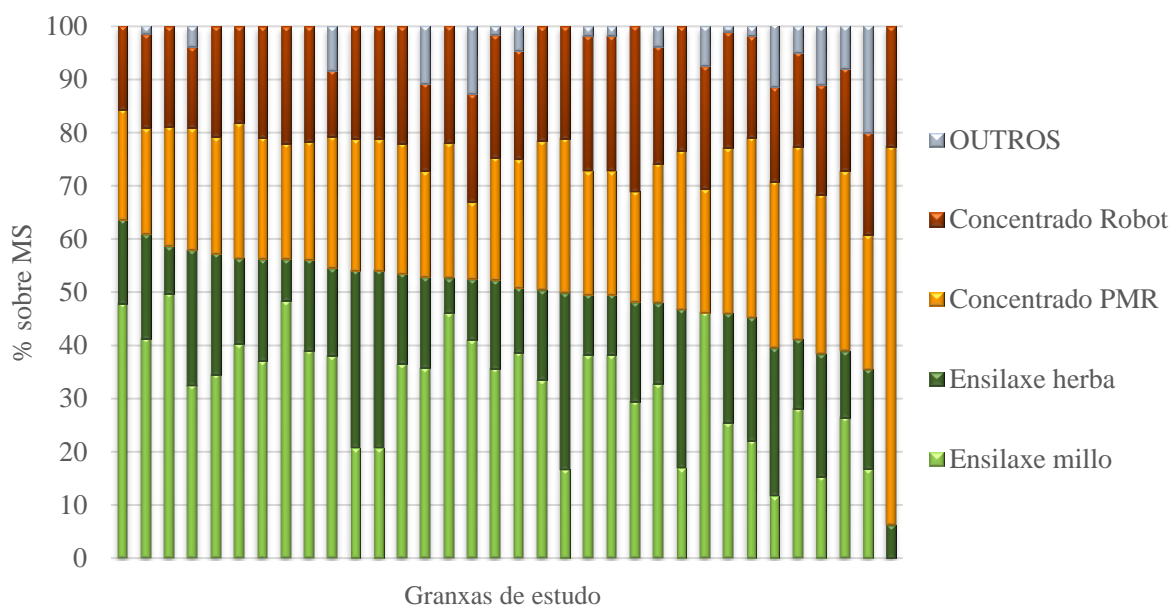
- *RACIÓN TOTAL (RT)*

Á hora de elaborar as formulacións, o primeiro que se tivo en conta nas granxas de estudo foi a dispoñibilidade e calidade das forraxes presentes, pois estas foron a fonte alimenticia máis barata. Así, como se aprecia na gráfica 1, a tendencia central nas granxas de estudo foi usar aproximadamente un 50% de MS correspondente ao ensilaxe de millo e ensilaxe de herba, presentándose este último en menor proporción. A porcentaxe de MS que representaron o

concentrado de presebe e de robot situouse como tendencia centrar nun 46%, mentres que outros ingredientes, entre os que destacou a palla e palla de alfalfa, pasto e melazas, representaron un 1,7%.

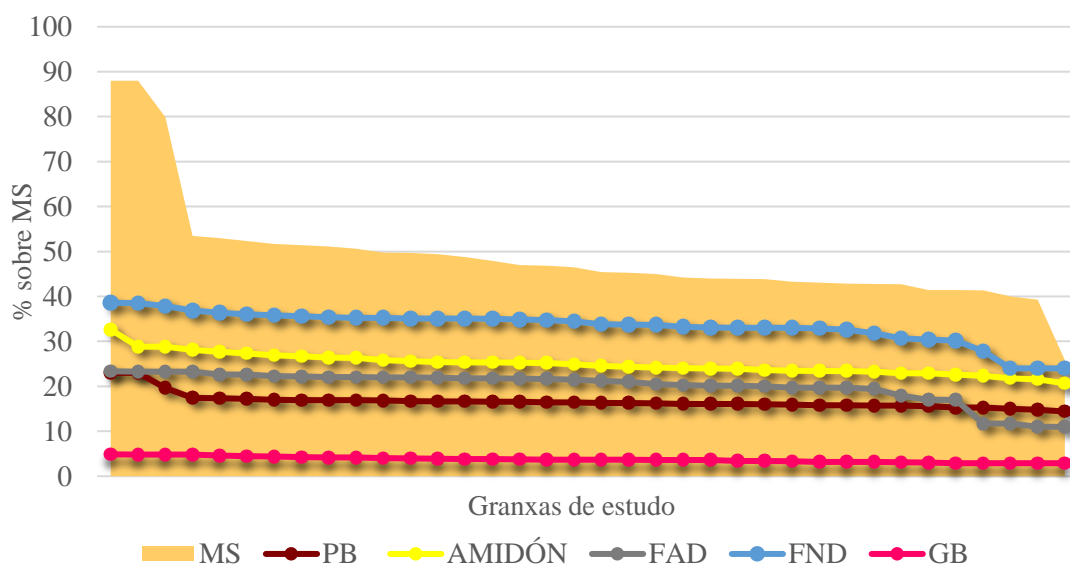
A maior variabilidade en canto a cantidade usada correspondeuse coa ensilaxe de millo (RIC=9,4), seguida da ensilaxe de herba (RIC=7,4), mentres que a proporción de concentrados empregados foi o que menos variou (RIC do concentrado de presebe e robot foi de 5,6 e 3,1 respectivamente). En xeral, o ingrediente con maior presenza foi a ensilaxe de millo, aínda que atopamos dende explotación nas que non se empregou ata outras nas que chegou a representar ata un 60% do total da MS da ración.

A cantidade de concentrado subministrado no presebe foi similar á proporcionada na máquina, en parte, debido a que esta última ten unha capacidade de administración limitada a un máximo de 3 kg por visita, e, a súa vez, o consumo total ao longo do día vese limitado polo número de muxidos diarios.



Gráfica 1. Proporción dos ingredientes empregados na ración das granxas de estudo expresados en % sobre MS. Aparecen ordenados de esquerda a dereita de maior a menor contido de forraxes.

Mais, a pesar das diferencias mencionadas entre explotacións en canto a proporción de ingredientes usados, na gráfica 2 podemos observar como os valores nutricionais da ración total administrada non foron moi variables, a excepción da MS, cuxo RIC foi de 7,7 unidades, o que se relacionou coa variación de forraxe empregada.



Gráfica 2. Dispersión dos valores nutricionais expresados en % sobre MS da RT de cada explotación, ordenados de esquerda a dereita de maior a menor contido de MS no total da ración. A área de fondo representa a porcentaxe materia seca de cada explotación e os marcadores o valor do nutriente de cada una das granxas.

Do mesmo xeito, na maior parte dos casos, os valores nutricionais da RT encontrábanse dentro dos límites recomendados polo sistema americano *National Research Council* (NRC, 2001), os cales aparecen recollidos na táboa 2.

Así, tal e como suxire o NRC (2001), o valor da PB situouse entre un 15,8 e un 16,9 na metade das explotacións (táboa 1).

O sistema americano tamén recomenda formular con valores de entre 35 e 40% de hidratos de carbono non fibrosos (CNF) durante toda a lactación. Dentro deste grupo inclúese o amidón, recomendándose un máximo de 24-28% segundo o risco de acidose ruminal (a maior produción de leite maior é o risco de padecer esta patoloxía) (táboa 2) (Chase, I. E., 2002). Durante o estudio viuse que un 75% das explotacións usou valores inferiores ao 26,3% (táboa 1), pois a media de produción das vacas estivo entre 34-42 kg de leite/día, é dicir, encádranse dentro da categoría de vacas de alta produción, existindo, por tanto risco de acidose.

En canto ao contido de fibra, a tendencia central do valor de FAD observada foi de 21,3%, aínda que no 25% dos casos este nutriente mantívose por debaixo de valores moi próximo ao mínimo recomendados (Q1=19,1; mínimo recomendado=18 ao inicio de lactación), como se pode observar nas táboas 1 e 2. Sen embargo, no caso da FND, o 75% das explotacións mantivéronse en valores maiores a un 32,8%, moi superior ao mínimo do 26% recomendado polo NRC (2001).

Por último, polo que respecta a graxa da ración total, esta pode supoñer entre un 5-7% da MS para vacas moi produtivas segundo Church *et al.* (2002), recomendándose un máximo de graxa engadida de entre 3 e 4% (unha ración con fontes de graxa non agregadas contén de forma común de 3 a 4% de graxa). No caso deste estudo, como se aprecia na táboa 1, a tendencia central foi a de formular con valores en torno ao 3,7% de graxa sobre MS, non superándose en ningún caso o máximo de 4,9%.

