



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de Máster

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN EN VACUNO LECHERO

Autor: **VÍCTOR MARCÉN LUPIÁÑEZ**

Director: **SERGIO CALSAMIGLIA BLANCAFORT**

Facultad de veterinaria

2017

RESUMEN

Existe una gran incertidumbre en el sector lácteo debido a la reducción de los márgenes de beneficios por diversos factores. Para contrarrestar esta reducción de la rentabilidad existen estrategias como la formación de lotes de alimentación o la implementación de un programa de crecimiento acelerado en la recría. Respecto a la formación de lotes de alimentación, aunque teóricamente suponen una mejora en la rentabilidad, es necesario realizar un cambio de lote en las vacas pudiendo producir un descenso en la producción o un empeoramiento de los parámetros reproductivos. Existe gran controversia en la magnitud de estos descensos sin que se hayan podido establecer unos valores fijos pues todo parece indicar que la magnitud de los descensos depende de las características de las vacas y del entorno donde se alojan. Debido a la poca certeza en la magnitud de los perjuicios es difícil definir cuál es la mejor estrategia. Por otro lado, sobre el ritmo de crecimiento de la reposición, los estudios sobre necesidades y ritmos de crecimiento sí que concuerdan en sus resultados. Sin embargo, los estudios valoran el beneficio de un mayor número de terneras de reposición y un descenso del tiempo de recría sin valorar el mayor gasto económico que supone alimentar a las terneras con un plano de alimentación mayor. El objetivo de este estudio es valorar la estrategia de alimentación más rentable para las vacas lactantes y la recría de una granja lechera. Para la realización de este experimento se utilizó el simulador de explotaciones lecheras desarrollado por la UAB: www.granjadevacas.es. Para las estrategias de alimentación de vacas en producción se simuló en granjas de 3 potenciales de producción (8000, 12000 y 16000 litros/lactación) comparando la realización de lotes por número de parto (primíparas vs múltiparas) y la utilización de una dieta “alta” y una “baja” utilizando como criterio de movimiento diferentes DEL o la mediana de producción. Se variaron los efectos en producción y reproducción del cambio de lote, los precios de la ración, y de la leche. Se pudo observar que agrupar por número de parto siempre es más rentable y que la rentabilidad de hacer lotes de alimentación no es un hecho exacto. Los resultados no variaron únicamente con la magnitud de los perjuicios productivos y reproductivos, sino que también variaron con el potencial de producción y con la ratio Precio leche / Precio ración. En la estrategia de alimentación de la recría se comparó la realización de un crecimiento tradicional contra uno acelerado resultando más rentable el crecimiento acelerado. Se observó que al incrementar el precio de las terneras la rentabilidad del crecimiento acelerado aumentaba debido a la reducción en gastos por compra de terneras preparto.

ABSTRACT

There is a great uncertainty in the dairy sector due to the reduction of profit margins by various factors. To counter this reduction of profitability there are strategies such as the formation of feeding lots or the implementation of a program of accelerated growth in the rearing. Regarding the formation of feeding lots, although theoretically they represent an improvement in profitability, it is necessary to carry out a batch change in the cows, which can lead to a decrease in production or a worsening of the reproductive parameters. There is a great controversy in the magnitude of these descents without it has been possible to establish fixed values because everything seems to indicate that the magnitude of the descents depends on the characteristics of the cows and the environment where they are housed. Due to the lack of certainty in the magnitude of the damages it is difficult to define the best strategy. On the other hand, on the growth rate of the replenishment, the studies about needs and rates of growth do agree on their results. However, the studies value the benefit of a larger number of replacement heifers and a decrease in rearing time without assessing the greater economic expense of feeding the calves with a larger feeding plane. The objective of this study is to evaluate the most profitable feeding strategy for lactating cows and the rearing in a dairy farm. For the realization of this experiment was used the simulator of dairy farms developed by the UAB: www.granjadevacas.es. For the feeding strategies of cows in production, it was simulated in farms with 3 production potentials (8000, 12000 and 16000 liters / lactation) comparing the grouping by the number of births (primiparous vs multiparous) and the use of a "high diet" and a "low diet" using different movement criteria: DEL or the median of production. The effects on production and reproduction of the lot change, the ration and milk prices were varied. It was observed that the grouping by number of birth is always more profitable and that the profitability of doing groups of feeding is not an exact fact. The results did not only vary with the magnitude of the productive and reproductive damages, but also varied with the production potential and with the milk price / ration price ratio. In the strategy of feeding the heifers, it was compared traditional growth versus accelerated growth, the accelerated growth resulted the best. It was observed that as the price of the heifers increased, the profitability of the accelerated growth increased due to the reduction in expenses for the purchase of heifers.

RÉSUMÉ

Il existe une incertitude considérable dans le secteur des produits laitiers en raison des marges bénéficiaires réduites à cause de divers facteurs. Afin d'affronter cette baisse de la rentabilité, il existe des stratégies telles que la formation de lots d'alimentation ou la mise en œuvre d'un programme de croissance accélérée au niveau des génisses de remplacement. En ce qui concerne la formation des lots d'alimentation, bien que théoriquement implique l'amélioration de la rentabilité, il est nécessaire de faire un changement de lot de vaches qui peut produire une diminution de la production ou la détérioration des paramètres de la reproduction. Il y a une grande controverse dans l'ampleur de ces baisses sans être en mesure d'établir des valeurs fixes, car il semble que l'ampleur de la baisse varie en fonction des caractéristiques des vaches et de l'environnement où elles sont logées. En raison de l'incertitude à propos des ampleurs des dégâts, il est difficile de définir quelle est la meilleure stratégie. D'autre part, le taux de croissance des génisses de remplacement, les études sur les besoins et les taux de croissance sont analogues. Cependant, les études évaluent le bénéfice d'un plus grand nombre de génisses de remplacement et la diminution du temps d'élevage sans évaluer la plus grande dépense économique que implique l'alimentation des génisses à base d'une alimentation riche. Le but de cette étude est d'évaluer la stratégie alimentaire plus rentable pour les vaches en lactation et les génisses de remplacement d'une exploitation laitière. Le simulateur des exploitations laitières développé à l'UAB était utilisé pour effectuer cette expérience: www.granjadevacas.es. Les stratégies d'alimentation pour les vaches laitières ont été simulées sur les exploitations de trois potentiel de production (8000, 12000 et 16000 litres / lactation) en comparant la formation de lots en fonction de la parité (primipare vs multipares) et l'utilisation d'un régime alimentaire « riche » et « pauvre » en utilisant comme critère de mouvement différents DEL ou la production médiane. Les effets sur la production et la reproduction varient pour le changement du lot et des prix de la ration et du lait. On n'a observé que le regroupement par numéro de parité est toujours plus rentable et la rentabilité de constituer des lots d'alimentation n'est pas un fait exact. Les résultats ne changent pas seulement avec l'ampleur des dégâts productif et reproductif, mais aussi varient avec le potentiel de production et le ratio prix du lait / ration prix. Dans la stratégie d'alimentation des génisses de remplacements on a comparé la réalisation d'une croissance traditionnelle par rapport à une croissance accélérée, résultant plus rentable. Il a été noté que en augmentant les prix des génisses la rentabilité de la croissance accélérée augmente en raison de la réduction des dépenses pour l'achat des génisses antépartum.

LISTADO DE ABREVIACIONES

TMR	Total mixed ration
DEL	Días en leche
NRC	National research council
FEDNA	Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal
PB	Proteína bruta
GMD	Ganancia media diaria

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
1. AGRUPACIÓN DE VACAS DURANTE LA LACTACIÓN	7
1.1 SEPARACIÓN DE VACAS PRIMÍPARAS VS MULTÍPARAS	7
1.2 OTROS CRITERIOS DE AGRUPAMIENTO	10
2. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO DE TERNERAS DE REPOSICIÓN	21
2.1 OBJETIVOS Y CONSIDERACIONES GENERALES	21
2.2 ALIMENTACIÓN PREPUBERAL	22
2.3 ALIMENTACIÓN POSTPUBERAL	29
3. OBJETIVOS	31
4. MATERIAL Y MÉTODOS	35
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS GRANJAS DE SIMULACIÓN	37
2. ESTRATEGIAS DE AGRUPACIÓN EN VACAS LACTANTES	38
2.1 FORMULACIÓN DE LAS RACIONES	38
2.2 SIMULACIONES DE CAMBIO DE LOTE EN FUNCIÓN DE DIAS EN LECHE O PRODUCCIÓN	40
2.3 SIMULACIONES DE AGRUPACIÓN POR NÚMERO DE PARTO	43
3. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO DE LA RECRÍA	44
3.1 FORMULACIÓN DE LAS RACIONES	44
3.2 SIMULACIONES DE LA RECRÍA	45
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
1. AGRUPACIÓN DE VACAS DURANTE LA LACTACIÓN	51
1.1 SEPARACIÓN DE VACAS EN LOTES POR DEL O PRODUCCIÓN	51
1.2 SEPARACIÓN DE VACAS PRIMÍPARAS VS MULTÍPARAS	62
2. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO DE NOVILLAS	63
2.1 CRECIMIENTO TRADICIONAL O ACELERADO	64
6. CONCLUSIONES	67
7. BIBLIOGRAFÍA	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Porcentaje de vacas según su nº de parto que se distribuyen en la ración “alta” según sistemas de agrupación (McGilliard <i>et al</i> , 1983).	17
Tabla 2: Diferentes incrementos en la producción de leche en la primera lactación tras haber administrado a las terneras en su lactancia un 50% más de nutrientes (Van Amburgh <i>et al.</i> , 2011).....	25
Tabla 3: Enfermedades introducidas en las simulaciones y su incidencia en vacas múltiparas, primíparas y en terneras.....	37
Tabla 4: Medias de producción del total de cada rebaño multiplicada por 1,2 y de cada uno de sus subgrupos multiplicada por 1,15. Subgrupos separados en >150 DEL y <150 DEL y por la mediana de producción de cada rebaño.	39
Tabla 5: Composición química de los distintos ingredientes utilizados.	40
Tabla 6: Porcentaje de inclusión de cada ingrediente y composición química de las dietas única (U), alta trasladando vacas por DEL (A-1), alta trasladando vacas por producción (A-2), baja trasladando vacas por DEL (B-1), y baja trasladando vacas por producción (B-2) para los distintos potenciales de producción simulados (8000, 12000, y 16000)	42
Tabla 7: Ganancia media diaria y consumos para lactancia tradicional o acelerada. ...	44
Tabla 8: Composición de las raciones de entre 60 y 120 días de edad.	45
Tabla 9: GMD esperadas y necesidades para las distintas etapas situadas entre los 120 y 750 días de vida.....	46
Tabla 10: Porcentaje de inclusión de cada ingrediente para las distintas raciones entre los 120 y 750 días de edad.	46
Tabla 11: Precio y ganancias de cada ración en los distintos planos de alimentación de cada etapa.....	47
Tabla 12: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año al realizar lotes de alimentación siguiendo diferentes criterios a la hora de cambiar a las vacas de lote y modificando la magnitud del descenso de producción (granja de 12000 litros de potencial lechero por lactación).....	51
Tabla 13: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año para distintos potenciales de producción de las granjas al realizar lotes de alimentación con un descenso de un 5% de la producción durante 5 días.	55
Tabla 14: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año para distintos precios de la leche al realizar lotes de alimentación con un descenso de un 5% de la producción durante 5 días producción (granja de 12000 litros de potencial lechero por lactación).	55
Tabla 15: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año para distintos precios de la ración al realizar lotes de alimentación con un descenso de un 5% de la producción durante 5 días (granja de 12000 litros de potencial lechero por lactación).	58

Tabla 16: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año para distintos efectos en la reproducción al realizar lotes de alimentación con un descenso de un 5% de la producción durante 5 días (granja de 12000 litros de potencial lechero por lactación). **60**

Tabla 17: Número de vacas eliminadas por “*culling*”, porcentaje de vacas que se encuentran en la dieta de alta calidad, ingresos anuales por venta de leche y gastos anuales de alimentación de vacas según la estrategia a seguir respecto a la reproducción (granja de 12000 litros de potencial lechero por lactación). **62**

Tabla 18: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año al realizar separación por número de parto respecto a un lote único..... **63**

Tabla 19: Rentabilidades de seguir una estrategia de alimentación de la cría tradicional o acelerada para diferentes precios de la ternera preparto. **65**

Tabla 20: Rentabilidades de seguir una estrategia de alimentación de la cría acelerada con o sin efecto “*imprinting*” para diferentes precios de la ternera preparto. **66**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curvas de lactación y de ingestión de materia seca de vacas primíparas y multíparas (Dekkers, Ten Hag y Weersink, 1998).	18
Figura 2: Relación entre la GMD durante los primeros 65 días de edad y la producción futura de leche durante los primeros 300 días de lactación.	24
Figura 3: Beneficio en €/vaca y año al aplicar una estrategia de lotes de alimentación respecto a una dieta única. Aparece enfrentado el beneficio al realizar el cambio de lote a diferentes DEL frente a realizar el cambio al descender de 42 litros para cada magnitud de descenso de la producción.....	53
Figura 4: Beneficio de realizar lotes de alimentación con cambio de lote a distinto DEL para distintos precios de la leche.	56
Figura 5: Porcentaje de gastos en alimentación de vacas respecto a los ingresos totales por venta de leche y evolución al realizar el cambio a distintos DEL.....	57
Figura 6: Representación gráfica de las líneas de tendencia para movimiento de lote de animales a distintos DEL y para distintas variaciones en los precios de sus raciones y de la leche. Se incluye la ratio Precio ración / Precio leche para cada modificación en los precios y la formula de la línea de tendencia de sus datos.....	59
Figura 7: Rentabilidad de separar vacas primíparas y multíparas para diferentes potenciales de producción (8000, 12000, 16000 litros/lactación) y diferentes magnitudes de beneficio (4, 6, 8, 10%).	63
Figura 8: Porcentaje de beneficio debido al “ <i>imprinting</i> ” en función del precio de las terneras.....	66

1. INTRODUCCIÓN

El sector lácteo está atravesando una gran incertidumbre económica debido a los bajos precios de la leche y a la gran variabilidad del precio de los concentrados, los cuales se han ido incrementando en los últimos años. Por ello es cada vez más necesario maximizar la rentabilidad de cada uno de los procesos de la explotación. El mayor coste de producción es la alimentación de las vacas en lactación, que representa en torno al 60% de los gastos totales. El segundo coste de producción es la reposición, el cual se sitúa entre el 15% y 20% de los costes totales de producción. El tercer coste de producción en importancia es la mano de obra, pero con una contribución considerablemente menor. Ante este escenario, nos planteamos analizar el retorno económico de diferentes estrategias de alimentación en las vacas de producción y la reposición.

En primer lugar, existe una gran controversia sobre qué estrategia es más adecuada para la alimentación de las vacas en lactación. Por un lado, existe una corriente que defiende la formación de grupos de alimentación basándose en la evidencia de que las vacas en distintas fases de su lactancia tienen unas necesidades de energía y proteína diferentes. Por lo tanto, proporcionando dietas distintas según su fase de lactancia, se pueden ajustar mejor los aportes y las necesidades nutritivas de las vacas. De esta forma se reduce el número de vacas sobrealimentadas, reduciendo así el coste de sobrealimentación.

Por otro lado, otros nutrólogos defienden que un único lote de alimentación es suficiente para el correcto funcionamiento de una granja lechera de alta producción. Cuando los niveles de producción son altos, la dieta tiene que tener un contenido en nutrientes muy elevado tanto al inicio como al final de la lactancia. En esta situación, aun con la misma dieta, la curva de necesidades es similar a la de los aportes durante todo el ciclo productivo ya que las necesidades descienden de forma paralela a la ingesta. Por ello, el porcentaje de vacas sobrealimentadas es relativamente bajo.

Además, alguna evidencia científica sugiere la formación de lotes específicos para las vacas primíparas. Las vacas primíparas aún deben acabar su desarrollo y son menos dominantes, por lo que si se alojan conjuntamente con las multíparas su comportamiento conduce a que su tiempo de descanso e ingestión de materia seca se reduce arrastrando consigo un descenso en la producción. Como no en todas las granjas es posible una separación según número de partos o su fase de lactancia, es necesario evaluar el resultado económico de cada estrategia para priorizar las opciones.

Otra estrategia alimentaria que puede tener efectos positivos sobre la productividad es la planificación de la recría. En los últimos años, se han propuesto estrategias de crecimiento acelerado que han demostrado mejoras sustanciales en la economía de la recría y la productividad futura. El mayor beneficio deriva del adelanto de la edad a la primera inseminación y la edad al primer parto. Así se reduce el tiempo de recría, su coste de alimentación y el número total de terneras necesarias. Además, datos recientes sugieren que, con un crecimiento acelerado, la producción futura de las vacas aumenta. Sin embargo, la mayoría de los estudios ignoran el coste de alimentación de esta estrategia.

Para evaluar el resultado de estas estrategias se utilizará el simulador de granjas lecheras desarrollado en la UAB (www.granjadevacas.es) para realizar una serie de simulaciones que permitan valorar cuál de las estrategias de agrupamiento y alimentación sería más beneficiosa económicamente. Para ello, se utilizarán tres granjas de distinto potencial productivo, en las que se variarán las repercusiones del cambio de lote tanto en producción como en reproducción, así como el crecimiento acelerado en novillas, en base a la bibliografía. De la misma forma, se realizarán cambios en los precios de la leche y de los alimentos para saber si estas variables afectan a la rentabilidad de una estrategia u otra.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los estudios de modelización matemática se basan en algoritmos que reflejan el conocimiento actual, la identificación de variables relevantes, y la asignación de valores razonables a estas variables. Para poder identificar los factores relevantes de los cambios en las estrategias de alimentación propuestas, es necesario realizar una revisión bibliográfica de la cual se puedan extraer los datos necesarios para realizar las simulaciones.

Las simulaciones tendrán como objetivo averiguar la mejor estrategia a seguir respecto a:

1. La formación de lotes en vacas en lactación.
2. Las estrategias de crecimiento de las terneras de reposición.

1. AGRUPACIÓN DE VACAS DURANTE LA LACTACIÓN

Respecto a la agrupación de vacas en producción pueden existir diferentes tipos de agrupamiento:

- a. Separación de vacas primíparas y multíparas.
- b. Otros criterios de agrupamiento (producción láctea, días en leche, estado reproductivo...).

1.1 SEPARACIÓN DE VACAS PRIMÍPARAS VS MULTÍPARAS

En primer lugar, se recopilaron datos sobre la forma de agrupamiento de las vacas según su número de parto. Diversos autores han observado que cuando las vacas primíparas se alojan conjuntamente con las multíparas, se produce un notable descenso en la producción en las primíparas, ya que las multíparas son más fuertes y dominantes. Sin embargo, según las condiciones en las que se encuentren, la magnitud de los beneficios o perjuicios varían notablemente.

Krohn y Konggaard (1979) hicieron un estudio para ver los cambios en el comportamiento de las vacas primíparas al alojarse solas o junto a multíparas. Se trabajó sobre tres rebaños de diferentes características:

- El rebaño A estuvo compuesto por dos lotes de 24 vacas cada uno de las cuales entre 6 y 7 eran de primer parto. Siempre hubo un mínimo de un comedero para cada vaca. Se alimentaron mediante TMR y se les suplementó con concentrado en la sala de ordeño dos veces al día.
- El rebaño B estuvo compuesto de 4 lotes, 3 con capacidad para 100 vacas lactantes y el cuarto con capacidad para 50 vacas secas. Se estudiaron 36 vacas primíparas, 18 de ellas se encontraron en un lote de un total de 80 vacas primíparas mientras que las otras 18 se encontraron con 80 vacas múltiparas. Las vacas dispusieron de 25 cm de comedero por vaca y se alimentaron mediante TMR.
- El rebaño C estaba compuesto de 160 vacas de las cuales se estudiaron 15 vacas primíparas como grupo independiente, y 15 vacas primíparas que se encontraban entre 55 vacas múltiparas.

Se observó que, cuando las vacas primíparas estaban aisladas de las múltiparas, pasaron entre un 10 y un 15% más de tiempo comiendo, y aumentaron el número de periodos de alimentación que realizaron cada día entre 0,5 y 2. Esto se tradujo en un incremento en la ingestión de materia seca entre un 17 y un 18% y un aumento de producción láctea de entre un 5 y un 10%. Las medias de producción de las vacas primíparas se incrementaron en los tres rebaños estudiados de 18,4 a 20,0; de 21,3 a 22,2; y de 18,2 a 19,1 litros al día.

Posteriormente, Phillips *et al.* (2001) realizaron un estudio con el mismo objetivo: estudiar el comportamiento y las repercusiones productivas cuando vacas primíparas y múltiparas se alojaban conjuntamente o por separado. Sin embargo, su estudio se diferenció del anterior en que las vacas estuvieron en un sistema pastoral, donde las vacas ingieren el forraje directamente del campo. Debido a las características propias de este sistema, la densidad de vacas fue notablemente inferior, cada vaca dispuso de 2325 m² frente a menos de 20 m² de los que cada vaca dispone en cualquier sistema de estabulación, y sin competencia por los puestos de alimentación. Se estudiaron 3 grupos de 16 vacas cada uno a los que se les suplementó con 2 kg de concentrado por animal y día en la sala de ordeño. Los lotes difirieron en su estructura de población: el primero con vacas múltiparas; el segundo con vacas primíparas; y el tercero con un 50% de vacas primíparas y un 50% de vacas múltiparas. Los autores estudiaron las variaciones entre grupos, y observaron que en el grupo mixto la producción tanto de múltiparas como de primíparas se redujo en un 3% la primera semana tras la mezcla. Tras esta primera semana, el descenso de la

producción se redujo hasta el 1%, dato que se mantuvo durante las seis semanas posteriores en las que se tomaron datos. En el grupo de multíparas se vio un descenso de la producción menos significativo respecto a las multíparas que formaban parte del grupo mixto ya que su producción descendió un 1,1 %. En el de primíparas, sin embargo, se vio un ligero aumento en la producción (0,1%) respecto a antes de la separación de los lotes. Los autores atribuyeron los cambios a un mayor número de interacciones agresivas entre las vacas multíparas que entre las primíparas, por lo que existió una mayor perturbación en su comportamiento alimenticio y de descanso.

En contraposición a estos dos estudios en los que hubo beneficio por mantener a las vacas primíparas y multíparas por separado, Bach *et al.* (2006) utilizaron dos lotes de 50 cabezas, uno compuesto únicamente por vacas primíparas y otro compuesto por un 30% de vacas primíparas y un 70% de vacas multíparas. Ambos lotes estaban en la misma explotación, se mantuvieron con el mismo número de vacas durante todo el experimento y fueron manejados por el mismo personal. Cada lote dispuso de 800 m² (16 m²/vaca), con 28 puestos de alimentación (1,78 vacas por puesto de alimentación) y se ordeñó mediante un robot de ordeño con un intervalo mínimo de 4 horas y máximo de 12 horas entre ordeños. Se les administró una ración TMR dos veces al día, y las dos primeras visitas del día a la estación de ordeño, se les ofreció 1,5 kg de concentrado. No se observaron cambios en la producción lechera, y se observó que, en los momentos de mayor competencia, cuando se repartía la ración, las vacas primíparas eran las que ocupaban el mayor número de puestos de alimentación.

La falta de efecto en el estudio de Bach *et al.* (2007) puede deberse al diferente sistema de ordeño y de alimentación de la granja, ya que en el ordeño robotizado se adjudican las cantidades de concentrado individualmente para cada animal. Otra observación es que el efecto es menor en el caso de las vacas en pastoreo, que es lógico ya que en pastoreo los animales no tienen competencia por puestos de alimentación y la densidad de animales por metro cuadrado es muy inferior. Los datos sugieren que, en el mejor de los casos vistos en la bibliografía, las vacas primíparas no mejoran su producción por estar separadas, y en el peor de los casos, las vacas primíparas reducen su producción entre un 5% y un 10% si se alojan junto a las multíparas.

1.2 OTROS CRITERIOS DE AGRUPAMIENTO

Como alternativa a realizar los agrupamientos según el número de parto de las vacas se pueden realizar en base a diferentes criterios como la producción, las necesidades, los días en leche (DEL) o el estado reproductivo. De esta forma se pueden formular raciones más ajustadas a cada vaca reduciendo la sobrealimentación o subalimentación, y evitando perjuicios económicos, como el gasto excesivo (por sobrealimentación de las vacas menos productoras) o la limitación de la producción (por subalimentación de las vacas más productoras). Sin embargo, estas estrategias de agrupamiento implican que las vacas tienen que cambiar de grupo a lo largo de la lactación. Los cambios de grupo conllevan estrés, lo que puede conducir a pérdidas productivas significativas y, según algunos autores, también a un empeoramiento de los parámetros reproductivos.

1.2.1 PÉRDIDAS PRODUCTIVAS DEBIDO AL CAMBIO DE LOTE

Torres-Cardona *et al.* (2014) analizaron las producciones de leche desde dos días antes hasta dos días después del cambio de lote. El estudio se realizó en 500 vacas, 100 por cada número de parto del primero al quinto. Las mayores pérdidas se observaron en las vacas de primer parto en las que la producción cayó en torno a un 10% el primer día. Las pérdidas fueron menores en vacas multíparas (4,5% el primer día). Sin embargo, casi todas las vacas recuperaron su nivel de producción dos días después del cambio. Esta diferencia en la magnitud de las pérdidas concuerda con los estudios sobre dominancia e interacciones agresivas entre vacas, donde las vacas más jóvenes y menos desarrolladas tienen menos peso social, y, por tanto, se ven más afectadas por los cambios (Schein y Fohrman, 1955; Dickson *et al.*, 1970; Reinhardt y Reinhardt, 1975; Arave y Albright, 1976). El descenso fue menor en vacas de tercer parto (2%) y la recuperación más lenta en las vacas más viejas (quinto parto), ya que en los dos días post-cambio en los que se midieron las producciones no se acabaron de recuperar.

Por el contrario, Clark *et al.* (1980), estudiaron 20 vacas Holstein y 124 vacas Guernsey pertenecientes a un mismo rebaño. Se realizaron tres dietas y sus correspondientes lotes para distintos niveles de producción: alto, medio y bajo; y una

dieta única para toda la lactación que se administró a las vacas control. Inicialmente solo había 105 vacas Guernsey a las que se fueron incorporando más animales que pasaron por el experimento. De estas 105 vacas iniciales los autores asignaron 76 vacas a las dietas segmentadas según su nivel productivo mientras que asignaron 27 al grupo control que mantuvieron en la misma dieta durante toda su lactación. Estudiando únicamente los datos de las vacas Holstein se observó que la estrategia de tres grupos de alimentación resultó en una pérdida de 3,7% de la producción de toda la lactación. La pérdida fue más acentuada en las vacas primíparas (5,4%) que en las vacas múltiparas (2,3%). El efecto fue contrario en las vacas Guernsey, donde la producción mejoró un 3%, sobre todo debido al gran aumento en la producción de sus vacas primíparas (10,5%) frente a un pequeño descenso de las múltiparas (2,5%). Estos resultados podrían ser debidos a una mayor dominancia de las vacas Holstein respecto a las Guernsey, que tendrían una mayor competencia por la jerarquía y estarían implicadas en más conflictos, lo que haría que el estrés en las Holstein fuese mayor y la caída de su producción superior al observado en otros estudios. La pérdida de producción podría atribuirse a que se realizan dos reagrupamientos durante la lactancia, frente a uno en los estudios posteriores. Sin embargo, como se verá más adelante en recomendaciones generales para realizar cambios de lote, el descenso de producción en cada reagrupamiento no es similar ya que existe un acostumbamiento por parte de las vacas reduciéndose el estrés que sufren en el segundo y volviéndose casi nulo en el tercero (Sowerby y Polan, 1978; Gupta *et al.*, 2007).

En los datos de los dos estudios que se acaban de presentar, el estrés y su consiguiente descenso en la producción se atribuye conjuntamente al cambio de lote y al cambio de dieta que en muchas ocasiones van a estar ligados. Sin embargo, en muchas ocasiones no se realiza una correcta separación entre ambos factores y se atribuye todo el estrés al cambio de lote, realizando cálculos de rentabilidad únicamente contando las pérdidas de este, por lo que es preciso estudiarlos por separado para poder disgregar a cuál de ambos cambios es debido o si resulta de su combinación.

Clark *et al.* (1980) diferenciaron las magnitudes de ambas repercusiones por separado, puesto que realizaron estudios sobre traslados de lote en vacas con el objetivo de diferenciar la causa del descenso de producción. Para ello establecieron un grupo de vacas “control” que fueron cambiadas de lote, pero mantuvieron su misma dieta, y otro grupo de vacas que fueron trasladadas de lote a la vez que les cambió su ración. Los movimientos de vacas de un lote a otro se realizaron en función de su

producción lechera y coincidió en las vacas Holstein con los 144 y 235 DEL para el primer (15,4 l/vaca/día) y segundo cambio de lote (11,1 l/vaca/día), respectivamente. Cuando se realizaron movimientos sin cambio en la dieta se pudo observar que en el primer movimiento la producción no descendió, mientras que en el segundo se observó un descenso del 5% (de 8,92 l a 8,45 l) de leche entre la media de los 4 días anteriores al cambio y la media del día siete al día diez después del cambio. También se observó que al añadirle al cambio de lote un descenso en el valor nutritivo de la dieta la pérdida de leche aumentó durante los diez días posteriores al cambio en los que se midió la producción. Durante estos diez días, en el primer cambio de lote, el descenso de leche fue de 6,7% (de 15,4 l a 14,3 l) mientras que en el segundo cambio de lote fue de un 10%. (de 11,12 l a 10,1 l).