Valor nutricional RT	MS	PB	AMIDÓN	FAD	FND	GB
MIN	25,8	14,4	20,7	11,0	24,0	2,9
Q1	43,0	15,8	23,4	19,7	32,8	3,2
MEDIAN A	46,0	16,3	24,7	21,3	34,1	3,7
Q3	50,7	16,9	26,3	22,0	35,3	4,2
MAX	88,0	23,0	32,6	23,3	38,6	4,9
RIC	7,7	1,1	2,9	2,3	2,5	1,0

Táboa 1. Valores nutricionais da ración total das graxas de estudo expresados en % sobre MS.

CONCEPTO	ETAPA DE LACTACIÓN		
	<i>INICIAL</i>	<i>MEDIA</i>	<i>FINAL</i>
PB , % de MS	17-18	16-17	14-16
FAD , % de MS	18-20	21-23	22-24
FND , % de MS	26-30	32-34	34-36
FND de forraxe, % de MS	20-22	23-25	25-27
GRASA , máximo, % de MS	6-8	4-6	4-5
CNF , % de MS	35-40	35-40	35-40
*ALMIDÓN máximo, % de MS	24-28		

Táboa 2. Necesidades nutricionais para unha vaca leiteira de alta produción en lactación, adaptada ás recomendacións do sistema NRC (2001). Adaptada de: Chase, L. E. (2002). Especificaciones de ración para vacas lecheras en lactación [tabla]. En Church D. C, Pond, W. G. e Pond, K. R. (Eds.) Fundamentos de nutrición y alimentación de animales, p.431. México: Limusa.

- **FORRAXES**

A través da gráfica 3, comparouse a dispersión dos valores nutricionais da ensilaxe de millo coa ensilaxe de herba. Así vese que apenas existiu no caso da primeira, a diferenza do que se sucedeu coa segunda. Esta diferenza en canto á variabilidade dos valores nutricionais explicouse pola distinta forma de manexar ambas forraxes.

En xeral, o proceso de ensilaxe da planta de millo é moi constante entre granxas. Colleitase en épocas moi concretas do ano (verán e outono), tendo sempre en conta a idade da planta, xa que o principal obxectivo deste cultivo é o de lograr o maior contido en amidón posible e este varía co paso do tempo. Ademais, pícase de forma que a partícula alcanza un tamaño moi reducido (3-4 cm), o que favorece o proceso de almacenamento ao evitar a circulación de aire entre as partículas. Así mesmo, o millo forraxeiro conta cunha gran cantidade de azucres complexos, principalmente amidón, que se transforman en ácido láctico en condicións de anaerobiose durante o proceso de fermentación, o que permite unha baixada rápida do pH e, con isto, a inhibición da actividade de microorganismos alterantes, o que facilita a súa conservación e dá lugar, por tanto, a menor variación na súa composición nutricional (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

Sen embargo, o manexo do ensilaxe de herba é máis impreciso, o que inflúe directamente na súa dispersión dos valores nutricionais. Como se pode ver na táboa 3, o parámetro que mostrou maior dispersión foi a MS (RIC=10), seguido da fibra (RIC de FAD y FND 5,1 y 4,9 respectivamente) e a PB (RIC=3,9).

No que respecta ao contido de MS, o principal factor que lle afecta é o pre-secado realizado tras o corte da herba e antes da súa recollida e almacenamento. Esta práctica depende do clima (temperatura e humidade ambiental) e das horas de duración do mesmo, de forma que resulta difícil adaptar o tempo a transcórrese de secado da herba ás condicións climáticas de cada zona e época do ano para conseguir un resultado homoxéneo, tanto entre granxas como incluso dentro de cada una delas ao longo do ano.

Por outra parte, a dispersión do contido en fibra relacionouse co feito de que o cultivo do pasto no se levou a cabo de forma sistemática, se non que o corte se realizou un número variable de veces ao ano en función das condicións climáticas da zona e crecemento das plantas, sen ter en conta a idade. Isto repercutiu na porcentaxe de fibra da ensilaxe, pois a medida que a planta envellece aumentan as súas partes filamentosas, as cales son ricas en fibra non dixerible. Ademais, á diferenza do que sucede co millo forraxeiro, o pasto non se sementa para cada colleita, senón que se aproveitan os rebrotes durante varios anos consecutivos, e en cada novo cultivo dun rebrote o contido en fibra das plantas é maior (Fernández, M., 2012).

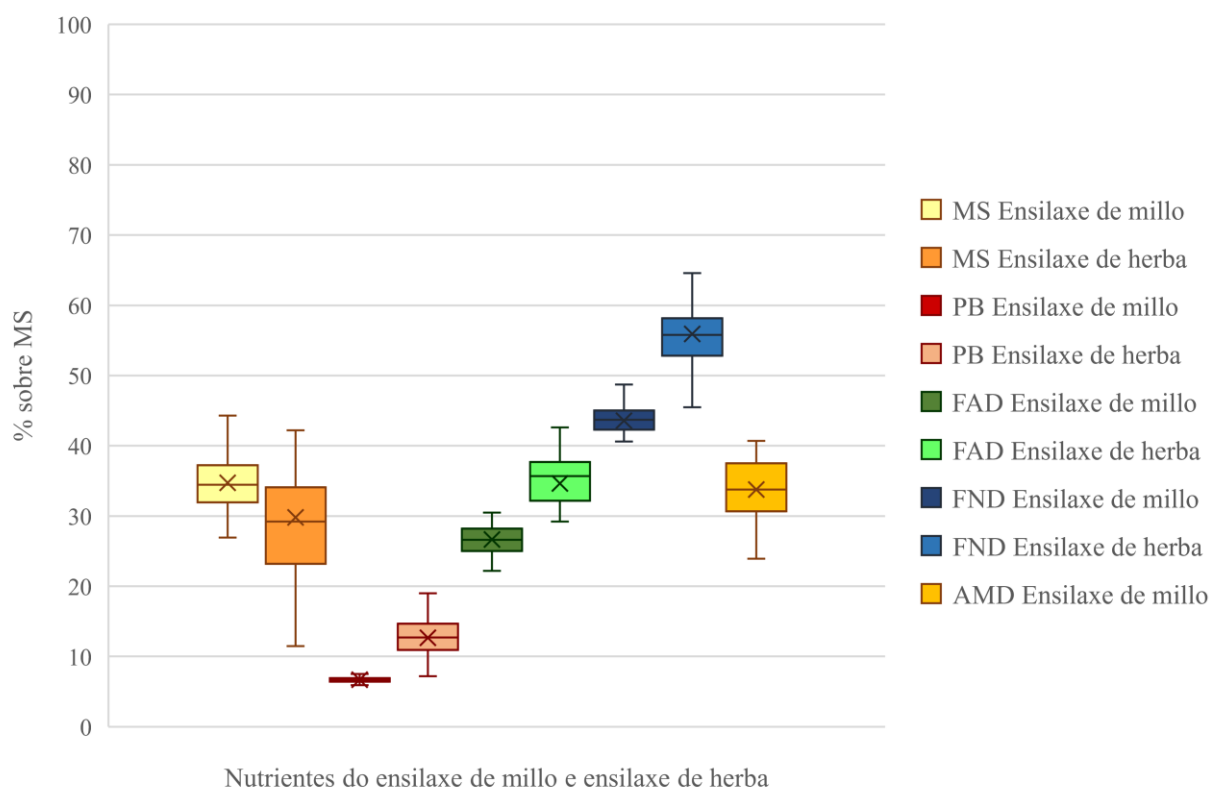
Outro dos factores máis importantes que inflúe na proporción dos nutrientes desta forraxe é a heteroxeneidade da composición botánica dos pastos. O principal nutriente afectado por este feito é a PB, debido, fundamentalmente, ás diferenzas na relación leguminosas-gramíneas. Así, a maior porcentaxe de PB presentase cando predominan as primeiras. Neste sentido, tamén destaca a diferenza entre o mínimo (7,2%) e máximo (19,0%) atopado (táboa 3). Unha posible xustificación é, como indica Pereira-Crespo *et al.* (2015), a actual tendencia que existe nas

explotación de gran tamaño de Galicia de efectuar colleitas monofitas de gramíneas en rotación con millo forraxeiro en detrimento dos cultivos mixtos de leguminosas e gramíneas, de forma que as ensilaxes efectuadas nestes casos terán unha proporción moi baixa de PB pola súa escasa presenza nesta familia de plantas.

Ademais, a dispersión dos valores da PB, tamén se relacionou, ao igual que os anteriores parámetros, coa época do ano na que se realiza o corte, pois os cultivos de primavera caracterízanse por un maior contido deste nutriente.

Finalmente puidemos apreciar que existía complementariedade entre estas forraxes. Pois como se aprecia na gráfica 3 e táboa 3, a ensilaxe de millo resultou moi enerxética, pois o seu contido en amidón foi moi elevado, como se pode observar na táboa 3 en ningún caso o seu valor se situou por debaixo do 23,9% sobre MS.

Desta maneira este ingrediente converteuse na principal fonte enerxética do presebe. Por outra banda, a ensilaxe de herba foi unha fonte importante de proteína, pois o seu contido mantívose entre un 11,9 e un 14,2% na metade das granxas (Q1 e Q3 respectivamente), mentres que no caso da ensilaxe de millo non se chegou a superar en ningunha situación o valor máximo do 8,0%. Ambos ensilaxes representaron a principal fonte de fibra da ración.



Gráfica 3. Diagrama de caixas que representa a dispersión, tendencia central e máximos e mínimos dos valores nutricionais do ensilaxe de millo e ensilaxe de herba. Para poder comparar ambos ensilaxes colócanse de tal forma que para cada un dos nutrientes estudados, a caixa e bigotes da esquerda se corresponden coa ensilaxe de millo forraxeiro e os da dereita coa ensilaxe de herba.

	ENSILAJE DE MAÍZ					ENSILAJE DE HIERBA			
	MS	PB	FAD	FND	ALM	MS	PB	FAD	FND
MIN	26,9	5,4	23,5	37,7	23,9	11,5	7,2	25,4	46,3
Q1	31,8	6,4	25,4	42,4	30,7	24,1	11,0	28,9	53,4
MEDIANA	34,4	6,7	26,8	43,7	33,7	29,3	12,9	31,0	55,8
Q3	36,7	7,0	28,3	45,1	36,2	33,5	14,7	32,5	57,9
MAX	44,3	8,0	30,5	50,5	39,5	54,4	19,0	37,4	68,0
RIC	5,2	0,6	2,9	2,7	5,6	10,0	3,7	5,1	4,9

Táboa 3. Valores nutricionais da ensilaxe de millo (á esquerda) en ensilaxe de herba (á dereita) das diferentes granxas de estudo, expresados en % sobre MS.

- **CONCENTRADO DE PRESEBE E ROBOT**

A ración complementouse co concentrado proporcionado a través da RPM no presebe e co concentrado do robot. Ao comparar as características nutricionais de ambos, como se mostra a través da gráfica 4, observouse que apenas había dispersión dos valores nutricionais do concentrado de robot entre as diferentes explotacións, a diferenza do que sucedeu co concentrado da RPM. Isto explicouse porque o primeiro respondía a fórmulas estándar elaboradas polas fábricas de pensos, de forma que o axuste da ración se realizou, fundamentalmente, mediante o concentrado do presebe.

Tamén se comprobou que existía complementariedade entre ambos é dicir, formuláronse de maneira que os nutrientes presentes en pequena proporción nun deles foron superiores no outro. Así, o concentrado de robot resultou moi enerxético (rico en amidón), mentres que o concentrado da RPM tivo unha maior proporción de PB e GB.

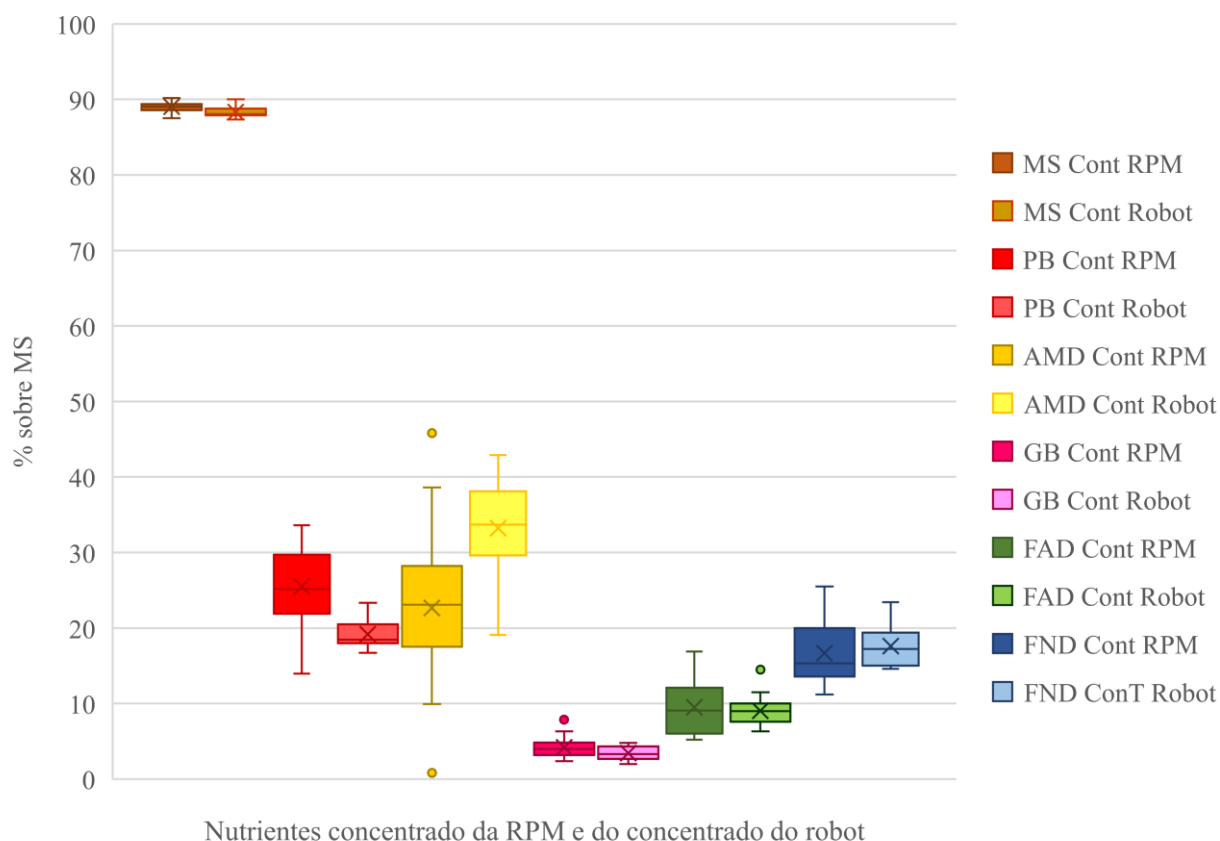
Como pode verse na táboa 4, a tendencia central foi a de formular o concentrado de presebe con maior cantidade de proteína (Q2 concentrado de RPM = 25,2% fronte a un 18,5% no robot), e menor proporción de amidón en comparación co concentrado do robot (Q2 concentrado RPM=23,1% fronte a un 33,7% do concentrado do robot), co obxectivo de reducir o custo deste último e aumentar a súa palatabilidade.

O granulado do penso incrementa os custos de fabricación, polo que, para amortizar este gasto, se recorre ao uso de materias primas de menor prezo. Segundo o informe semanal de evolución dos prezos de cereais e oleaxinosas do Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación elaborado a data de marzo de 2019, o prezo dos principais cereais (trigo, millo e cebada), que son fundamentalmente enerxéticos, situouse entre 150-220€/tn fronte aos 300-360€/tn das principais

oleaxinosas (soia, colza e xirasol), as cales son fonte de proteína. Así, a elaboración dun concentrado máis enerxético e con menor cantidade de proteína, resulta máis económico, suplíndose os requirimentos de proteína a través do concentrado de presebe. Por outra parte, relaciónanse os concentrados ricos en azucres, amidón principalmente, cunha maior palatabilidade para as vacas, polo que, ao usar un concentrado rico neste nutriente, aumenta o seu atractivo e, con elo, o número de muxidos voluntarios.

En canto á graxa bruta engadida, a tendencia central foi a usar menos cantidade no concentrado do robot (Q2 concentrado de robot =3,3 fronte ao 4,0% do da RPM), pois o seu exceso diminúe a durabilidade do gránulo de concentrado e asociase cunha diminución da palatabilidade, aínda que unha certa cantidade é necesaria para lograr el prensado.

Así, este nutriente aportouse fundamentalmente mediante el concentrado do presebe, xa que, aínda que non é unha necesidade nutritiva como tal, proporciona case 2,5 veces máis enerxía que os hidratos de carbono e as proteínas, de forma que axuda a cubrir as necesidades enerxéticas das vacas máis produtoras de maneira fácil (Fernández Vázquez, 2004).



Gráfica 4. Diagrama de caixas e bigotes que representa os valores nutricionais do concentrado da RPM e do concentrado de robot. Para poder comparar ambos concentrados posicionáronse de tal forma que para cada un dos nutrientes estudados, a caixa e bigotes da esquerda se corresponde co concentrado da RPM e os da dereita co concentrado de robot.