Akinyele y Spahr (1975) realizaron un experimento con 120 vacas de razas Holstein y Brown Swiss a las que dividieron en 6 grupos y variaron la calidad de su dieta a la semana 8 o a la semana 16 cambiando vacas de alta a media calidad o viceversa. Realizaron un estudio de cada curva de lactación y del peso de los animales en función del cambio en la dieta y el momento del cambio. Los autores pudieron observar que el mayor descenso productivo sucedió en el cambio que se realizó a una dieta de inferior calidad cuando las vacas tenían más días en leche, mientras que si el cambio se realizaba más próximo al inicio de lactación las vacas veían más perjudicada su condición corporal. Este mayor descenso se puede atribuir a que, según avanza la lactación, desciende la prioridad que la vaca da a la producción de leche en beneficio a recuperar una buena condición corporal. Así pues, el descenso de producción es prácticamente nulo durante las primeras semanas que coinciden con el pico de lactación, y se incrementa según transcurren los días en leche.

Aunque no existen demasiados estudios como el anterior, en el que los autores manejan tres estrategias para ver los efectos del cambio de dieta y el cambio de lote por separado, sí que existen varios en los que hacen cambios de lote manteniendo una única ración. Estos estudios se han hecho con vacas primíparas, multíparas y ambas conjuntamente. Estos estudios permiten estudiar si el perjuicio debido al cambio de lote es diferente cuando se ha hecho una estrategia previa de separación de vacas multíparas y primíparas como se describió en el apartado 1,1 o cuando es la única estrategia de agrupamiento llevada a cabo, por lo que vacas primíparas y multíparas estarían juntas.

Haseawa *et al.* (1997) trabajaron únicamente con vacas primíparas, y Brakel y Leis (1976) trabajaron únicamente con vacas múltiparas, lo que permite valorar la repercusión de hacer lotes de alimentación una vez que ya hemos separado a las vacas por su número de parto, aunando de este modo las dos posibles estrategias planteadas y, teóricamente, maximizando los beneficios.

Haseawa *et al.* (1997) analizaron la repercusión que tenía el cambio de lote en las vacas primíparas según su jerarquía. Se utilizaron dos lotes de 51 vacas primíparas a media lactación. Ambos lotes fueron ordeñados dos veces al día y alimentados con la misma ración. Para la toma de datos se intercambiaron algunas de las vacas entre ambos lotes, previo estudio de su jerarquía en el rebaño, tomando datos de su producción una semana antes y dos semanas después del intercambio de vacas. Los autores observaron que la reducción en la producción lechera de las vacas intercambiadas descendía de la primera a la tercera semana entre un 3% y un 6% (situándose la producción media en 25,7 litros/día) más que las vacas del mismo rango que no habían sido cambiadas de lote. El descenso fue dispar entre las vacas de distinta posición social, correspondiendo los menores descensos a las vacas con jerarquía más alta y los mayores descensos a las vacas más subordinadas. Extrapolando estos datos a un rebaño mixto, supondría que casi todas las vacas primíparas sufrirían un descenso en su producción, ya que se uniría su menor rango social con la mayor agresividad de las vacas múltiparas (Phillips y Rind, 2001).

Brakel *et al.* (1976) utilizaron 48 vacas múltiparas de diversas razas alojadas en dos lotes de características similares. Ambos lotes estaban enfrentados entre sí y separados únicamente por el comedero de alimentación. Debido a la cercanía, las vacas de ambos lotes podían tener contacto visual, olfativo, e incluso entre sus morros, pero no interacciones agresivas. Ambos lotes fueron alimentados con la misma ración y estuvieron distribuidos de forma que las vacas en lactación más temprana (media de 90 DEL) se encontraron en el lote 1 y las de lactación más tardía (media de 270 DEL) en el lote 2. Asimismo, todas las vacas fueron manejadas por el mismo personal y tenían las mismas rutinas de ordeño y de alimentación. Se realizaron cinco ensayos consecutivos dejando 28 días antes de cada uno para que hubiese estabilidad social. Las cuatro vacas de lactación más avanzada en el lote 1 (184 DEL) pasaron al lote 2. Simultáneamente, para mantener el número constante en cada lote, se retiraron del lote 2 las cuatro vacas de lactación más avanza y se introdujeron en el lote 1 cuatro vacas que acababan de comenzar su lactancia. Se observó que al realizar cambios entre grupos el descenso en la leche de las vacas

movidas suponía un 3% (media productiva de 17 litros/día) durante el primer día, pero pasó a ser insignificante posteriormente. También se pudo ver que si los grupos entre los que se transferían las vacas estaban adyacentes estas ya no sufrían ningún tipo de descenso en su producción.

Keyserlingk *et al.* (2008) estudiaron 80 vacas (con una producción media de 40 litros y 140 DEL) distribuidas de forma aleatoria en 3 lotes de 12 vacas y 4 lotes de 11 vacas. Las instalaciones eran de características similares y las vacas se alimentaron con la misma ración. Después de agrupar a los animales en su posición de partida para el estudio, en la que fueron homogéneos para número de partos, DEL y proyección de producción a 305 días de lactancia, se dejaron siete días de estabilización para después proceder a realizar los cambios de lote. Dichos cambios de lote se realizaron a partir de 4 vacas elegidas al azar que se cambiaron de los 3 lotes de 12 vacas a los cuatro lotes de 11 vacas de forma que la densidad del lote en el que la vaca estudiada estaba alojada en cada momento no variase (aunque las vacas que estaban con ella sí que fuesen variando su densidad). El comportamiento de cada vaca estudiada se analizó durante 7 días, 3 previos y 4 posteriores al cambio de lote. Al finalizar el cuarto día tras el cambio y tomar las últimas medidas, las vacas volvieron a su grupo original para que después de otros siete días de estabilización del grupo se procediese a repetir el experimento con otras cuatro vacas. Los resultados permitieron atribuir al cambio de grupo un descenso de producción de 8,5% el primer día. Sin embargo, esta caída de la producción sólo fue apreciable el primer día, volviendo posteriormente a la normalidad.

Por último, Zwald *et al.* (2012) Estudiaron el comportamiento de vacas durante el cambio de lote en dos rebaños comerciales de EEUU, por lo que el tamaño de rebaño fue bastante superior al de los estudios vistos anteriormente. En cada uno de estos dos rebaños se analizó la pérdida de leche como consecuencia del cambio de lote. Sin embargo, los rebaños difirieron en que en el rebaño A se realizó una separación previa según el número de parto de las vacas, mientras que en el rebaño B vacas primíparas y multíparas se alojaron juntas. La composición y la forma de trabajar de los dos rebaños fue:

- Rebaño A: 336 entre vacas Jersey y vacas Jersey x Holstein a mitad de su lactación y con una media de 32,3 litros/día. Se seleccionaron un 20% tanto de primíparas como de multíparas que fueron asignadas al tratamiento de cambio o no cambio de lote a igual proporción. Todas las vacas estaban alojadas en la

misma nave, se ordeñaron 3 veces al día y se alimentaron con una dieta TMR una vez al día. El alimento se les acercó hasta doce veces cada día. En este rebaño las vacas no fueron cambiadas de lote más de una vez.

- Rebaño B: 280 vacas Holstein a mitad de lactación y con una media de 49,3 litros/día. En este caso las vacas se dividieron en 3 lotes de 63 vacas multíparas cada uno y 2 lotes de 70 vacas primíparas cada uno. Se seleccionaron 20 vacas de cada lote que fueron asignadas a cada tratamiento del mismo modo que en el rebaño A. El rebaño se ordeñaba tres veces al día, y distribuía una ración TMR dos veces al día, la cual se acercó hasta tres veces cada día. En este rebaño, los movimientos de vacas se realizaron tres veces, pero siempre con un intervalo entre movimientos superior a tres semanas.

Las características de las instalaciones de cada lote de vacas no fueron idénticas, pero sí lo fue la ración administrada a cada rebaño. En estas condiciones, se observó que el cambio de lote, sin modificar la dieta y a mitad de la lactación, no tuvo efectos negativos en su producción, dato que refuerza lo observado anteriormente por Clark *et al.* (1980).

Observando los valores de los estudios anteriores de cambio de lote de animales, cuando este es el único cambio, o se acompañan de una reducción en la calidad nutritiva de la dieta, se puede concluir que, pese a que en ambas situaciones los resultados son dispares, cuando el cambio de lote está acompañado de un cambio de dieta el estrés que sufren los animales es mayor o su capacidad de adaptación al cambio de lote disminuye, pero en cualquier caso se produce un mayor descenso en la producción respecto a cuándo se realiza un cambio de lote con dieta uniforme. También se puede concluir que las vacas primíparas sufren un efecto mayor que las multíparas tanto si están alojadas solas con otras primíparas como si están junto a las vacas multíparas. En casi todos los casos estudiados se pudo observar que, aunque la magnitud del descenso de la producción variaba considerablemente (de 0 a 10%) su duración en el tiempo fue relativamente corta.

El resto de variaciones en los datos quizá se deba a las condiciones en las que se alojaron las vacas, ya que condiciones como la densidad (m^2/animal) y el número de vacas por comedero afectan al comportamiento de las vacas aumentando los enfrentamientos entre ellas y, por lo tanto, perjudicando su producción (Cook, 2009; Talebi *et al.*, 2014). Grant y Albright (Grant y Albright, 2001) compararon la cantidad de interacciones agresivas entre vacas cuando se variaba el número de vacas por

comedero, observando que con una proporción de una vaca por comedero las vacas dominantes comían un 14% más de alimento que las vacas sumisas. Esta diferencia aumentó a un 23% cuando la relación fue de tres vacas por comedero. Si este dato se extrapola a los movimientos de lote se puede deducir que, como al cambiar una vaca su posición dentro del rebaño decrece su jerarquía por ser la nueva y tener que establecer su sitio en una jerarquía ya establecida, a mayor densidad de vacas menor cantidad de materia seca ingerirán las nuevas vacas, mientras que, si la densidad de vacas es baja, su ingestión y producción no se verán tan afectadas. También el acostumbramiento al cambio de grupo repetidamente puede reducir los efectos negativos que el cambio de grupo tiene en las vacas, ya que se ha comprobado que los efectos negativos del cambio de grupo se reducen en el segundo reagrupamiento, llegando casi a desaparecer durante el tercero (Gupta *et al.*, 2007) aunque no existen datos respecto a los cambios de lote que sufrieron las vacas antes de los experimentos.

1.2.2 PÉRDIDAS REPRODUCTIVAS DEBIDO AL CAMBIO DE LOTE

Además del descenso en la producción debido al cambio de lote, se pueden presentar otros efectos negativos. Uno de estos inconvenientes son los problemas reproductivos que pueden afectar a las vacas, principalmente si no están gestantes a la hora del cambio de grupo. Algunos autores han sugerido que las vacas tienen una mayor tasa de concepción cuando su dieta es uniforme (Kroll *et al.* 1987), o que la fertilidad resulta perjudicada cuando las vacas sufren una pérdida en la jerarquía en el rebaño (Dobson y Smith, 2000). Este descenso en la jerarquía afectará más cuando se cambien a un lote en el que las vacas lleven más días en leche, ya que estarán más recuperadas de su fase de balance energético negativo teniendo, por tanto, más peso y rango social (Schein y Fohrman, 1955; Dickson *et al.*, 1970; Reinhardt y Reinhardt, 1975; Arave y Albright, 1976).

Clark *et al.* (1980) observaron que las vacas que se cambiaban de lote alrededor de los 144 DEL tenían una media de 10 días abiertos más (123 días abiertos) que las vacas del grupo control (113 días abiertos) cuyo lote y dieta era uniforme durante toda la lactación.

1.2.3 CRITERIOS DE AGRUPAMIENTO

Vistas las diferentes repercusiones que trae consigo la agrupación de vacas para realizar cambios de lote y así distribuir una ración “alta” y una “baja”, es necesario discutir los diferentes criterios para realizar los cambios de lote. McGilliard *et al.* (1983) propusieron cambios en función del mérito lechero, la producción actual de leche, la producción actual de leche corregida por grasa, o las necesidades nutricionales de las vacas. Según estos criterios y organizando las vacas en función de la etapa de la lactancia en la que se encuentren (<46, 46-105, 106-225 y >225 DEL) la Tabla 1 nos indica el porcentaje de vacas que deberían encontrarse en la ración de alta producción en cada una de estas etapas en función de su número de parto. Dado que el sistema de agrupamientos que vamos a estudiar tiene como objetivo valorar la rentabilidad de hacer lotes de alimentación, la estrategia consistirá en cambiar de lote a las vacas en un día fijo de su lactación y compararla con realizarlo cuando la producción descienda por debajo de un límite de modo que elegir el momento de traslado sea más sencillo en la práctica y, al mismo tiempo, ajustar los aportes con las necesidades. Uno de los sistemas de agrupamiento que nos interesa es el basado en las necesidades nutricionales de las vacas que como se explica más adelante está bastante correlacionado con los días en leche.

Tabla 1: Porcentaje de vacas según su nº de parto que se distribuyen en la ración “alta” según sistemas de agrupación (McGilliard *et al.*, 1983).

Días en leche	Nº de parto	Sistemas de agrupación			
		Necesidades	Leche	FCM	Mérito lechero
<46	Primíparas	98	49	48	64
	Múltiparas	99	91	91	87
46-105	Primíparas	78	52	47	64
	Múltiparas	80	89	87	81
106-225	Primíparas	44	31	30	46
	Múltiparas	32	60	60	49
>225	Primíparas	48	15	18	30
	Múltiparas	16	19	22	16

Viendo los datos de la columna basada en las necesidades nutricionales de la vaca (Tabla 1) se puede ver que al inicio de la lactación prácticamente todas las vacas necesitan una dieta de alto valor nutritivo y, según va avanzando la lactación, se debe

cambiar la ración de la vaca a una menos rica en nutrientes. Las vacas a las que antes se les debe rebajar la calidad de su dieta son las múltiparas, ya que su desarrollo ha finalizado, o la pérdida de producción a lo largo de lactación (persistencia) es mayor que en vacas primíparas y su ingestión es mayor. Por el contrario, las vacas primíparas deben completar su desarrollo y, aunque su producción diaria es menor, la curva de lactación tiene el pico de producción más tardío y con una mayor persistencia (Spahr *et al.*, 1993). Asimismo, el pico de ingestión se produce más tarde (Figura 1).

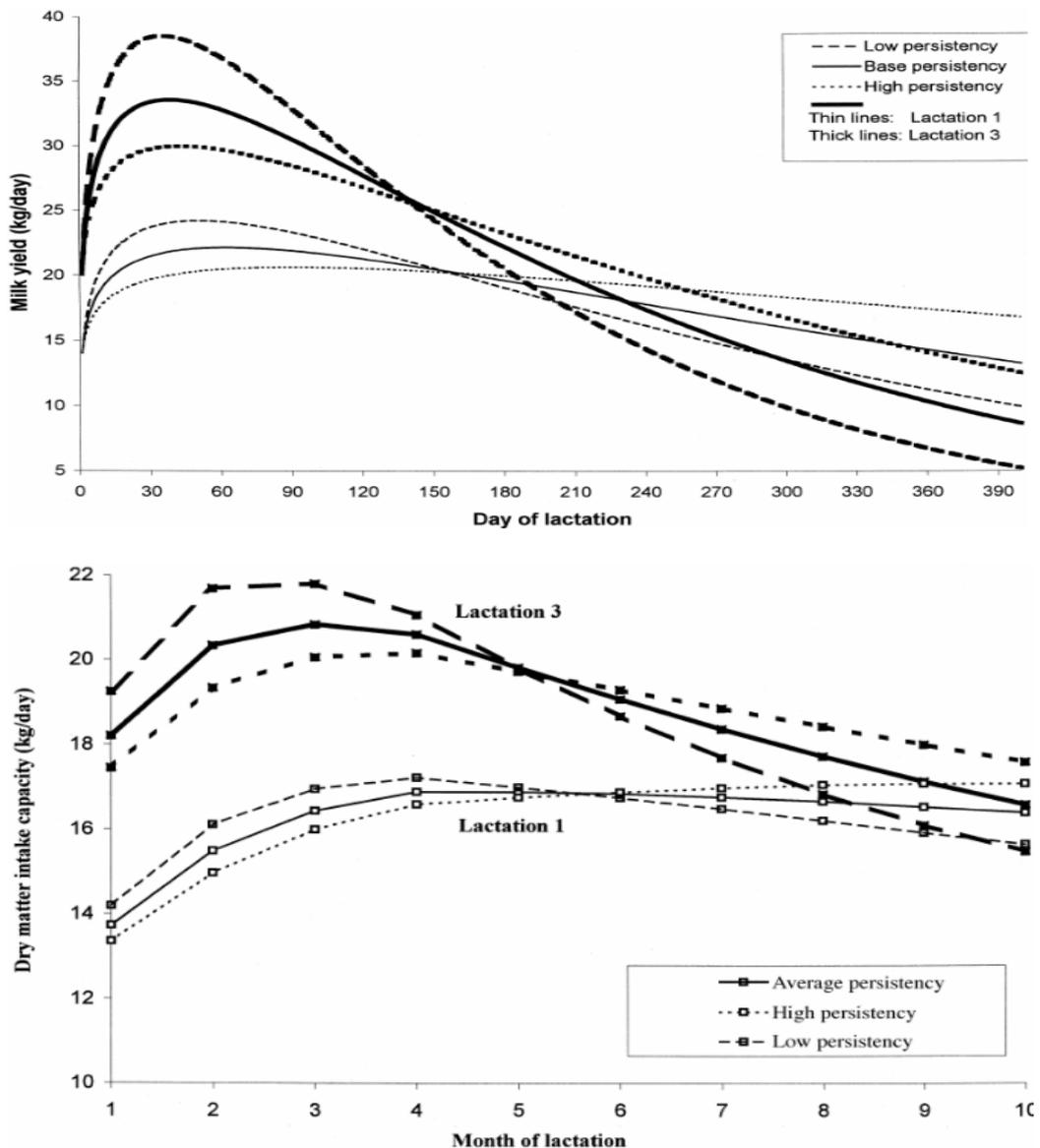


Figura 1: Curvas de lactación y de ingestión de materia seca de vacas primíparas y múltiparas (Dekkers, Ten Haq y Weersink, 1998).

Como hemos explicado anteriormente, el porcentaje de vacas en la ración alta distribuido según las necesidades está bastante ligado a los días en leche, y debido a la sencillez de cambiar a las vacas de lote a un tiempo fijo se ha optado por esta estrategia que se comparará con realizar el cambio de lote a un nivel de producción predeterminado, por ser este un valor que se puede establecer como fijo y a partir del cual también sería sencillo trabajar en la práctica. Es importante establecer qué día de lactación es óptimo para sacar mayor rentabilidad al cambio. Para ello hay que valorar dos aspectos: el abaratamiento de la ración y la pérdida de leche derivada del cambio de lote y ración. Para saber la pérdida de leche nos basamos en los estudios sobre cambios de lote y/o tipo de ración. Así, deducimos que al inicio de la lactación el descenso en la producción lechera de las vacas es prácticamente nula, pero se incrementa a medida que aumentan los días en leche de las vacas (Clark *et al.*, 1980; Kroll, Owen y Whitaker, 1987). También se ha podido observar que la duración de las pérdidas puede variar notablemente entre cuando los animales no compiten por la jerarquía del rebaño y cuando existe una competencia alta, de modo varía de un día de pérdida a un descenso más prolongado en toda la lactación que se puede deducir del descenso en la producción total de la lactación (Clark *et al.*, 1980). En cuanto a la reproducción, se puede observar que, en ocasiones, al implementar una estrategia de grupos de alimentación algunos estudios no han visto modificación en ellos mientras que otros han visto incrementados sus días abiertos en 10.

1.2.4 RECOMENDACIONES GENERALES AL REALIZAR CAMBIOS DE LOTE

En caso de que se asuman las pérdidas a la hora de cambiar vacas de grupo, siempre habrá unas premisas básicas con las que se puede reducir el descenso de producción y los perjuicios que tengan. Grant y Albright (2001) sugirieron que cuando los lotes de vacas tienen un tamaño entre 100 o 200 individuos o superior, la capacidad de reconocimiento de las vacas no permite establecer jerarquías y las vacas no competirán por un buen puesto, sino que se formarán subgrupos. En estas condiciones los efectos negativos del cambio de grupo son menores. Boyle *et al.* (2012) realizaron un experimento con 24 novillas criadas de la misma forma y en las mismas instalaciones con el objetivo de ver cuándo era más beneficioso introducirlas al grupo de lactación. Para su introducción siguieron dos tratamientos: introducirlas durante la primera media hora después del ordeño de la mañana; o introducirlas media hora después del ordeño de la tarde. Los resultados mostraron que era mejor hacer

los cambios durante la tarde, ya que en este momento las vacas estaban menos activas, y por lo tanto, se mostraban menos agresivas, facilitando su inserción en el grupo. Sowerby y Polan (1978) estudiaron 7 rebaños en los que mensualmente movieron diferentes porcentajes del total de vacas (2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14%). Los resultados no consiguieron mostrar que fuese beneficioso realizar los movimientos en grupos para facilitar la inserción de las nuevas vacas, sin embargo observaron que, si el número de animales trasladados es suficientemente grande (>8 animales), podía llegar a formarse un subgrupo dentro del lote donde las interacciones agresivas disminuían y las vacas apenas notaban los cambios. Los autores también observaron que en los rebaños en los que anteriormente realizaban movimientos de vacas entre lotes, las vacas apenas veían perjudicada su producción en comparación con las vacas procedentes de los rebaños donde no se realizaban.

1.2.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FORMACION DE LOTES DE ALIMENTACIÓN

Otras consideraciones importantes a la hora de hacer lotes de alimentación y estudiar su rentabilidad son:

- La relación entre el precio del concentrado y del litro de leche, ya que a mayor precio del concentrado más rentable debería ser la formación de lotes (Østergaard *et al.*, 1996). Mientras que cuanto más alto es la ratio precio leche/ precio concentrado, más rentable es tener vacas sobrealimentadas ya que el extra de leche que producirán las vacas más productivas compensará la pérdida por sobrealimentación de las vacas menos productivas.
- El nivel de producción de la granja. Algunos autores defienden que el nivel de producción es un factor importante ya que, cuanto mayor sea la producción de una granja, mayor beneficio por animal obtendrá al realizar grupos de alimentación, ya que las raciones serán más caras y habrá una mayor diferencia entre la de alta y la de baja (Williams y Oltenacu, 1992). Sin embargo, actualmente todo parece indicar que este dato es erróneo puesto que debido al alto potencial productivo desarrollado en los últimos años (posteriores al estudio) las dietas formuladas para los grupos de alta y baja producción necesitarán la máxima energía y una pequeña variación en la proteína, lo que

hará que la diferencia en las características y el precio entre ambas dietas sea mínima.

2. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO DE TERNERAS DE REPOSICIÓN

El segundo tema de estudio es averiguar la estrategia más rentable para llevar a cabo el crecimiento de la reposición. Las referencias de crecimientos y necesidades más comúnmente utilizada son las del NRC (National Research Council, 2001) a partir de las cuales se han aplicado modificaciones para su actualización o extrapolación a condiciones más aplicables a la realidad de las explotaciones lecheras (Bach *et al.*, 2010).

2.1 OBJETIVOS Y CONSIDERACIONES GENERALES

El objetivo del programa de recría es que las terneras lleguen a su primer parto y empiecen con su lactación con el menor gasto posible y en unas condiciones que les permitan una buena producción en su fase adulta. Para ello, el sistema de alimentación tradicional procuraba que los insumos que se destinasen a esta fase fuesen lo más reducidos y económicos posible. Sin embargo, los sistemas de crecimiento acelerado propuestos recientemente defienden que un crecimiento más rápido durante las primeras etapas de la vida permite adelantar la primera inseminación y la edad al primer parto, acortando de esta forma la etapa de recría, y reduciendo el coste que supone. Para conseguir una primera inseminación temprana es necesario que el animal llegue a la pubertad lo antes posible. Así pues, se pueden establecer dos fases diferenciadas en la alimentación de la novilla de reposición: pre-puberal y post-puberal.

El objetivo de la fase prepuberal es que las terneras se desarrollen lo más rápido posible para alcanzar la pubertad lo más temprano posible. La pubertad está estrechamente relacionada con el peso corporal (45% del peso adulto) y la estatura que con la edad (Daniels, 2010). Así bien, a la pubertad se llegará de media con aproximadamente 280 kg de peso y a la edad de aproximadamente 270 días. Las

recomendaciones para realizar el primer servicio a la novilla, serán cuando tenga aproximadamente entre el 55% y 58% del peso adulto y una altura de 127 cm en la cruz. Asimismo, si la alimentación en la etapa post-puberal es la adecuada, en el momento del parto la novilla debería de haber alcanzado un 85% del peso adulto y una altura de 137 cm en la grupa (Bach y Ahedo, 2008; Bach *et al.* 2010).

Respecto a si es mejor basarse por las recomendaciones de peso o de estatura, Heinrichs y Hargrove (1987) realizaron un estudio de medidas en el que recogieron el peso y la estatura de 5723 vacas Holstein de 163 rebaños. Con la edad de cada una se calculó una ecuación de regresión cuadrática para la estatura y para el peso de cada rebaño, relacionando más positivamente la estatura que el peso con la producción de leche en la primera lactación. De la misma forma, Hoffman (1995) estableció una relación entre el cuadro esquelético de la vaca y el peso corporal, y concluyó que la estatura era mejor medida para saber su estado de desarrollo que no el peso. También estableció una relación entre el tamaño del cuadro esquelético al parto y el descenso en la incidencia de distocia, así como con la producción de leche en la primera lactación. Sin embargo, debido a la falta de datos y la dificultad para medir la estatura de las terneras, los estándares y recomendaciones al llegar a la pubertad y primera inseminación siguen siendo en función del peso.

2.2 ALIMENTACIÓN PREPUBERAL

La alimentación en la etapa prepupal es en la que hay más estudios porque es cuando más pueden variar las ganancias y desarrollos de las terneras según la estrategia de alimentación seguida. Esta etapa se puede dividir en dos fases:

- a. Lactancia, base de alimentación líquida.
- b. Transición y crecimiento, con alimentación sólida.

2.2.1 FASE DE LACTANCIA

En esta etapa, la alimentación de las terneras es fundamentalmente líquida y se pueden obtener ganancias muy dispares según la calidad y cantidad de leche o lactoreemplazante que reciban las terneras. Otro aspecto importante del desarrollo de la ternera es el efecto "*imprinting*" que consiste en una programación metabólica de las

terneras que depende de la ingestión de nutrientes en las primeras semanas de vida y que tendrá repercusión en la producción láctea futura. Debido a ello, existen gran variedad de estudios contraponiendo distintos planos de alimentación realizados mediante distintas estrategias.

Shamay *et al.* (2005) compararon el efecto de la alimentación de 40 terneras durante la lactancia (desde los 5 a los 50 días) en dos lotes de terneras: el primero (MF), con leche *ad libitum* durante 30 minutos dos veces al día; y el segundo lote de terneros (MR), con 450 g de MS de lacto-reemplazante diluidos en 5 litros de agua que se distribuyeron una vez al día. Los autores observaron una ingestión total durante la lactancia de 24,8 y 54,7 kg de MS en forma de lactoreemplazante o leche, y 11,7 y 35,7 kg de MS de pienso starter para los terneros MF y MR, respectivamente. Esto representó un incremento en la ingestión de MS de 9,8%, lo que supuso un incremento en la ingestión de energía de un 52,4% y de casi un 40% en la PB en MF respecto a MR. Como consecuencia de este incremento de la ingestión, se observó que los parámetros óseos siempre fueron mayores en las terneras alimentadas con leche, los cuales llegaron a la pubertad una media de 23 días antes. Asimismo, también se pudo ver un incremento de 1,3 litros al día (4,5%) de producción de leche corregida al 3,5% en grasa durante la primera lactación en las terneras MF.

Jasper y Weary (2002) evaluaron 28 terneras en fase de lactancia para averiguar la diferencia entre seguir una alimentación tradicional frente a una de consumo de leche *ad libitum*. En la alimentación tradicional las terneras se alimentaron con leche natural hasta un 10% de su peso corporal dos veces al día, mientras que en la alimentación *ad libitum* se les permitió ingerir toda la leche que quisieran. Ambos tratamientos duraron hasta el día 37 de vida cuando se empezó a realizar un destete progresivo diluyendo la leche con agua hasta el día 43. Los terneros alimentados con leche *ad libitum* ingirieron un 89% más de leche y su ganancia de peso fue un 63% mayor el día 35 del estudio. Aunque durante la lactancia el consumo de pienso y heno fue inferior en las terneras con leche *ad libitum*, no se pudo observar una diferencia significativa entre el consumo de pienso al destete, ya que las terneras de ambos tratamientos experimentaron una adaptación rápida al pienso cuando se destetaron de forma progresiva, teniendo un consumo similar cuando se destetaron completamente.