	CONCENTRADO DA RPM						CONCENTRADO DO ROBOT					
	MS	PB	AMD	GB	FAD	FND	MS	PB	AMD	GB	FAD	FND
MIN	87,5	14,0	0,8	2,4	5,2	11,2	87,4	16,7	19,1	2,0	6,3	14,6
Q1	88,6	22,2	18,8	3,2	6,1	14,0	87,9	18,0	29,6	2,8	7,9	15,0
Q2	89,1	25,2	23,1	4,0	9,1	15,3	88,1	18,5	33,7	3,3	9,0	17,2
Q3	89,4	29,7	27,4	4,7	12,1	19,7	88,8	20,4	38,1	4,3	10,0	19,0
MAX	90,2	33,6	45,8	7,8	16,9	25,5	90,0	23,3	42,9	4,8	14,5	23,4
RIC	0,8	7,5	8,5	1,5	5,9	5,7	0,9	2,4	8,5	1,6	2,1	4,0

Táboa 4. Valores nutricionais do concentrado dado en presebe na RPM (á esquerda) e do concentrado de robot (á dereita), expresados en % sobre MS.

Por último mencionar que, como xa se dixo, é a través do concentrado do presebe mediante o cal e axustan os valores nutricionais da ración, de forma que a dispersión de datos deste se asociou á variación nas forraxes empregadas na RPM. A variación dos niveis de amidón (RIC=8,5) relacionouse principalmente coas diferencias en canto a dispoñibilidade da ensilaxe de millo en cada granxa xa mencionadas, de forma que se formulou este concentrado con menor cantidade deste nutriente canto maior era a porcentaxe desta forraxe na ración.

A dispersión dos valores de fibra (RIC de FAD y FND= 5,9 y 5,7 respectivamente) (táboa 4), relacionouse coa variación en cuanto á cantidade de forraxe total empregado, de maneira que se formulou con maior porcentaxe de fibra o concentrado da RPM cando diminuía a relación forraxe:concentrado do total da ración.

Por último, a variación de proteína bruta asociouse ás diferencias de dispoñibilidade de ensilaxe de herba nas explotacións, xa que esta foi, xunto con este concentrado, a principal fonte de proteína do presebe.

Estudo 2: Factores que inflúen no consumo do concentrado no robot.

- ANOVA de un factor

A realizar o test ANOVA, todos os factores de estudos resultaron ter un efecto significativo ($p < 0,001$) sobre a variable dependente, como se pode observar na táboa 5.

ANOVA	P-valor	Parámetro						
		Granxa	Nº Lactación	DEL	NºMuxidos	Producción Enerxía	Peso Vivo	Min Rumia
		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Táboa 5. Resultados de significación para cada un dos factores obtidos na análise ANOVA.

Factor granxa

A primeira variable analizada foi o factor granxa (táboa 6), cuxo efecto sobre a variable dependente se asociou a factores relacionados co manexo e ambiente principalmente. En cada explotación os gandeiros e gandeiras traballan de maneira diversa, con distintas rutinas e formas de manexar ao gando. Ademais, o deseño das cortes varía moito dunha granxa a outra: o tipo de camas, ventilación, espazo, iluminación, etc.; así como as características das ración (picado, proporción de cada ingrediente, e o propio ingrediente *per se*) e a forma de manexar a alimentación tanto por parte dos gandeiros como dos diferentes asesores nutricionistas. A causa disto, esperase que o comportamento produtivo sexa diferente entre explotacións, tal e como se amosa na táboa 6, onde vemos que hai diferencias significativas entre todas as granxas de estudo (agás entre a granxa 1 e 3).

Parámetro	Descritivos		
	Categoría	Media (kg concentrado/100 kg leite)	Erro típico
Granxa	1	11,7331 ^a	0,02907
	2	17,1629 ^b	0,04140
	3	11,7413 ^a	0,02355
	4	14,4049 ^c	0,03749
	5	10,0247 ^d	0,01861
	Total	13,0356 ^e	0,01739

Táboa 6. Valores da media dos kg de concentrado consumido en robot por cada 100 kg de leite para cada unha das granxas de estudo e explotacións entre os que se atopou diferencias significativas. Letras distintas indican diferencias estatísticas significativas entre categorías

Factor número de lactación

No caso do número de lactación, pódese ver na táboa 7 que a medida que aumenta o número de lactacións diminúe a cantidade de concentrado consumido por cada 100 kg de leite. Isto puido darse por varios motivos.

Por un lado, considerase que as vacas alcanzan a puberdade a un peso crítico de entre un 55-60% do PV adulto, para cada raza independentemente do ritmo de crecemento (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2015), polo que cando se produce o primeiro parto esta aínda non completou o seu desenvolvemento corporal. Por tanto, durante a primeira lactación as necesidades enerxéticas das vacas son maiores que as de lactacións máis avanzadas debido ás necesidades nutritivas de crecemento engadidas. Por este motivo, non poden empregar a mesma proporción de enerxía para producir leite que as vacas adultas, pois parte da enerxía destinase á formación de novos tecidos.

Ademais, vemos que hai unha diferenza moi marcada da cantidade de concentrado consumido por cada 100 kg de leite producido polas vacas de tres ou máis lactacións en comparacións coas de dúas (0,813 kg) e, sobre todo coas de unha lactación (2,242 kg). Isto explicouse porque, como indica Church, C. D. (1993), as necesidades de mantemento están moi influenciadas pola composición dos tecidos corporais, os cales experimenta cambios que van paralelos á idade e o peso. A medida que as vacas envellecen e aumentan de peso, a composición do tecido engadido vira de proteína cara graxa, cuxas necesidades de mantemento son inferiores. É dicir, a medida que o animal envellece a enerxía destinada ao mantemento dos tecidos diminúe.

Parámetro	Descritivos		
	Categoría	Media (kg concentrado/100 kg leite)	Erro típico
NºLactación	1	14,3997 ^a	0,03683
	2	12,9705 ^b	0,02823
	3	12,1573 ^c	0,02535
	Total	13,0356	0,01739

Táboa 7. Valores da media dos kg de concentrado consumido en robot por cada 100 kg de leite para cada unha das categorías de lactación e grupos entre os que se atopou diferenzas significativas ($p < 0,05$). Letras distintas indican diferenzas estatísticas significativas entre categorías

Factor DEL

Na táboa 5 apréciase como tamén houbo diferenzas significativas ($p < 0,001$) entre as medias de consumo de concentrado en robot por cada 100 kg de leite segundo os días en lactación. Na táboas 8 pódese ver que aqueles animais de inicio e final de lactación (categoría 0 e 3 respectivamente) son os que mostran menores valores de media desta variable e ademais apreciamos que entre a categoría 2 e 3 non hai diferenzas significativas. Para establecer unha posible explicación, recorreuse aos cambios que experimentan os animais ao longo da curva de lactación a nivel de produción, inxestión de materia seca (IMS) e condición corporal.

O inicio de lactación caracterízase por un incremento progresivo da produción de leite dende o día do parto ata alcanzar un máximo ás 6-8 semanas de paridas (42-56 DEL). Sen embargo, a máxima capacidade de IMS non se acada ata ás 12-15 semanas (84-105 DEL). Deste modo, dende o día 0 ata este momento, as vacas vense obrigadas a recorrer á mobilización das reservas corporais para obter a enerxía necesarias que lles permita cubrir á elevada demanda enerxética experimentada para manter o seu nivel de produción, xa que non son quen de obtela na súa integridade do alimento ingerido. É dicir, atópanse nunha situación de balance enerxético negativo (BEN), na que están perdendo peso. Tras o pico de lactación a produción mantense estable, aínda que comeza a diminuír progresiva e lentamente, ata o día 150 aproximadamente. Por outro banda, como dicíamos, vai aumentando a capacidade de inxestión a medida que diminúe a produción de leite, polo que ás vacas empezan a gañar o peso perdido durante os primeiros

meses. Logo, a caída de produción é máis marcada e a partir do día 210 aproximadamente entran nunha situación de balance enerxético positivo (BEP), é dicir, o leite producido é tan pouco, que “sobra” parte da enerxía inxerida coa alimentación, de maneira que esta se acumula en forma de graxa, acentuándose a ganancia de peso vivo (Church, D.C., 1993; Etgen, W. E., James, R. E e Reaves, P. M., 1987).

Ou sexa, o consumo de concentrado no robot ao inicio de lactación por cada 100 kg de leite producidos é menor porque gran parte de enerxía empregada para a produción de leite provén das propias reservas corporais do animal.

Ademais, cabe dicir que nas primeiras semanas de lactación a cantidade de concentrado asignado no robot para cada vaca é baixo, polo que estes resultados neste grupo tamén poden estar influenciados por un fenómeno de substitución de MS de RPM por concentrados de robot (Moisey, F. R., e Leaver, J. D., 1985; Leaver, J. D., 1988; Bach, A. *et al.*, 2007; Lawrence, D. C. *et al.*, 2015).