Estos resultados concuerdan con los de Khoury y Pickering (1968) que alimentaron a un grupo de terneras durante las catorce primeras semanas de vida con diferentes niveles de alimentación. Los autores dividieron 36 terneros en cuatro grupos a los que

ofrecieron un 12%, 15%, 18% de su peso corporal en lactoreemplazante, o se lo ofrecieron *ad libitum*. Las ganancias diarias fueron de 0,52; 0,57; 0,66 y 0,75 kg/día y unos índices de conversión de 1,34, 1,50, 1,47 y 1,57 kg leche/kg peso ganado, respectivamente.

En la Figura 2 podemos observar una relación establecida por Bach *et al.* (2010) entre el ritmo de crecimiento los primeros 65 días de vida y su consiguiente producción de leche durante los 300 primeros días de lactancia. En ella se puede ver que a mayor ritmo de crecimiento durante la lactancia mayor producción de leche en la primera lactación.

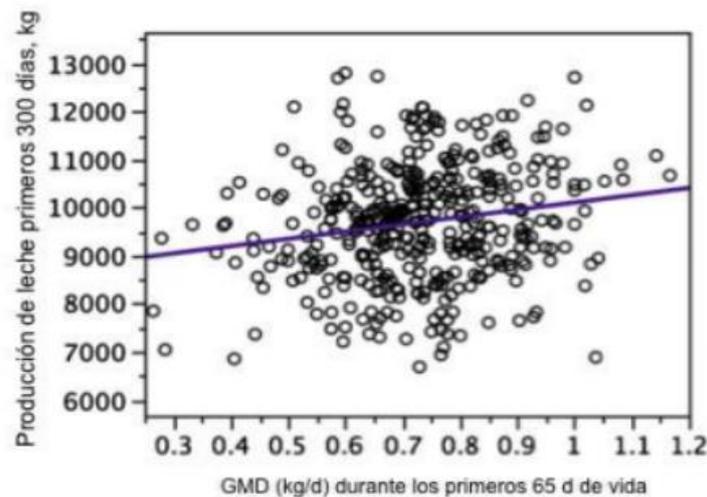


Figura 2: Relación entre la GMD durante los primeros 65 días de edad y la producción futura de leche durante los primeros 300 días de lactación.

Las recomendaciones más recientes sobre crecimiento acelerado se basan en un nivel de alimentación líquida (leche o lacto-reemplazante) mucho más alto (hasta un 20% del peso vivo de la ternera) al convencional (10%) (Terré *et al.*, 2006). Este aumento en la ingesta de alimento líquido repercutirá considerablemente en la cantidad de pienso de iniciación que el animal ingerirá durante la lactancia que puede ser mucho menor que el de los que tienen un menor plano de alimentación líquida (Hodgson, 1965; Huber *et al.*, 1984). Debido a ello pueden aparecer problemas al destete si se hace de forma brusca, ya que al no estar las terneras habituadas al consumo de pienso su ingesta de MS en un destete de este tipo caerá considerablemente los primeros días (Terré *et al.*, 2007). Este descenso en el consumo será debido a que las terneras no consumen suficiente cantidad de pienso. Sin embargo, esta mayor alimentación, y su consecuente mayor ganancia diaria durante la fase de lactancia, repercutirá positivamente en la salud de las terneras, las cuales tendrán un mejor sistema inmune, y debido al llamado efecto "*imprinting*", aumentarán su producción

futura cuando sean adultas (Huber *et al.*, 1984; Williams y Oltenacu, 1992; Terré *et al.* 2006).

Tabla 2: Diferentes incrementos en la producción de leche en la primera lactación tras haber administrado a las terneras en su lactancia un 50% más de nutrientes (Van Amburgh *et al.*, 2011).

Estudio	Aumento de producción / Kg
Foldager y Kronhn, 1994	1402
Bar-Peled <i>et al.</i> , 1998	453
Foldager <i>et al.</i> , 1997	519
Ballard <i>et al.</i> , 2005	700
Shamay <i>et al.</i> , 2005	980
Rincker <i>et al.</i> , 2006	499
Drackley <i>et al.</i> , 2007	835
Morrison <i>et al.</i> , 2009	0
Moallen <i>et al.</i> , 2010	732

En la Tabla 2 podemos ver una recopilación de los incrementos en la producción de leche en la primera lactación que atribuyen distintos autores a las terneras alimentadas mediante un programa de crecimiento acelerado respecto a la alimentación convencional. Se puede ver que los incrementos que los distintos autores asignan en la producción de la primera lactación varían de ser nulos, como en el estudio de Morrison *et al.* (2009), al incremento de 1402 kg en la primera lactación en el estudio de Foldager y Krohn (1994). El valor medio es de 679 kg de incremento en la producción.

Gelsing *et al.* (2016) realizaron un meta-análisis donde compararon estudios con condiciones diversas e incluyendo conjuntamente los efectos de la alimentación líquida y sólida. Los autores observaron incrementos en la producción de hasta 138 kg de leche en la primera lactación por cada 100 g de ganancia media diaria por encima de 500 g. Sin embargo, el efecto de esta alimentación predestete sólo representan el 3% de la variación observada en la lactación, por lo que es necesario considerar estos

datos con precaución, ya que el programa debe ir acompañado de una buena alimentación posterior al destete y el crecimiento prepuberal.

Para conseguir un mayor plano de alimentación mediante la ingestión de leche o lactoreemplazante, existen diferentes estrategias:

- a) incrementar los sólidos por litro de lactoreemplazante hasta un 16%.
- b) incrementar el volumen de lactoreemplazante administrado en cada toma. (hasta 4 litros)
- c) incrementar las tomas de lactoreemplazante (de 2 hasta 4 o *ad libitum*)
- d) distintas combinaciones de las anteriores estrategias.

2.2.2 TRANSICIÓN Y CRECIMIENTO HASTA LA CUBRICIÓN

Después de esta fase de lactancia, llega la fase de transición, en la cual la ternera debe pasar de una alimentación líquida, a una alimentación únicamente sólida. Para ello, durante la lactancia tardía es deseable fomentar el consumo de pienso “starter” para que su consumo sea considerable al destete. En diversos estudios, los autores recomiendan una tasa de ingestión de en torno a 2 kg/día de starter al destete, lográndose un consumo de 1,5 kg/día al iniciar el destete progresivo y alcanzando los 2,0 kg/día cuando se completa el destete (Bach *et al.*, 2007; Terré, Devant y Bach, 2007; Terré *et al.*, 2013)

Respecto a la forma de presentación de este pienso “starter” Yavuz *et al.* (2015) realizaron un estudio con 40 terneras desde el día 1 al día 70 de edad. Después del encalostamiento se aumentó progresivamente la cantidad de leche hasta alcanzar los 4 litros el sexto día de vida. Durante los siguientes tres días de lactancia se proporcionó la leche en tres tomas diarias que posteriormente se reducirían a 2 tomas diarias hasta los 42 días, momento en el que sólo se dio una toma hasta el destete a los 62 días de vida. Durante este tiempo, las terneras se dividieron en cuatro grupos manteniéndolas en las mismas condiciones con heno y pienso “starter” *ad libitum*. La única diferencia fue el pienso starter: a) grano de maíz entero más concentrado de proteína en forma de gránulo; b) alimentación de arranque en gránulos; c) arranque en forma de harina con maíz molido grueso; d) 95% arranque en forma de harina con maíz molido grueso + 5% de *Nutrilait* (contiene 35% de suero en polvo). Se tomaron medidas de ingestión de lactoreemplazante, heno y pienso todos

los días. Los autores no observaron diferencias significativas en la ingesta de pienso, la ganancia de peso o la eficiencia de la alimentación, y simplemente observaron que en el pienso con maíz entero las terneras pasaron más tiempo rumiando o masticando con su consecuente secreción de saliva y mejor tamponamiento del rumen.

En cambio, Bach *et al.* (2007) realizaron un estudio con 106 terneras desde los 11 hasta los 64 días de edad. Su alimentación líquida consistió en 6 litros al día de lactoreemplazante del 25% de proteína y 19,2% de grasa, a una dilución del 15% de materia seca. Se mantuvo esta dilución del lactoreemplazante hasta que los animales llegaron a comer 300 g de pienso durante dos días consecutivos, momento en el que se pasó a diluirlo al 12%. Esta alimentación se mantuvo hasta el día 49 cuando se inició un destete progresivo reduciendo el lactoreemplazante suministrado a las terneras a 2 litros al día hasta el día 57 que se destetaron completamente. Desde el inicio se les suministro pienso con la misma composición, pero en distinta forma de presentación, multipartícula o en pellet, asignando las terneras al azar a uno de los dos tratamientos. Se midió la cantidad de pienso que ingerían a diario hasta una semana después del destete y se pesaron las terneras a los 49 y 64 días de edad. En este caso los autores sí que encontraron diferencia entre el modo de suministrar el pienso, ya que el pienso en pellet resultó en un crecimiento similar al multipartícula (767 y 780 g/día, respectivamente) pero con una mayor eficiencia de conversión (58,6 y 61,3% para pienso multipartícula y en *pellets*, respectivamente).

Respecto el aporte de forraje durante el periodo de lactancia, el NRC (2001) no lo recomendaba hasta el destete. Sin embargo, recientemente Castells *et al.*, (2012) realizaron un estudio con 179 terneras que se dividieron en 3 experimentos que siguieron la misma metodología. Los terneros se estudiaron desde el día 8 de vida, momento desde el que se les alimento con 4 litros de lacto-reemplazante al 12,5%, hasta los 50 días de edad divididos en dos tomas. Entre los 50 y 57 días de edad se les suprimió la toma de leche de la tarde. Los terneros se dividieron de manera aleatoria en 3 grupos iguales de 20 terneros cada uno a los que se les administro la dieta sólida una hora después del lacto-reemplazante. Los terneros en el grupo control fueron alimentados con un pienso starter sin suplementación de forraje. Los terneros de los otros dos grupos fueron alimentados con el mismo pienso starter más una fuente forrajera que varió entre los 3 experimentos: Exp. 1) alfalfa picada o heno de centeno. Exp 2) heno de avena o paja de cebada picada; y Exp 3) ensilado de maíz o ensilado de triticale. Los forrajes fueron troceados y su tamaño de partícula se determinó mediante tamices de 20 y 8 mm. Los resultados revelaron una mejora en la

ingesta y crecimiento cuando el forraje proporcionado fue heno de avena picado, paja de cebada picada o ensilaje de triticale ad libitum. La mejora se obtuvo con cualquier forraje, salvo con el heno de alfalfa picado, ya que incrementaron la ingestión de pienso.

Después de la transición a la alimentación sólida, el animal debe crecer hasta llegar a la pubertad. Este periodo, junto a la lactancia, son considerados los más críticos. En la lactancia, como se ha comentado anteriormente, las ganancias en peso y la futura producción de leche aumentarán considerablemente según el plano de alimentación. Entre el final de la lactancia y la pubertad el efecto puede ser contrario, ya que algunos autores observaron un descenso en la producción si el crecimiento es demasiado rápido. Este posible descenso en la producción se atribuye al crecimiento alométrico de la glándula mamaria (Shamay *et al.*, 2005). Varios estudios han sugerido que un plano de alimentación alto en esta fase (por encima de 0,8kg de crecimiento al día) puede desembocar en un posterior menor desarrollo del parénquima mamario y un engrasamiento de la ubre, por lo que desciende la producción (Sejrsen *et al.*, 1982; Petitclerc, Chapin y Tucker, 1984; Capuco *et al.*, 1995). Respecto a las diferentes tasas de crecimiento en esta etapa prepuberal, Van Amburgh *et al.* (1998) realizaron un estudio sobre como afectaban diferentes tasas de crecimiento a la posterior producción de leche en las terneras. Para ello los autores utilizaron 273 terneras en fase de transición (de los 90 a los 320 kg de peso vivo) a las que asignaron a tres tratamientos de diferentes crecimientos, 0,6; 0,8 y 1 kg/día. Cabe destacar que el objetivo de peso post-parto en estas novillas era de 545 kg y la concepción fue planeada para los 340 kg, por los que la magnitud de crecimiento representa un valor que sería mayor en las Holstein actuales. El peso de las novillas fue controlado durante el crecimiento y durante la primera lactación en la cual también se controló la leche que produjeron. Los autores observaron que la variación en la producción de leche no era significativa, sin embargo, encontraron un descenso del 5% si se corregía la producción de leche para un 4% de grasa.

Meyer *et al.*, (2006) realizaron un estudio para ver el efecto de dos planos de alimentación diferentes durante la prepubertad. Dividieron 78 novillas Holstein de 9 días de edad en dos tratamientos, el tratamiento R con alimentación restringida para una ganancia de 650 g/día, y el tratamiento sostenido E en el que recibieron una alimentación para una ganancia de 950 g/día. La fase de lactancia duro hasta las 6 semanas de vida y se introdujo un pienso iniciador hasta la décima semana de estudio. Posteriormente se alimentaron a las novillas con una ración TMR hasta el final

del estudio. Para la toma de datos se sacrificaron 6 terneras al peso de 45kg para saber la composición antes de comenzar los tratamientos y posteriormente se sacrificaron 6 terneras de cada tratamiento a los pesos de 100, 150, 200, 250, 300 y 350 kg. Se estudiaron la composición del parénquima y grasa mamaria para uno de los dos estudios realizados observando que la edad era el único factor que modificaba la composición sin importar el plano de alimentación administrado. En el segundo estudio los autores pudieron observar que, aunque la leptina plasmática fue mayor y el DNA del parénquima menor en las novillas con un alto plano de alimentación, esto no afectó a la proliferación de células epiteliales mamarias ni a la masa total del parénquima. Daniels *et al.*, (2009) en un estudio con los mismos planos de alimentación y el mismo procedimiento para la recogida de muestras, pero analizando muestras del tejido mamario mediante microscopía, pudieron comprobar que el plano de alimentación tenía un impacto mínimo sobre el desarrollo histológico del parénquima mamario siendo este más dependiente de la edad, con la que sí que se notaban claras diferencias.

Estos estudios demuestran que una ingesta de nutrientes elevada en esta fase no tiene un efecto relevante en la masa total del parénquima mamario ni en la proliferación de células epiteliales mamarias, por lo cual, un plano alto de alimentación realizado correctamente durante este periodo, con una relación proteína/energía adecuada, no perjudica la producción futura (Díaz *et al.*, 2001)

2.3 ALIMENTACIÓN POSTPUBERAL

Si las terneras han sido alimentadas con un plano de alimentación adecuado durante la etapa prepuberal podrán estar para recibir su primer servicio a partir de los 12 meses. Una vez que hayan quedado gestantes comenzará la siguiente fase de la alimentación de la ternera, la fase postpuberal. El objetivo de esta fase es que el animal continúe con un buen desarrollo y unos buenos niveles de crecimiento de forma que cuando llegue al parto tenga un 85% de su peso adulto.

Aunque este periodo de la alimentación de la ternera de reposición es teóricamente más sencillo, también será importante suministrar a las terneras un plano de alimentación adecuado a sus necesidades, ya que si llegan al parto con un porcentaje inferior al 85% de su peso adulto aumenta la posibilidad de que tengan partos distócicos. Si por el contrario la ternera está con exceso de condición corporal

puede presentar los mismos problemas metabólicos a los que se enfrentan las vacas con exceso de condición corporal durante el periparto.

3. OBJETIVOS

1. Analizar el impacto del cambio de lote de vacas lecheras sobre la producción, y el retorno económico de la implantación de un sistema de alimentación por grupos/lotes en vacas lecheras en función de sus DEL o su producción.
2. Analizar el retorno económico de la implantación de un sistema de crecimiento acelerado en las explotaciones lecheras.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS GRANJAS DE SIMULACIÓN

Para estimar la repercusión económica de distintas estrategias de alimentación se procedió a la creación de tres granjas que se usaron como modelo. Sus características fueron similares salvo en el potencial de producción. Este se estableció en 8000, 12000 y 16000 litros/lactancia. Respecto al resto de parámetros, se estableció inicialmente un precio de la leche de 310 €/Tn. Los parámetros de detección de celo y fertilidad para las vacas se establecieron en 50% y 35%, respectivamente, situando la tasa de preñez en 17,5%, mientras que el tiempo de secado se fijó en 60 días. En cuanto a las novillas, la detección de celo, al igual que en las vacas, se estableció en 50%, mientras que la fertilidad fue del 60%, resultando en una tasa de preñez del 35%. Esto, unido al tiempo de espera mínimo establecido para la primera IA de 400 días y 380kg de peso vivo, resultó en una edad media a la primera inseminación y al primer parto a los 15,1 y 25,4 meses, respectivamente. Estos índices reproductivos reflejan la media nacional en explotaciones lecheras.

En todas las simulaciones se introdujeron las enfermedades que se pueden ver en la Tabla 3 que representa un escenario normal en las condiciones de producción en España.

Tabla 3: Enfermedades introducidas en las simulaciones y su incidencia en vacas múltiparas, primíparas y en terneras.

Enfermedad	Incidencia anual en múltiparas (%)	Incidencia anual en primíparas (%)	Incidencia anual en terneras (%)
Mastitis	10	8	-
Mastitis postparto	25	20	-
Cojeras	20	10	-
Retención de placenta	8	4	-
Metritis	10	5	-
Cetosis	5	0,5	-
Hipocalcemia	3	0	-
Desplazamiento de abomaso	3	3	-
Diarreas neonatales	-	-	20
BVD endémico (terneras)	-	-	70
ERB (terneras)	-	-	40
ERB (vacas)	40	40	-

Se simuló para un escenario de 2 ordeños diarios y en el que existía estrés por calor durante los meses de julio y agosto. El resto de valores relevantes se utilizaron los valores medios que el programa de simulación utiliza por defecto.

Todas las simulaciones, de lotes en vacas lactantes y de crecimiento de terneras, se realizaron para cuatro años y con 50 repeticiones de modo que el coeficiente de variación para los resultados de simulación fuese inferior al 1%.

2. ESTRATEGIAS DE AGRUPACIÓN EN VACAS LACTANTES

2.1 FORMULACIÓN DE LAS RACIONES

Para cada una de las tres granjas de distinto potencial lechero se realizaron simulaciones con una dieta tipo con unos valores en exceso tanto para la energía como para la proteína que no limitasen la producción. De esta simulación se extrajeron los datos de cada vaca en un día fijo de forma que las vacas estuviesen en distintos momentos de su etapa productiva. De estos datos únicamente se utilizaron la producción y los días en leche de cada vaca para ese día concreto, ordenando entonces las vacas por días en leche y asignándole a cada uno su producción correspondiente. A continuación, se eliminaron de este listado las vacas secas, y se procedió a extraer las medias de producción. Para cada granja se calcularon tres medias de producción con el objetivo de, a partir de ellas, formular las distintas raciones (Tabla 4): a) Todas las vacas en lactación (lote único); b) las vacas con menos de 150 días en lactación como el lote de alta producción; y c) las vacas con más de 150 días en lactación como lote de baja producción. La división de las producciones para la formulación de las raciones alta y baja se situó en 150 DEL por ser este valor aproximadamente la mitad de la lactación teórica. Del mismo modo se ordenaron las vacas en función de sus producciones y se realizó una división en cada rebaño en la mediana de producción (producción donde se establece el límite para cambiar vacas de un lote a otro si se agrupan en función a ella), a partir de la cual se realizó la media de producción de las vacas que quedaron por encima y por debajo.

Tabla 4: Medias de producción del total de cada rebaño multiplicada por 1,2 y de cada uno de sus subgrupos multiplicada por 1,15. Subgrupos separados en >150 DEL y <150 DEL y por la mediana de producción de cada rebaño.

	8000	12000	16000
Media de producción	34.8	50.3	65.5
Media de producción <150 DEL	37.8	57.6	78.7
Media de producción >150 DEL	60.4	42.8	54
Mediana de producción	29.2	42	56
Media de producción de vacas por encima de la mediana	39.1	57.4	76.6
Media de producción de vacas por debajo de la mediana	27.7	38.6	47.26

Una vez realizada la media de producción de cada grupo se procedió a la formulación de sus respectivas raciones. Debido a la variabilidad intrínseca a la formación de lotes, la formulación de cada dieta se realizó siguiendo las recomendaciones en las que la media de producción de la fórmula es 1,2 x media del total para un único grupo y 1,15 x media para cada uno de los subgrupos (Hutjens, 1998). Para simplificar el proceso de formulación de las diferentes dietas, se utilizaron únicamente 5 ingredientes: heno de alfalfa y ensilado de maíz por un lado, como forrajes; y maíz grano, soja 47 y grasas hidrogenadas, como concentrados. Para la valoración nutricional de estos ingredientes, se utilizaron los valores de las tablas FEDNA (www.fundacionfedna.org) eligiendo un ensilado de maíz de un 30-35% de MS y un heno de alfalfa con un VRF (valor relativo del forraje) correspondiente a la categoría “primera”. Los precios iniciales se extrajeron de los publicados por la lonja del Ebro (<http://www.agroiberica.com/lonja.php/es/lonja-ebro-cereales-alfalfas/50>). Así pues, los ingredientes utilizados y las características nutritivas de cada uno de ellos fueron los que se pueden ver en la tabla 5.

Pese a que en el simulador sólo se pueden introducir el valor de energía y de PB (proteína bruta) de la dieta, la formulación de la dieta utilizó las restricciones y recomendaciones respecto al contenido de nutrientes, de tal manera que la ración propuesta fuese realista. Así pues, se formuló con un límite máximo de grasa del 5,5% y de almidón de un 27%, y un límite mínimo de FND del 28%.

Tabla 5: Composición química de los distintos ingredientes utilizados.

	Ensilaje de maíz	Heno de alfalfa	Maíz	Soja	Grasas hidrogenadas
Proteína bruta (%)	7.1	17.6	7.3	46.0	-
Energía Neta Mcal / kg MS	1.6	1.4	1.9	1.9	4.6
FND (%)	46.0	42.9	9.0	9.1	-
Almidón (%)	31.8	-	63.8	0.5	-
Grasa (%)	4.2	2.1	3.3	1.9	100.0
Precio (Euros/kg MS)	0.17	0.13	0.19	0.39	0.77

El día de lactación para el que se estableció que la vaca estuviese produciendo estas cantidades fue la mitad del periodo teórico en el que las vacas se alimentarían con cada ración. Así pues, el día de lactación para el que se formulo fue a los 150 DEL para las vacas representativas de las raciones homogéneas durante toda la lactación, mientras que para las vacas que a lo largo de la lactación tuvieron dos dietas estas fueron formuladas para unas vacas tipo en el día 75 DEL, 225 DEL para las raciones alta y baja, respectivamente.

Las raciones finales para cada granja se formularon mediante el programa de formulación Spartan Dairy Ration (<http://spartandairy.msu.edu/>) basado en las recomendaciones del NRC (2001) para cubrir las necesidades de una vaca tipo produciendo los litros de leche establecidos para cada lote y para cada nivel de producción, y se presentan en la Tabla 4. El porcentaje de inclusión que cada ingrediente representa en las distintas raciones y el valor nutricional resultante se puede ver en la Tabla 6.

2.2 SIMULACIONES DE CAMBIO DE LOTE EN FUNCIÓN DE DIAS EN LECHE O PRODUCCIÓN

Una vez formuladas las raciones se procedió a establecer los criterios para los que se realizaron las distintas simulaciones. En primer lugar, se realizaron las simulaciones para las dietas homogéneas durante toda la lactación para los tres niveles de producción. Las rentabilidades obtenidas por vaca y año fueron las que se

utilizaron como base para comparar el beneficio o perjuicio de hacer lotes de alimentación en cada caso. Posteriormente, se procedió a realizar simulaciones para averiguar cuál sería el momento ideal para cambiar a las vacas del grupo de ración “alta” al grupo de ración “baja”. Para ello se realizaron simulaciones variando en primer lugar únicamente el día de cambio de ración y lote que vario desde los 100 DEL hasta los 225 DEL simulando cada 25 días. En segundo lugar se realizaron simulaciones utilizando como criterio de cambio el descenso de producción por debajo de la mediana de producción de la granja.

El primer efecto del cambio de lote que se valoró fue un descenso en la producción. La magnitud de este efecto se realizó en base a las pérdidas observadas en la bibliografía que fueron:

- Sin pérdida en la producción en el mejor de los casos.
- Una pérdida del 5% de producción durante 5 días después del cambio.
- Una pérdida del 5% de producción durante 100 días después del cambio. Esta pérdida se aplicó como representación del descenso observado en la producción total de la lactación en el estudio de Clark *et al.*, (1980) a partir del cual se estimó que la pérdida era similar a un 5% durante 100 días.

Esta serie de simulaciones se realizó para el nivel de producción de 12000 litros/305 días

Posteriormente se simuló la pérdida más aceptada actualmente para los niveles de producción de 8000 y 16000 litros/305 día para ver el efecto del potencial productivo.

Acabadas las simulaciones para ver las repercusiones de distintas magnitudes de caída de producción debido al cambio de lote, se procedió a analizar la rentabilidad de las diferentes estrategias de realizar lotes de alimentación en función de la variación del precio de la leche y/o de la ración. Para ello se realizaron las simulaciones sobre la granja base de 12000 litros de potencial añadiendo cada vez una de las siguientes modificaciones:

- Precio del litro de leche +40 €/Tn (350 €/Tn)
- Precio del litro de leche -40 €/Tn (270 €/Tn).
- Precio de cada ración aumentado un 10%.
- Precio de cada ración disminuido un 10%.

Tabla 6: Porcentaje de inclusión de cada ingrediente y composición química de las dietas única (U), alta trasladando vacas por DEL (A-1), alta trasladando vacas por producción (A-2), baja trasladando vacas por DEL (B-1), y baja trasladando vacas por producción (B-2) para los distintos potenciales de producción simulados (8000, 12000, y 16000)

	12000-U (50,3 l)	12000-A-1 (57,6 l)	12000-A-2 (57,4)	12000-B-1 (42,8 l)	12000-B2 38,6 l)	16000-U (65,5 l)	16000-A-1 (78,7 l)	16000-A-2 (76,6 l)	16000-B-1 (54 l)	16000-B-2 (47,3 l)	8000-U (34,8 l)	8000-A-1 (37,8 l)	8000-A-2 (39,1 l)	8000-B-1 (30,4 l)	8000-B-2 (27,7)
Ingredientes															
Silo de maíz	47,7	44,0	43,7	62,5	62,8	44,2	43,2	43,1	43,5	43,9	65,3	50,4	50,1	66,7	70,2
Heno de alfalfa	8,3	9,0	9,0	14,1	14,2	8,6	9,4	9,4	9,1	9,2	11,5	8,4	8,5	11,7	12,3
Soja 46	25,0	29,0	27,5	22,2	20,7	28,7	33,2	30,7	26,7	24,6	20,0	23,3	22,3	19,0	17,5
Maíz en grano	17,9	15,5	17,5	1,2	2,42	15,9	11,6	14,3	18,3	19,8	3,3	16,8	17	2,7	0
Grasas hidrogenadas	1,0	2,5	2,4	0	0	2,4	2,5	2,5	2,4	2,4	0	1,6	1,2	0	0
Análisis químico															
Energía Neta (Mcal/Kg MS)	1,70	1,45	1,75	1,60	1,60	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,60	1,70	1,70	1,60	1,58
Proteína Bruta (%)	17,70	19,20	18,60	17,10	16,60	19,00	20,80	19,90	17,10	17,50	16,00	16,90	16,60	15,70	15,10
FND (%)	29,00	28,00	28,00	37,00	37,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	37,00	30,00	30,00	37,00	39,00
Almidón (%)	26,70	24,00	25,10	20,70	10,80	24,40	21,00	23,00	25,60	26,70	23,00	27,00	27,00	20,70	22,00
Grasa (%)	4,20	5,50	5,50	3,40	3,40	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	3,40	4,40	4,50	3,40	3,50
Precio €/Tn	230	247	243	213	209	246	255	250	242	237	209	227	225	207	203

Una vez se obtuvieron los resultados con el efecto de la producción se procedió a incluir el segundo efecto estudiado: la reproducción. En el caso de que este efecto fuese real, tal y como defienden algunos autores, se plantearon dos estrategias a seguir:

- En primer lugar, cambiar de grupo únicamente los animales que ya estuviesen gestantes de forma que sus días abiertos no se pudiesen incrementar.
- En segundo lugar, asumir la pérdida en fertilidad como consecuencia del cambio de lote. Como se ha visto al cambiar a las vacas de grupo, bien por descenso de fertilidad o por no expresarse de igual manera los celos, los días abiertos aumentan en 10. Para simular un descenso de la fertilidad y detecciones de celo que suponga este efecto se realizaron una serie de simulaciones para ver que descensos resultaban en un incremento de 10 días resultando en un 10% de pérdida de fertilidad y un 10% de descenso de detección de celo, ambos efectos durante 30 días.