A medida que as vacas se achegan ao pico de lactación aumentan a capacidade de inxestión, polo que diminúe a mobilización de reservas corporais. A asignación de concentrado no robot tamén aumenta xunto coa capacidade de inxestión das vacas e aumento de produción, por tanto, maior proporción da enerxía provén do concentrado inxerido no robot, polo que a cantidade de concentrado que usa unha vaca para producir 100 kg de leite é superior a que precisan aquelas vacas que están no inicio da lactación.

Na táboa 8 obsérvase que non houbo diferencias significativas entre as vacas que se atopaban en pico e metade de lactación. Este resultado pode estar condicionado polo feito de que a inxestión máxima, como xa dixemos, se produce aos 84-105 DEL, e a produción mantense elevada e cunha caída progresiva, pero pouco marcada, dende o pico de lactación ata os 150 días, e dicir, aínda que comeza a invertirse, a situación produtiva da vaca na metade da lactación é similar á situación sufrida cando a produción é máxima.

Como xa e explicou, a partir do día 210 tras o parto aproximadamente, considerase que as vacas entran en BEP, é dicir, o consumo de MS por kg de leite elévase debido a que a súa capacidade de produción se ve limitada e non son quen de empregar toda a enerxía consumida para producir leite. En base a isto, o lóxico sería esperar que os animais da categoría 3 presentasen unha media de consumo de concentrado por cada 100 kg de leite superior aos de menos DEL. Sen embargo o consumo de concentrado por cada 100 kg de leite foi menor para estas vacas (táboa 8), o que se xustificou polo feito de que, para evitar un engorde excesivo das vacas, os nutricionistas diminúen a cantidade de concentrado asignada por produción ás vacas que se atopan no final da lactación. É dicir, os resultados non indican que estas vacas sexan máis eficientes no sentido de consumir menor MS para producir leite que as vacas que se atopan na metade, pico e

inicio de lactación, simplemente están indicando que a cantidade de concentrado que consumen en robot para producir leite é menor, pero porque a asignación do mesmo tamén o é.

Segundo diversos estudos (Moisey, F. R., e Leaver, J. D., 1985; Leaver, J. D., 1988; Bach, A. *et al.*, 2007; Lawrence, D. C. *et al.*, 2015), ao diminuír a cantidade de concentrado ofertado ás vacas, aumenta o consumo da ración base. Nestes estudos comparouse a produción de leite bruto, sólidos en leite e IMS entre varios grupos de vacas alimentadas con diferentes cantidades de concentrado, así como entre vacas alimentadas cunha ración única e cunha cantidade de concentrado en base á produción individual, ofertando a todos os grupos a mesma ración base, constituída por ensilaxes de alta dixestibilidade *ad libitum*. Nestes estudos viron que, cando se oferta unha ración base de boa calidade *ad libitum*, aquelas vacas ás que se lle deu grandes cantidades de concentrado, como sería as vacas máis produtoras no caso dos sistemas de muxido robotizados, inxeriron unha menor cantidade de forraxe en comparación con aquelas que recibiron menor kg de concentrado.

En base a isto pódese deducir que aquelas vacas ás que o robot lles asigna unha maior cantidade de concentrado, van consumir menor cantidade de RPM en comparación coas que reciben menor cantidade, o que leva a supoñer que cando diminúe a asignación de concentrado por parte do robot, as vacas consumen unha cantidade de ración base maior, de maneira que a proporción de enerxía destinada á produción de leite que provén do presebe é maior que a de aquelas vacas ás que o robot lles asigna unha cantidade superior de concentrado. Sen embargo, neste estudo contamos coa limitación que supón o non ter os datos de inxestión individual en presebe.

Parámetro	Descritivos		
	Categoría	Media (kg concentrado/100 kg leite)	Erro típico
DEL	0	12,0129 ^a	0,04635
	1	13,6718 ^b	0,03336
	2	13,6990 ^b	0,02890
	3	12,2760 ^c	0,03361
	Total	13,0356	0,01739

Táboa 8. Valores da media dos kg de concentrado consumido en robot por cada 100 kg de leite para cada unha das categorías de DEL e grupos entre os que se atopou diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras distintas indican diferencias estatísticas significativas entre categorías

Factor número de muxidos diarios

En canto aos muxidos diarios, na táboa 9, obsérvase que a medida que aumentan, o consumo de concentrado no robot por cada 100 kg de leite é maior. Unha posible explicación

pódese topar nas diferencias de comportamento dos animais con respecto ás visitas á máquina de muxido.

A cantidade de concentrado que o robot ten capacidade de dispensar en cada muxido limitase á velocidade de alimentación dos animais. A velocidade de inxestión das vacas sitúase en 50-150 g/min cando a ración contén forraxe e 250-400 g/min cando se trata de pellet. Tendo en conta isto, e considerando que o promedio de tempo por muxido é duns 7 minutos, á máxima cantidade de concentrado que as vacas poden consumir de media no robot sitúase nuns 2,8 kg por visita (Bach, A. e Cabrera, V. , 2017), polo que a máquina non proporciona máis de 3 kg de pellet por visita. Ademais, a capacidade de administración de concentrado por parte do robot limitase a un máximo de 9 kg.

É dicir, os nutricionistas elaboran unha ración para cubrir as necesidades nutricionais dos animais para unha IMS teórica, dando por sentado que se irán muxir un mínimo de veces ao día e que, por tanto, van consumir a cantidade de concentrado programada; pero non todas as vacas visitan ao robot coa mesma frecuencia, nin todas as vacas se muxen o mesmo número de veces todos os días. Así, haberá vacas que consuman unha maior cantidade de concentrado no robot que outras, non porque produzan maior cantidade de leite, senón porque acoden ao robot máis veces. Por tanto, pode haber vacas con elevadas necesidades de produción que non alcanzan a consumir a cantidade de concentrado en robot programada. Para completar as necesidades nutricionais, estas vacas que se muxen menos veces, aumentan a inxestión de MS no prebebe, mentres que aquelas que se muxen un maior número de veces ao día, consumen unha menor cantidade de MS procedente da RPM, xa que aumenta o seu nivel de saciedade ao inxerir o concentrado de robot en maior proporción, como demostran diversos estudos xa mencionados acerca da taxa de substitución de concentrado por forraxe. Desta maneira, aquelas vacas con menos muxido e, por tanto menor consumo de concentrado en comparación coas que producen o mesmo pero se muxen máis veces, constarán para o robot con menores consumos de concentrado por cada 100 kg de leite.

Parámetro	Descritivos		
	Categoría	Media (kg concentrado/100 kg leite)	Erro típico
NºMuxidos	1	8,6164 ^a	0,16346
	2	11,6846 ^b	0,03290
	3	13,3081 ^c	0,02671
	4	14,2341 ^d	0,02778
	Total	13,0356	0,01739

Táboa 9. Valores da media dos kg de concentrado consumido en robot por cada 100 kg de leite para cada unha das categorías de nºMuxidos e grupos entre os que se atopou diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras distintas indican diferencias estatísticas significativas entre categorías.

Factor produción diaria (kg de leite corrixidos por enerxía/día)

Ao comparar as medias de consumo de concentrado en robot por cada 100 kg de leite corrixido por enerxía para os diferentes niveis de produción (táboa 10) viuse que, naqueles casos nos que a produción era menor, o valor desta variable era maior..

Para darlle unha posible explicación a este resultado, recorreuse de novo á curva de lactación xa explicada. As vacas alcanzan a súa máxima produción ás 6-8 semanas tras o parto, pero hai un desfase entre isto e a inxestión máxima, dunhas 6-7 semanas. Por tanto, aquelas vacas que están no pico de lactación, e por tanto máis produtoras, aínda non conseguiron reverter a situación de balance enerxético negativo, é dicir, gran parte da enerxía empregada para producir leite provén das súas reservas corporais e non da MS consumida, motivo polo que pode haber casos nos que a produción sexa elevada e o consumo de concentrado baixo a pesares de que o robot se programa para que a asignación do penso se eleve xunto coa produción.

Aquelas vacas cuxa produción se situou en valores inferiores aos 35,1 kg de leite/día (categoría 1) foron as que maior cantidade de concentrado en robot consumiron de media para producir 100 kg de leite (táboa 10). Isto puido deberse a que estes casos se corresponderon vacas que estaba en final de lactación, e por tanto, en balance enerxético positivo, é dicir, vacas ás que se lles está dando unha cantidade de concentrado superior a que precisan para producir leite, acumulando en forma de graxa aquela enerxía que non son que de converter en produción.

Outra explicación para as elevadas taxas de consumo de concentrado por cada 100 kg de leite das vacas menos produtoras pódese atopar en que de casos correspondentes a vacas de primeiro e segundo parto e que, por tanto, aínda non acadaron un desenvolvemento corporal completo. Considérase que as femias bovinas non alcanza o seu máximo potencial produtivo ata o terceiro parto, é dicir, a produción diaria das vacas de 1 e 2 partos vai ser inferior á de vacas de máis de tres partos, polo que a produción diaria é menor. Como xa explicamos, estes animais aínda non acadaron o seu desenvolvemento corporal completo, polo que unha parte importante da enerxía consumida a teñen que destina ao crecemento en lugar de á produción de leite.

Parámetro	Descritivos		
	Categoría	Media (kg concentrado/100 kg leite)	Erro típico
ProduciónEnerxía	0	13,9354 ^a	0,04961
	1	13,3981 ^b	0,02763
	2	12,9669 ^c	0,03315
	3	11,7528 ^d	0,02318
	Total	13,0369	0,01753

Táboa 10. Valores da media dos kg de concentrado consumido en robot por cada 100 kg de leite para cada unha das categorías de ProduciónEnerxía e grupos entre os que se atopou diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras distintas indican diferencias significativas entre categorías.

Factor peso vivo

Con respecto ao factor peso vivo, viuse que había diferencias significativas ($p < 0,001$) nas medias de consumo de concentrado no robot por cada 100 kg de leite no cómputo xeral (táboa 5), pero cando se analizaron os resultados da proba de comparacións múltiples ou proba de Bonferroni que se amosa na táboa 11, apreciouse que as diferencias significativas se producían unicamente entre a categoría 3 e as demais categorías, sendo esta a correspondente ás vacas máis pesadas ($PV > 670$ kg).

Os resultados amosan que estas vacas (categoría 3) consomen unha cantidade de concentrado no robot superior as de menor peso para producir 100 kg de leite.

De novo, encóntrase unha posible explicación relacionada cos cambios experimentados polas vacas ao longo da curva de lactación con respecto do seu peso vivo. Ao inicio, como xa se mencionou, as vacas atópanse nunha situación de BEN, é dicir, perden peso vivo de forma continuada. Segundo Church, D. C. (1993), para que unha vaca produza 7 kg de leite estandarizada a 3,5% de graxa, debe mobilizar 1 kg de peso corporal ou consumir 2-3 kg de concentrado adicionais, sendo normal para vacas en bo estado corporal perder entre 90 e 135 kg de peso corporal durante o inicio da lactación.

A medida que avanza a lactación aumenta a capacidade de inxestión da vaca, polo que é quen de obter unha maior cantidade de enerxía da ración, de forma que menor proporción desta destinada a producir leite vai provir das reservas corporais. Ao ir cesando a mobilización das reservas orgánicas, comezan a recuperar condición corporal. É dicir a medida que vai avanzando a lactación as vacas van aumentando de peso e deixan de producir leite a expensas das súas reservas, para facelo a partir da enerxía obtido do concentrado de robot.

Así mesmo, como xa se dixo, na última fase de lactación a vaca entra en BEP, é dicir, redúcese a capacidade de produción de leite, de forma que a enerxía “sobrante” que provén do alimento se deposita no organismo como graxa. É dicir, nas fases de lactación avanzadas, e, por tanto, de maior peso vivo, poden aparecer casos nos de maiores consumo de concentrado por cada 100 kg de leite porque non son quen de converter toda o penso consumido en leite.

Outra posible explicación atópase en que canto maior é o estrutura ou tamaño do animal, maiores son as súas necesidades nutritivas de mantemento, entendo por estas como as necesidades nutricionais precisas para que o animal leve a cabo todas as funcións vitais sen ter en conta as de produción. (Chase, L. E., 2002)

Parámetro	Descritivos		
	Categoría	Media (kg concentrado/100 kg leite)	Erro típico
PesoVivo	0	12,7948 ^a	0,03591
	1	12,8237 ^a	0,03393
	2	12,8711 ^a	0,03363
	3	13,5865 ^b	0,03526
	Total	13,0428	0,01741

Táboa 11. Valores da media dos kg de concentrado consumido en robot por cada 100 kg de leite para cada unha das categorías de PesoVivo e grupos entre os que se atopou diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras distintas indican diferencias estatísticas significativas entre categorías.

Factor minutos de rumia diarios

Por último, valorouse o efecto dos minutos de rumia sobre a variable dependente. Na táboa 12 observamos como os casos encadrados na categoría 0 e 1, que son os que teñen menores tempos de rumia, consumiron menos concentrado no robot por cada 100 kg de leite.

A rumia consiste na remastigación de material que provén da zona dorsal do rume e retículo, co obxectivo de lograr diminuír o tamaño do mesmo para que sexa facilmente “procesado” polos microorganismos ruminais e para que poida avanzar polo orificio rumino-omasal deica aos demais compartimentos gástricos.

Este fenómeno desencadéase pola estimulación de receptores presentes nos pilares dorsais cranial e caudal do rume e prega retículo-ruminal. Ditos receptores son sensibles a estímulos táctiles, que se ven condicionados pola textura do alimento, consistencia e grado de enchido do retículo e rume. Os alimentos que son regurxitados para ser mastigados de novo son aqueles que se quedan na zona dorsal do rume (Arruebo, M. P., 2018).

Así, considérase que os alimentos con maior capacidade para estimular a rumia son as forraxes, concretamente a FND que conteñen (Byskov, M V. et al, 2015). Pois cando unha vaca inxire un alimento este chega ao rume, onde é estratificados por diferenzas de peso, así, na zona dorsal permanecen os gases procedentes da fermentación ruminal e as partículas máis groseiras e menos pesadas, que se corresponde coas partículas de forraxe. Estas atópanse frotando sobre unha capa líquida ventral, na que se depositan aquelas partículas procedentes dos alimentos de menor tamaño, máis fáciles de mastigar para a vaca e con menor tendencia a seren fermentados, é dicir, o concentrado (pois como se comprobou no estudo 1, o seu contido en fibra é baixo) e partículas de forraxe de tamaño moi reducido (Arruebo, M. P., 2018). É dicir, o tempo de rumia esta relacionado principalmente co contido en fibra da ración, sendo esta maior canto maior é o consumo de forraxes, do que deducimos, que será maior canto maior sexa o consumo da RPM,

pois como xa indicamos no anterior estudo, esta vai consistir a principal fonte de fibra por conter todas as forraxes administradas aos animais.

Ademais, a rumia está relacionada coa capacidade de inxestión de materia seca, considerando que a maior IMS maior é o tempo de rumia (Arruebo M. P., 2018), pois canto maior é a distensión do rume maior é a estimulación dos receptores sensibles a este efecto.

Estímase que unha vaca sa rumia entre un 35 e 40% do día (Bar, D. e Solomon R., 2010), sen embargo, Byskov M. V, *et al* (2015) observaron variacións no tempo de rumia en función da cantidade de fibra contida (109 min/kg FND efectiva da ración) e, en xeral, segundo o total de MS inxerida (21 min/kg MS). Moretti, R. *et al* (2016) concluíron, mediante un estudo experimental, que os minutos medios de rumia diarios para vacas da raza Holstein, cuxa ración incluía concentrado rico en amidón, ensilaxe de herba e alfalfa, eran de 513 ± 115 .

Pero as características da ración non é o único factor que inflúe no tempo de rumia, pois atopáronse flutuacións no tempo diario de rumia paralelas á curva de lactación. Por un lado, Moretti, R. *et al* (2016) observaron que as vacas de inicio de lactación eran as que rumiaban máis tempo ao día ($512,9 \pm 100,9$ min), seguidas polas de metade de lactación ($509,9 \pm 101,4$ min), sendo as que invertían menor tempo rumiando ás de final de lactación ($487,19 \pm 108,9$ min). Por outra parte, Bar D. e Solomon R. (2010) observaron que durante os 7-14 primeiros DEL as vacas sufrían unha caída moi brusca dos minutos de rumia diarios, acadando valores próximos aos 200 min inmediatamente tras o parto., podéndose prolongar esta situación naquelas vacas que padecían trastornos metabólicos propios do puerperio. Ademais, as variacións no tempo de rumia tamén se viron influenciadas por diversas patoloxías, principalmente aquelas que afectaban a inxestión de MS, tales como acidose metabólica, hipocalcemia, procesos sépticos ou coxeiras entre outros (Byskov M. V, *et al.*, 2015).