2.3 SIMULACIONES DE AGRUPACIÓN POR NÚMERO DE PARTO

Para conocer la repercusión económica de mantener a las vacas primíparas separadas de las múltiparas, se procedió a simular un incremento en la producción de las vacas primíparas. La magnitud de este incremento se realizó en función a los datos máximos y mínimos observados en la revisión bibliográfica:

- Aumento de un 4% de la producción de las vacas primíparas.
- Aumento de un 6% de la producción de las vacas primíparas.
- Aumento de un 8% de la producción de las vacas primíparas.
- Aumento de un 10% de la producción de las vacas primíparas.

Para introducir este incremento en la producción se programó un algoritmo que permitía el incremento de la producción citado anteriormente sólo a las vacas primíparas y durante la primera lactación.

3. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO DE LA RECRÍA

3.1 FORMULACIÓN DE LAS RACIONES

Para definir los resultados técnicos y económicos del crecimiento normal y acelerado de la reposición, se utilizaron las ecuaciones de predicción de crecimiento y las necesidades de energía y proteína propuestas por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (www.fundaciónfedna.org) para cada etapa del desarrollo de las terneras, que están basadas en las propuestas del NRC (2001).

Debido a la poca viabilidad de establecer un número excesivo de lotes de crecimiento, se simplificaron en 5 lotes de recría:

1. Etapa de lactancia: del nacimiento a los 60 días de vida.
2. Etapa de transición: de los 60 a los 120 días de vida.
3. Etapa de crecimiento prepuberal temprano: de los 120 a los 240 días de vida.
4. Etapa de crecimiento prepuberal tardío: de los 240 a los 420 días de vida.
5. Etapa de crecimiento postpuberal: de los 420 a los 750 días de vida.

En la etapa de se comparó un sistema de lactancia convencional frente a un sistema de lactancia acelerada. Para que el lactoreemplazante coincidiera con las necesidades del manual FEDNA, se seleccionó un lactoreemplazante comercial del 25% en proteína y 19,5% de grasa valorado en 2,33 €/kg, mientras que se utilizó un concentrado de 72,7% maíz y 27,3% soja que resultó en un precio de 245 €/Tn. Con estas consideraciones, las ganancias medias esperadas en cada tipo de lactancia se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7: Ganancia media diaria y consumos para lactancia tradicional o acelerada.

Tipo de lactancia	GMD	Ingestión MS lactoreemplazante/kg	Ingestión MS pienso starter/kg	Precio de la ración €/kg MS
Lactancia tradicional	0,6	0,5	0,5	1,29
Lactancia acelerada	0,9	0,7	0,5	1,46

Para la formulación de las distintas raciones se utilizaron los mismos ingredientes mencionados en la Tabla 5 utilizando el programa de formulación a mínimo coste Winfeed.

En la etapa de transición (60-120 días) se calcularon las raciones por separado cada 20 días debido a que las diferencias entre las distintas necesidades eran muy grandes en un periodo de tiempo demasiado corto. Sin embargo, se simuló sin hacer combinaciones intermedias utilizando únicamente el ritmo de crecimiento alto o bajo, hallando posteriormente el precio medio de la ración para cada ritmo de crecimiento. Hay que destacar que para cubrir las necesidades del segundo ritmo de crecimiento se siguió administrando lactoreemplazante en una cantidad de 350g MS/día hasta los 80 días de vida por lo que se cumplieron los requisitos de FND que fueron de un 8%. Tampoco de los 80 a los 100 días se cumplió el aporte mínimo de FND, que sólo alcanzó un 10% llegando al 30% únicamente de los 100 días en adelante. El precio de las raciones para los ritmos de crecimiento de 800 y 1000 g/día fue de 190 y 303 €/Tn, respectivamente. Esta gran diferencia entre ambos precios se debe a la inclusión del lactoreemplazante que aunque sólo representase un 11% de la MS total, hizo aumentar el valor de la ración considerablemente.

Los ritmos de ganancia y las necesidades a cubrir de los 60 a 750 días de vida se pueden ver en la Tabla 8 y la composición de las distintas raciones para cada GMD entre los 60 y 120 días de vida en la Tabla 8.

Tabla 8: Composición de las raciones de entre 60 y 120 días de edad.

Edad	GMD	Paja cereal/%	Heno de alfalfa / %	Silo de maíz / %	Maíz grano / %	Soja / %	Grasas / %
60	800	0	63,2	0	9,7	22	5,05
80		0	63,25	0	19,5	12,2	5
100		6,75	80	0	13,25	0	0
60	1000	0	1,85	0	36,01	43,5	7,6
80		0		5,3	39	43	11,9
100		0	5,59	52,1	9,8	28	3,85

Las ganancias y necesidades en las distintas etapas entre los 120 y 750 días de vida se realizaron para el promedio de sus respectivas necesidades y ganancias según las tablas FEDNA, y se presentan en la Tabla 9. El porcentaje de inclusión para cada ingrediente se puede ver en la Tabla 10.

Tabla 9: GMD esperadas y necesidades para las distintas etapas situadas entre los 120 y 750 días de vida.

Edad	GMD	EM	PB
120-240	750	2,09	16,0
	1000	2,31	20,7
240-420	750	2,07	14,7
	900	2,19	17,2
420-750	750	2,33	13,8
	750	2,33	13,8

Tabla 10: Porcentaje de inclusión de cada ingrediente para las distintas raciones entre los 120 y 750 días de edad.

Edad	GMD	Paja cereal /%	Heno de alfalfa / %	Silo de maíz / %	Maíz grano / %	Soja / %	Grasas / %	Precio €/Tn
120-240	750	11.5	88,5	0	0	5,3	0	122
	1000	0	89,0	0	0	11,0	0	160
240-420	750	17.9	82,1	0	0	0	0	117
	900	3,0	97,0	0	0	0	0	130
420-750	750	0	64,8	35,2	0	0	0	145
	750	0	64,8	35,2	0	0	0	145

3.2 SIMULACIONES DE LA RECRÍA

Los parámetros fijos que se pusieron en común para todas las simulaciones fueron el peso mínimo a la inseminación que se estableció en 380kg, los días mínimos para la inseminación que se establecieron en 330 días para que las terneras con crecimientos más rápidos tuviesen una inseminación temprana, y un límite de 650 días tras el cual las novillas que no estuviesen gestantes se eliminarían para que de este modo no fuese posible su sobrecondicionamiento. Las tablas FEDNA y el NRC (2001) expresan las necesidades únicamente en ganancia de peso, por lo que el crecimiento en altura no se consideró en las simulaciones.

Una vez establecidos estos parámetros se procedió a realizar las simulaciones con las distintas dietas. En un inicio se planteó realizar todas las combinaciones posibles alternando crecimiento acelerado o tradicional, sin embargo debido a la gran cantidad de datos sin un orden demasiado claro y la evidencia de que en la práctica se hace crecimiento acelerado o crecimiento tradicional al completo, se procedió a realizar las simulaciones de una forma única para cada tipo de crecimiento. Los valores introducidos en el simulador se pueden ver en la Tabla 11.

Tabla 11: Precio y ganancias de cada ración en los distintos planos de alimentación de cada etapa.

Plano de alimentación	Lactancia		Transición		Crecimiento Prepuberal temprano		Crecimiento Prepuberal tardío		Crecimiento Postpuberal	
	GMD/g	€/Tn	GMD/g	€/Tn	GMD/g	€/Tn	GMD/g	€/Tn	GMD/g	€/Tn
Tradicional	600	1290	800	190	750	122	750	117	750	145
Acelerado	900	1460	1000	303	1000	160	900	130	750	145

Para cada una de estas simulaciones, se utilizó como criterio de valoración la rentabilidad (€/ vaca y año), la edad media a la primera inseminación, y la edad media al primer parto.

Una vez realizadas las primeras simulaciones se procedió a incorporar el aumento de producción que se ha observado como consecuencia de una lactación a un plano de alimentación mayor, debido al llamado efecto “*imprinting*”. La magnitud de este incremento se hizo en base al metaanálisis realizado por Gelsinger *et al.* (2016) anteriormente mencionado en la revisión bibliográfica en el que atribuyó un incremento en la producción de la primera lactación de las terneras de 138 kg por cada 100g de aumento de la GMD. Para crear este efecto se añadió a todas las vacas un efecto positivo adquirido entre los 0 y 5 DEL con una duración de 500 días y un segundo efecto adquirido durante los mismos días y de la misma duración pero con el valor de cambio negativo y afectando solo a las vacas multíparas de modo que estas quedasen en su posición inicial. Aunque existen estudios que atribuyen al efecto “*imprinting*” un incremento de la producción también durante la 2ª lactación, solo se valoró el incremento en la primera lactación debido a los pocos estudios que existen estudiando esta prolongación del “*imprinting*” más allá de la primera lactación.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. AGRUPACIÓN DE VACAS DURANTE LA LACTACIÓN

1.1 SEPARACIÓN DE VACAS EN LOTES POR DEL O PRODUCCIÓN

Mediante el uso del simulador variando los diferentes criterios y la magnitud de pérdida por cambio de lote se puede observar el beneficio o perjuicio sobre la rentabilidad de seguir una estrategia de alimentación en lotes (Tabla 12).

Tabla 12: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año al realizar lotes de alimentación siguiendo diferentes criterios a la hora de cambiar a las vacas de lote y modificando la magnitud del descenso de producción (granja de 12000 litros de potencial lechero por lactación).

Criterio de cambio de lote.	Incremento de la rentabilidad respecto a lote único		
	Sin descenso	5% de pérdida durante 5 días	5% de pérdida durante 100 días
Lote único	0		
100 DEL	66	37	-71
125DEL	50	42	-86
150 DEL	45	20	-96
175 DEL	26	21	-100
200 DEL	-8	-36	-121
225 DEL	-12	-19	-119
42 litros/día	1	12	-119

La rentabilidad de llevar a cabo una estrategia de alimentación en lotes varia notablemente en función del descenso de producción. Como consecuencia de estos distintos descensos en la rentabilidad obtenida, se puede ver que:

1. Sin pérdida de producción el mayor beneficio de una estrategia de lotes se obtuvo realizando el cambio de lote a los 100 DEL y se fue reduciendo según fueron aumentando los días en leche dejando de ser rentable a los 200 DEL.
2. Cuando el descenso en la producción fue intermedio, del 5% durante 5 días (media de la mayoría de los estudios y el más aceptado en la actualidad), la máxima rentabilidad se produjo a los 125 DEL tiempo a partir del cual la

rentabilidad desciende hasta que a los 200 DEL, dejó de ser rentable la formación de grupos de alimentación.

3. En el caso de la pérdida más extrema, 5% durante 100 días, la realización de lotes de alimentación no fue rentable y las pérdidas aumentaron conforme aumentaron los DEL al cambio.

Al realizar el cambio de lote en función de la producción se pudo observar que cuando las pérdidas eran nulas o moderadas su rentabilidad siempre fue inferior a la obtenida moviendo a los animales a sus DEL óptimos pero superior a si se realizaba el cambio muy avanzada la lactación. Cuando la pérdida fue más prolongada se pudo observar que el cambio de lote por producción siempre era el menos interesante ya que ocasionaba muchas pérdidas.

La Figura 3 muestra el beneficio de realizar un cambio de lote a diferentes DEL o por producción frente a seguir una estrategia de dieta única. Este cambio en la rentabilidad se debió a la variación de los ingresos por venta de leche frente al gasto en alimento siendo más rentable cuando la diferencia entre ingresos por venta de leche y gastos en alimento aumente y menos rentable cuando disminuya. A modo de ejemplo podemos ver como en la dieta única los ingresos por venta de leche supusieron 3967 € mientras que los gastos en alimentación supusieron 2284 € por vaca y año. Al aplicar una estrategia de alimentación en lotes a los 125 DEL si la penalización en la producción por el cambio de lote es del 5% durante 5 días los ingresos por venta de leche se incrementaron de 3967 a 3976 € por vaca y año mientras que los gastos en alimentación descendieron de 2284 a 2258 € por vaca y año. Cuando el perjuicio por el cambio de lote se prolongó durante 100 días los ingresos por venta de leche descendieron de 3967 a 3854 € por vaca y año y el gasto en alimentación de vacas fue de 2258 € por vaca y año. Estos datos muestran que cuando el descenso de la producción no se prolongó demasiado tiempo, la producción de leche se incrementó debido a una ración de mayor calidad en las vacas de inicio de lactación mientras que cuando el descenso fue más prolongado en el tiempo la producción de leche se vio perjudicada debido a las grandes pérdidas como consecuencia del cambio de lote, resultando menos rentable pese a la mayor producción de las vacas en el inicio de lactación. El beneficio también se debió a un descenso del coste de alimentación para ambas magnitudes de descenso de producción. Sin embargo, en el caso en el que la pérdida se prolongó hasta los 100 días este abaratamiento no fue suficiente para cubrir la pérdida en producción.

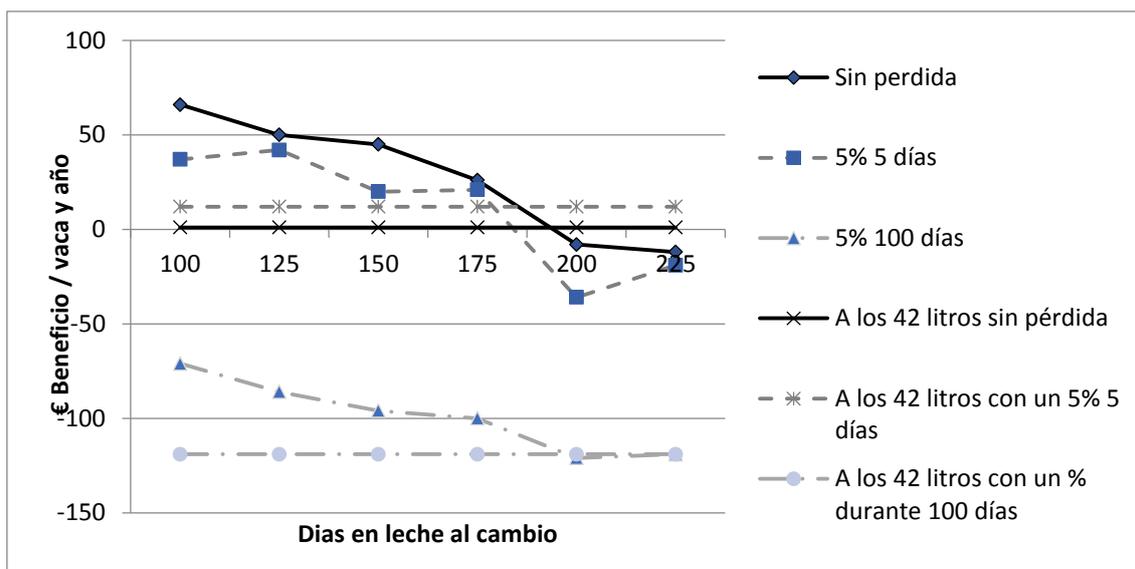


Figura 3: Beneficio en €/vaca y año al aplicar una estrategia de lotes de alimentación respecto a una dieta única. Aparece enfrentado el beneficio al realizar el cambio de lote a diferentes DEL frente a realizar el cambio al descender de 42 litros para cada magnitud de descenso de la producción.