Tendo en conta todo o explicado, dedúcese que nun rabaño san, os animais de menor tempo de rumia son os que están nos primeiros DEL (no noso caso dende o día 6 ao 14 aproximadamente por excluír do estudo os 5 primeiros) e a finais de lactación, así como aqueles que sofre algunha patoloxía que afecte á IMS; mentres que os de maior tempo de rumia serán os que están no pico e metade de lactación.

En base ao comentado, os resultados poderíanse explicar se se considera que as categorías 0 e 1 (casos con tempos de rumia inferiores a 475 min) se corresponden con aquelas vacas que están nos primeiros días de lactación e, sobre todo, a finais. Pois como xa se explicou, ao final de lactación a cantidade de concentrado que se lles proporciona a vaca no robot diminúese para evitar o seu engorde excesivo, de forma que o robot rexistra un consumo de concentrado por cada 100 kg de leite inferior, pois estáselle asignando unha cantidade moi pequena, motivo polo que o valor da variable dependente resulta máis baixo para estas dúas categorías (táboa 12). Seguindo nesta

dirección, ás vacas de maiores tempos de rumia (categorías 2 e 3) corresponderíanse coas vacas que están no pico e metade de lactación, ás que o robot lles asigna maior cantidade de concentrado por estar nos momentos de maior produción, motivo polo que os datos rexistrados coinciden con maior cantidade de concentrado consumido por cada 100 kg de leite (táboa 12). Ademais, a metade de lactación coincide coa máxima capacidade de inxestión das vacas, é dicir, aumenta a cantidade de RPM inxerida e, por tanto, tamén a de fibra, pois como demostramos no estudo 1, o presebe constitúen a principal fonte deste nutriente, de tal forma que isto contribuiría a aumentar a estimulación da rumia.

Parámetro	Descritivos		
	Categoría	Media (kg concentrado/100 kg leite)	Erro típico
MinRumia	0	12,7369 ^a	0,03908
	1	12,5338 ^b	0,03237
	2	12,9766 ^c	0,03230
	3	13,9068 ^d	0,03427
	Total	13,0363	0,01739

Táboa 12. Valores da media dos kg de concentrado consumido en robot por cada 100 kg de leite para cada unha das categorías de MinRumia e grupos entre os que se atopou diferencias significativas ($p < 0,05$). Letras distintas indican diferencias estatísticas significativas entre categorías

- *Modelo mixto lineal*

Ao facer o modelo mixto lineal, no que se teñen en conta as interaccións que se producen entre os factores estudados, así como os efectos aleatorios causados polas diferencias de manexo asociadas as diferentes granxas; atopamos que todos os factores teñen efecto estatisticamente significativo ($p < 0,001$) sobre a variable dependente (kg consumidos de concentrado en robot/100kg de leite) menos o peso vivo (taboa 13). É dicir, menos o peso vivo, todos os factores tiveron efecto sobre a variable dependente. Ademais tamén puidemos observar que practicamente todos os factores interaccionaban entre si.

Parámetro	Estimación	Intervalo de confianza 95%		Erro típico	p-valor
		Límite inferior	Límite superior		
Intersección	23,311	20,332	26,289	1,314	0,000
NºLactación	0,357	0,045	0,669	0,158	0,025
DEL	-1,335	-1,395	-1,276	0,030	0,000
NºMuxidos	2,127	1,814	2,441	0,159	0,000
ProducciónEnerxía	-0,406	-0,436	-0,375	0,015	0,000
PesoVivo	0,023	-0,219	0,266	0,124	0,850
MinRumia	-0,004	-0,007	-0,002	0,001	0,000

INTERACCIÓNS	Estimación	Intervalo de confianza 95%		Erro típico	p- valor
		Límite inferior	Límite superior		
NºLactación * DEL	-0,015	-0,024	-0,007	0,004	0,000
NºLactación * NºMuxidos	-0,003	-0,047	0,041	0,022	0,882
NºLactación * ProducciónEnerxía	0,037	0,033	0,041	0,002	0,000
NºLactación * PesoVivo	-0,305	-0,343	-0,268	0,019	0,000
NºLactación * MinRumia	0,001	0,000	0,001	0,001	0,003
DEL * NºMuxidos	0,037	0,028	0,046	0,004	0,000
DEL * ProducciónEnerxía	0,018	0,017	0,019	0,001	0,000
DEL * PesoVivo	0,045	0,038	0,052	0,003	0,000
DEL * MinRumia	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
NºMuxidos * ProducciónEnerxía	-0,015	-0,018	-0,011	0,001	0,000
NºMuxidos * PesoVivo	0,122	0,081	0,162	0,020	0,000
NºMuxidos * MinRumia	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	0,000
ProducciónEnerxía * PesoVivo	0,003	-0,001	0,007	0,002	0,123
ProducciónEnerxía * MinRumia	0,001	0,000	0,000	0,005	0,000
PesoVivo * MinRumia	-0,001	-0,001	0,006	0,000	0,054

Táboa 13. Resultados do Modelo Lineal Mixto, no que podemos observar a significación de cada un dos factores analizados tendo en conta as súas interaccións cos demais factores de estudio. Ademais aporta información sobre as interaccións de primeiro orde entre os factores independentes, considerándose que existe interacción cando hai significación estatística.

O factor peso vivo non resultou ter un efecto real sobre o consumo de concentrado no robot por cada 100 kg de leite producido, a diferenza do que nos indicaba o test ANOVA. A diferenza de resultados entre unha proba e outra explicouse porque, na primeira análise, ao non ter en conta os demais factores cada vez que se analizaban un, xerouse confusión entre a variable peso vivo e as demais variables coas que interacciona (NºLactación * PesoVivo; DEL * PesoVivo; NºMuxidos * PesoVivo; PesoVivo * MinRumia teñen un $p < 0,05$).

É dicir, cando non se teñen en conta os demais factores podemos pensar que o peso vivo está tendo un efecto sobre os kg de concentrado que as vacas consumen en robot por kg de leite, porque vemos que estes varían cando tamén o fai o peso, pero isto é debido, a que o peso varia a medida que o fan os factores que si inflúen realmente.

Por exemplo, ao longo da curva de lactación prodúcense flutuacións do peso vivo, é dicir, o peso varía de maneira paralela aos DEL, pero son os días transcorridos tras o parto os que teñen unha influencia real no consumo de concentrado. Algo similar sucede no caso do número de lactación, ás vacas non alcanzan o seu desenvolvemento corporal completo ata a 1ª ou 2ª lactación, é dicir, o peso vivo varia a medida que o fai o número de partos que tiveron as vacas, polo que se confunde o efecto xerado pola variable nºLactación co peso vivo.

No caso dos número de muxido pode asociarse o seu efecto co do peso vivo porque, a medida que transcorren os días en leite, cambia a xerarquía do rabaño, xeralmente cando as vacas entran no grupo atópanse nos eslavóns máis baixos, e a medida que pasan os días e van saíndo vacas do grupo e entrando outras novas cambia a súa posición, o que se relaciona coa variación do número de muxidos diarios, pois os fenómenos de dominancia aseguran a prioridade de acceso dos individuos dominantes aos considerados recursos limitados, entre os que se inclúe a alimentación, e por tanto, o acceso a máquina de muxido que lles está a dispensar concentrado (Callejo, A., 2009). É dicir, a medida que avanza a lactación e, por tanto, van recuperando peso, normalmente aumenta a súa posición na escala xerárquica, e con isto, aumenta o número de visitas que realizan a máquina. Por último, no caso dos minutos de rumia, vimos que, segundo a bibliografía mencionada, tamén varían ao longo da lactación, polo tanto, fano á par que o peso vivo.

Os demais factores estudados resultaron como significativos ($p < 0,05$) para a variable dependente, tal e como indicaba a análise ANOVA. Isto é, o número de lactación das vacas, DEL, produción diaria de leite corrixida por enerxía, número de muxidos e minutos de rumia son factores que están a causar un efecto sobre os kg de concentrado que os animais consumen no robot para producir 100 kg de leite.

O modelo lineal mixto tamén aporta unha estimación de cal é a tendencia que segue a variable dependente conforme aumenta o valor do factor independente, é dicir, a aumentar o seu valor cando a estimación é positiva ou a diminuílo cando a estimación é negativa; sen embargo, como se di, isto é unha tendencia, que pode diferir dos resultados da proba ANOVA polo feito de que neste caso se usan as variables sen categorizar, de modo que para coñecer o efecto real requiriríase dunha continuación do estudo mediante novos test estatísticos.

Ademais proporcionáanos interaccións entre os factores, é dicir, que variables independentes son as que están influído sobre cada factor, considerándose que hai interacción cando o $p < 0,05$, pero, ao igual que no caso da estimación, para coñecer a relación real entre os factores independentes e o seu efecto sobre a variable dependente sería preciso realizar un estudo máis amplo.

Por tanto, establecéronse como posibles explicacións para o efecto destes factores sobre o consumo de concentrado en robot por cada 100 kg de leite producida aquelas que xa mencionamos para os resultados do test ANOVA, tendo sempre en conta que son hipóteses xa que este estudo e limitou a comprobar se estes factores poderían influír sobre a variable dependente de interese, de forma que que estes resultados poidan contribuír a abrir o camiño para realizar futuros estudos que nos permitan coñecer o seu efecto real e como aplicar estes coñecementos para mellorar o manexo da alimentación nas granxas con sistema de muxido robotizado.

CONCLUSIÓNS

Estudo 1: Descrición das racións formuladas.

Nas explotacións con sistemas de muxido robotizado o manexo da alimentación é diferente ao das explotacións tradicionais, pois parte da ración é subministrada en presebe e a restante no robot. Nas granxas de estudo usáronse os mesmos ingredientes de forma xeral (ensilaxe de millo, ensilaxe de herba e 2 tipos de concentrado diferentes), aínda que as características nutricionais de todos eles variaron entre explotacións, principalmente ás do ensilaxe de herba (a porcentaxe de MS variou entre un 24,1 e 33,5% no 50% das explotacións e a da PB entre un 11,0 e 14,7% sobre MS) e o concentrado de presebe (a porcentaxe de PB variou entre un 22,2 e un 29,7% no 50% das granxas). Aínda así no cómputo xeral dos valores nutricionais da ración total, apenas se observou dispersión dos datos entre explotacións e estes encadráronse dentro das recomendacións establecidas para vacas de alta produción do sistema de referencia NRC (2001). A metodoloxía da formulación dos nutricionistas pasou por variar a fórmula nutricional do concentrado de presebe e manter estables os valores do robot para axustar a ración.

A principal fonte de amidón na ración foi a ensilaxe de millo ($Q_2=33,7$) e o concentrado de robot ($Q_2=33,7$), a de proteína o concentrado de presebe ($Q_2=25,2$) e en menor medida a ensilaxe de herba ($Q_2=12,9$), mentres que na ración parcial mesturada se atopou a maior parte da fibra, pois é onde se administran todas as forraxes e estas resultaron ser o ingrediente maioritario da ración total (un 50% sobre MS como tendencia central).

Estudo 2: Factores que inflúen no consumo do concentrado no robot.

O cambio que supón para o manexo da alimentación a adquisición dun robot de muxido entraña numerosos retos e complicacións, xa que son moitos os factores que poden influír na inxestión da vaca tanto en presebe como en robot, e, por tanto, distorsionar os cálculos teóricos que os nutricionistas elaboran para lograr unha ración o máis axustada posible. Neste estudo viuse que o consumo de concentrado no robot por cada 100 kg de leite producidos variou de xeito significativo ($p < 0,05$) en función do número de lactación, días en lactación, número diario de muxidos, produción diaria e minutos de rumia.

Por tanto, sería interesante profundar en estudos que permitan coñecer estes e outros factores que poden influír sobre esta variable e o seu efecto para conseguir unha alimentación óptima dos rabaños muxidos mediante sistema de muxido robotizado.

BIBLIOGRAFÍA

Arruebo, M. P. (2018) “Sistema digestivo: fisiología digestiva de los rumiantes” en García, A. (Ed.) *Fisiología Veterinaria*, (pp. 697-716) Madrid: Tébar Flores.

Bach, A. (2005). El consumo de materia seca en vacuno lechero, *Frisona Española* [en línea] (150), 84-88. [Consultado 18-02-2019] Disponible en <http://www.revistafrisona.com/Portals/0/articulos/n150/A15004.pdf?ver=2013-04-03-151122-857>

Bach, A., *et al.* (2007). Effect of amount of concentrate offered in automatic milking systems on milking frequency, feeding behavior, and milk production of dairy cattle consuming high amounts of corn silage. *Journal of Dairy Science*, [en línea] 90(11), 5049-5055. [Consultado 28-04-2019] Disponible en doi:10.3168/jds.2007-0347

Bach, A., & Cabrera, V. (2017). Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. *Journal of Dairy Science*, [en línea] 100(9), 7720-7728. [Consultado 29-03-2019] Disponible en doi:10.3168/jds.2016-11694

Bar, D. e Solomon, R. (2010). Rumination Collars: What Can They Tell Us ?. Trabajo presentado en *The First North American Conference on Precision Dairy Management 2010*. Toronto, Canadá [En línea]. [Consultado 13-05-2019]. Disponible en <http://www.precisiondairy.com/proceedings/s11bar.pdf>.

Byskov, M. V., *et al.* (2015). Variations in automatically recorded rumination time as explained by variations in intake of dietary fractions and milk production, and between-cow variation. *Journal of Dairy Science*, [en línea] 98(6), 3926-3937. [Consultado 07-05-2019] Disponible en doi:10.3168/jds.2014-8012

Callejo, A. (2009) “EL bienestar de la vaca lechera ¿qué es el cow comfort?” en Callejo, A. (Ed.) *Cow comfort: El bienestar de la vaca lechera*, (pp. 19-25) Navarra: SERVET.

Chase L. E. (2002) “Ganado lechero” en Church, D. C., Pond, W. G. e Pond K. R (Eds.) *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*, (pp 423-433) México: Limusa S.A.

Church, C. D. (1993) *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza: Acribia S.A.

Endres, M. e Salfer, J. (2016) Feeding Practices for Dairy Cows Milked with Robotic Milking Systems *DAIReXNET Feature Article Series*, [en línea]. [Consultado 05-02-2019]. Disponible en <https://articles.extension.org/pages/73959/feeding-practices-for-dairy-cows-milked-with-robotic-milking-systems>

Etgen, W., James, R. e Reaves, P. (1987) "Feeding management". En Etgen, W., James, R. e Reaves, P. (Eds.) *Dairy cattle: feeding and management*, (pp. 235-255). USA: Wiley.

Fernández, M. (2012). El uso de las grasas en la alimentación del vacuno lechero. *Mundo Ganadero*, [en línea] s168, 28-31. [Consultado 15-02-2019] Disponible en https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_mg/mg_2004_167s_28_31.pdf

Lawrence, D. C. *et al.* (2015). The effect of concentrate feeding amount and feeding strategy on milk production, dry matter intake, and energy partitioning of autumn-calving holstein-friesian cows. *Journal of Dairy Science*, [en línea] 98(1), 338-348. [Consultado 11-04-2019]. Disponible en doi:10.3168/jds.2014-7905

Leaver, J. D. (1988). 18 - level and pattern of concentrate allocation to dairy cows. *Nutrition and lactation in the dairy cow* [en línea]. 315-326. Elsevier Ltd. [Consultado 11-04-2019] Disponible en doi:10.1016/B978-0-408-00717-7.50023-X

National Research Council (2001). *Nutrient Requeriments of Dairy Cattle*. 7ª ed. Washington DC: The National Academies Press.

Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación [<https://www.mapa.gob.es>]. España. [Consultado: 02-04-2019] Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/cultivos-herbaceos/cereales/evolucion-de-los-precios-de-los-principales-cereales/default.aspx>

Moisey, F. R. e Leaver, J. D. (1985). Systems of concentrate allocation for dairy cattle 3. A comparison of two flat-rate feeding systems at two amounts of concentrates. *Animal Science*, [en línea] 40(2), 209-217. [Consultado 02-05-2019]. Disponible en doi:10.1017/S0003356100025319

Moretti, R., *et al.* (2017). Heat stress effects on holstein dairy cows' rumination. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, [en línea]. 11(12), 2320-2325. [Consultado 15-05-2019] Disponible en doi:10.1017/S1751731117001173

Pereira-Crespo, S. *et al.* (2016). Calidad de los ensilados de hierba y de maíz en las explotaciones lecheras gallegas. *Libro de actas de 55ª Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP). Innovación Sostenible en Pastos: Hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*, [en línea]. 105-110. [Consultado 17-02-2019] Disponible en: <http://ciam.gal/uploads/publicacions/1232archivo.pdf>

Rodenburg, J. (abril, 2011). Designing Feeding Systems for Robotic Milking. Trabajo presentado no *Tri-State Nutrition Conference*, Fort Wayne, Indiana [en línea]. [Consultado 05-02-2019] Disponible en

https://www.researchgate.net/publication/265084870_Designing_Feeding_Systems_for_Robotic_Milking.

Rodríguez-Sánchez, J. A. *et al.* (2015) “Recría de novillas de las razas parda de montaña y pirenaica con parto a dos años” *Libro de Actas XI Congreso Iberoamericano de Razas Criollas y Auctótonas*, [en línea] 105-107. [Consultado 06-05-2019] Disponible en: https://citarea.cita-aragon.es/citarea/bitstream/10532/2862/1/2015_067.pdf