1.1.1 VARIACIÓN EN EL POTENCIAL PRODUCTIVO

Una vez estudiadas las distintas magnitudes de descenso de la producción se utilizó la más aceptada en la actualidad de un 5% durante 5 días para ver si el potencial de producción de la granja afecta a la rentabilidad de llevar a cabo una estrategia de lotes de alimentación.

En la Tabla 13 se muestran las diferentes rentabilidades en función del potencial de producción. En el potencial de producción intermedio (12000 litros/lactación 305 días) la implantación de un sistema de lotes, en función de los días en leche, fue más rentable mientras que en los potenciales de producción más extremos (8000 y 16000 litros/lactación 305 días) la implantación de un sistema de alimentación en lotes basado en los días en leche no fue rentable. Esto se atribuyó a la diferencia entre los precios de las raciones para cada lote de alimentación. La diferencia en los precios de las dietas de alta y baja producción fue de 20, 34 y 13 €/Tn para los potenciales productivos de 8000, 12000 y 16000 litros/ lactación respectivamente. Esta menor diferencia en el precio de las dietas extremas se debió a diferentes causas. En el nivel de producción de 16000 litros tanto la dieta alta como la baja eran muy próximas entre sí. Esto se debe a que, respetando las cantidades

mínimas de fibra y máximas de grasa y almidón, ambas dietas resultaron en la misma energía teniendo como única variante la cantidad de proteína. Por otro lado, en el nivel de producción de 8000 litros el precio de ambas dietas fue más próximo por dos razones: la menor diferencia en los litros para los que fue formulada, ya que al ser la producción inferior la distancia entre calidad nutritiva de la dieta también es inferior; y la utilización de los mismos ingredientes para la formulación de las dietas que se mantuvo fijo en vez de recurrir a unos ingredientes más baratos y de menor calidad. Estos resultados no coinciden con los del estudio de Williams y Oltenacu, (1992) donde observaron que a mayor nivel de producción más rentable resultaba la formación de lotes de alimentación. Estas diferencias pueden ser debidas a que la comparación en el estudio fue de dos grupos de alimentación frente a tres grupos de alimentación mientras que nosotros estudiamos la diferencia entre un lote único o dos. También la diferencia entre los niveles de producción (8000, 9000 y 10000) no es tan extrema en el estudio de Williams y Oltenacu (1992) como los estudiados en nuestro experimento.

Debido a que para los potenciales de producción de 8000 y 16000 litros por lactación se observó que por las diferentes razones mencionadas anteriormente no era rentable realizar lotes de alimentación, se suprimieron estos potenciales de producción de las siguientes simulaciones.

1.1.2 VARIACIÓN EN EL PRECIO DE LA LECHE

En la Tabla 14 se puede ver cómo influye el precio de la leche a la hora de establecer lotes de producción y como según este precio es conveniente utilizar uno u otro criterio para realizar el cambio de lote.

Los resultados de las simulaciones variando el precio de la leche revelan que:

1. Cuando el precio de la leche disminuyó la rentabilidad de realizar grupos de alimentación también lo hizo siendo recomendable el cambio a la dieta menos nutritiva lo más pronto posible. Esto es debido a que el precio de la leche reducido hace más rentable que existan vacas subalimentadas con la pérdida de producción que la subalimentación representa ya que, aunque el descenso de leche sea el mismo, la pérdida económica que representa este descenso es mucho inferior.

Tabla 13: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año para distintos potenciales de producción de las granjas al realizar lotes de alimentación con un descenso de un 5% de la producción durante 5 días.

Criterio de cambio de lote.	POTENCIAL DE PRODUCCION		
	8000	12000	16000
100 DEL	-36	37	-129
125DEL	-44	42	-108
150 DEL	-35	20	-63
175 DEL	-53	21	-87
200 DEL	-80	-36	-52
225 DEL	-69	-19	-67
Al descender de 42 litros/día	2	12	-46

Tabla 14: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año para distintos precios de la leche al realizar lotes de alimentación con un descenso de un 5% de la producción durante 5 días producción (granja de 12000 litros de potencial lechero por lactación).

Criterio de cambio de lote.	Gasto en alimentación *1000 €	Leche producida Litros*1000/año	Precio de la leche		
			270	310	350
100 DEL	671.1	3751	21	37	18
125DEL	677.4	3752	-7	42	3
150 DEL	684.3	3760	-19	20	22
175 DEL	691.8	3771	-40	21	5
200 DEL	697.8	3774	-43	-36	-15
225 DEL	705.3	3783	-85	-19	-38
Al descender de 42 l/día	687.3	3749	-4	12	66

2. Cuando el precio de la leche aumentó fue más rentable que las vacas estuviesen sobrealimentadas ya que el extra de leche que produjeron las vacas más productivas compensó el gasto en sobrealimentación de las vacas menos productivas. De esta forma, cuanto más subió el precio de la leche más

tarde fue el momento de cambio de lote para obtener mayor rentabilidad. En esta serie de simulaciones se observó un dato anómalo entre los 100 y 125 DEL que posiblemente se deba a un error de simulación que puede generar el programa utilizado.

La Figura 4 muestra como el momento de máxima rentabilidad de la formación de lotes se desplazó hacia izquierda (menos DEL) cuando el precio de la leche fue más bajo, donde para el menor precio de la leche fue antes de los 100 DEL, y se desplazó hacia la derecha (más DEL) cuando el precio de la leche aumentó.

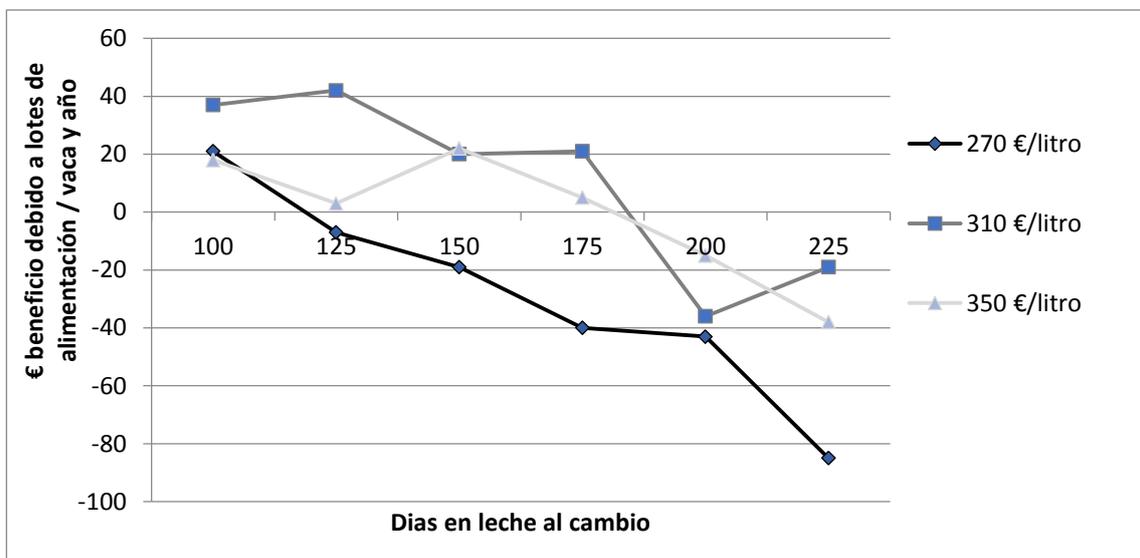


Figura 4: Beneficio de realizar lotes de alimentación con cambio de lote a distinto DEL para distintos precios de la leche.

Al comparar el cambio de grupo a un día en lactación fijo frente a una producción fija cuando el precio de la leche está aumentado vemos que el cambio de lote por producción es más recomendable frente a cualquiera de las otras estrategias estudiadas. Por el contrario, si el precio de la leche disminuye, el cambio de lote para una producción fija dejó de tener sentido ya que su rentabilidad descendió por debajo de la rentabilidad proporcionada por la estrategia de alimentación mediante un grupo único. Estos resultados concuerdan con Kalantari et al. (2016) que observaron que cuando el precio de la leche subió el beneficio de realizar lotes de alimentación aumentó, mientras que cuando bajó se redujo el beneficio de realizar lotes de alimentación. Aunque el valor de incremento o descenso de los precios fue diferente, puede atribuirse a los distintos ingredientes con los que se formularon las raciones ya

que los precios de las materias primas para alimentación animal tienen una diferencia considerable entre distintos países y distintos años.

La Figura 5 muestra el porcentaje de los ingresos por leche que se destinaron a la alimentación de las vacas para diferentes precios de la leche y criterios de cambio. Observando la fórmula representativa de la línea de tendencia para cada precio se puede observar como la pendiente de la recta es ligeramente superior cuando el precio de la leche es menor. Esto explica que cuando el precio de la leche descendió, el momento óptimo para cambiar las vacas al lote con una dieta de menor calidad se adelantó, mientras que cuando el precio de la leche aumentó el momento óptimo para cambiar de lote a las vacas se retrasó.

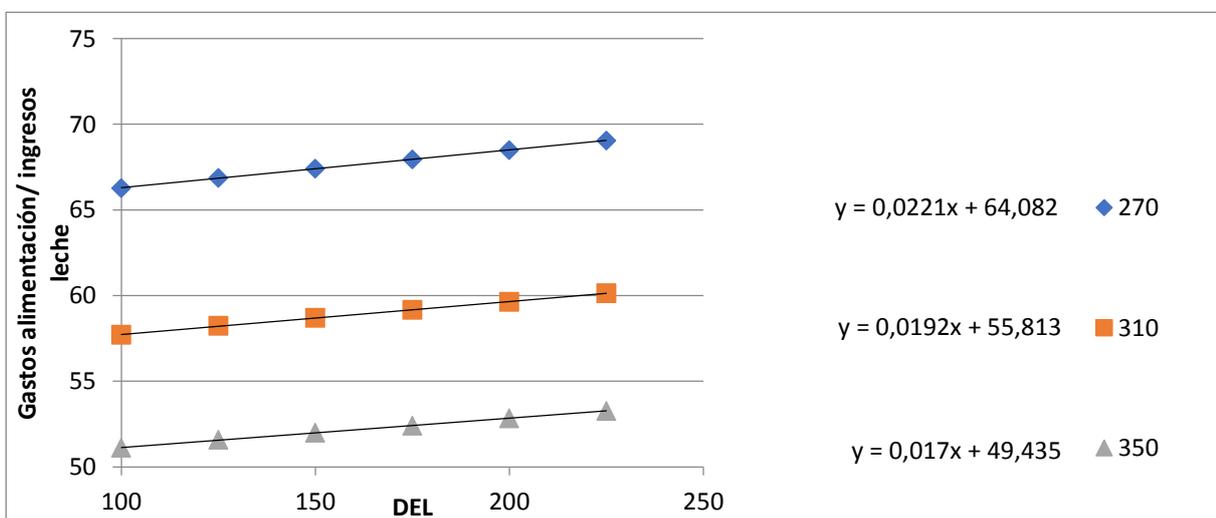


Figura 5: Porcentaje de gastos en alimentación de vacas respecto a los ingresos totales por venta de leche y evolución al realizar el cambio a distintos DEL.

1.1.3 VARIACIÓN EN EL PRECIO DE LA RACIÓN

En la Tabla 15 se observó la variación en las rentabilidades al modificar el precio de las distintas raciones. Las mayores rentabilidades a la hora de realizar lotes de alimentación se obtuvieron cuando el precio de la ración fue más bajo, mientras que las menores rentabilidades se obtuvieron cuando el precio de la ración fue más alto. El mayor beneficio con aumento y disminución del precio se encontró cuando el cambio de lote se produjo lo antes posible, y este beneficio se fue reduciendo según iban pasando los días en leche que llevaban las vacas. La rentabilidad se volvió

negativa más tarde para el precio de la ración reducido en un 10%, dejando de ser beneficiosa la estrategia de cambio de lote cuando el cambio se realizó a los 225 DEL. La fecha límite de cambio de lote para que fuese rentable se fue reduciendo conforme aumentaba el precio de la ración de manera que cuando el precio de la ración no se modificó dejó de ser rentable a los 200 DEL y cuando se incrementó en un 10% a los 175 DEL.

Respecto al cambio de grupo a un nivel fijo de producción, cuando el precio de la ración disminuyó la agrupación por producción fue más rentable, mientras que cuando el precio de la ración aumentó realizar lotes de alimentación siguiendo este criterio proporcionó pérdidas respecto a realizar la alimentación mediante una única ración.

Tabla 15: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año para distintos precios de la ración al realizar lotes de alimentación con un descenso de un 5% de la producción durante 5 días (granja de 12000 litros de potencial lechero por lactación).

Criterio de cambio de lote.	Ingresos por venta de leche €/año	Gasto en alimentación *1000€ con precio de ración *0.9	Gasto en alimentación *1000€ con precio de ración *1.1	PRECIO DE LA RACIÓN		
				0,9	1	1,1
100 DEL	1162810	604.0	738.2	67	37	41
125DEL	1163120	609.7	745.1	43	42	34
150 DEL	1165600	615.9	752.7	30	20	4
175 DEL	1169010	622.6	761.0	44	21	-1
200 DEL	1169940	628.0	767.6	34	-36	-40
225 DEL	1172730	634.8	775.8	-17	-19	-24
Al descender de 42 litros/día	1162190	618.57	756.0	31	12	-21

Los datos de las Tablas 14 y 15, muestran como los resultados fueron paralelos de forma que la variación del precio de la leche o del precio de la ración por separado tienen influencia en la rentabilidad de una u otra estrategia de alimentación cuando el otro permanece constante. Sin embargo, ambos precios se deben valorar conjuntamente hablando así de la ratio Precio ración / Precio leche a la hora de realizar una u otra estrategia, y en caso de que se opte por cambiar de lote a las vacas en función de sus DEL decidir qué fecha es la mejor para realizar el cambio.

Realizando esta ratio Precio ración / Precio leche para las dietas cuyo precio ha sido modificado, e incorporándole la ratio resultante en el apartado anterior de la modificación del precio de la leche podemos observar en la ecuaciones de las rectas representadas en la Figura 6 como al aumentar la ratio aumentará la pendiente de la recta. Este incremento en la pendiente quiere decir que al posponer el cambio a la ración de baja producción se incrementará el porcentaje de ingresos que deberá ser destinado a la alimentación de las vacas de forma que será más rentable cambiar a las vacas a la ración de baja producción antes.

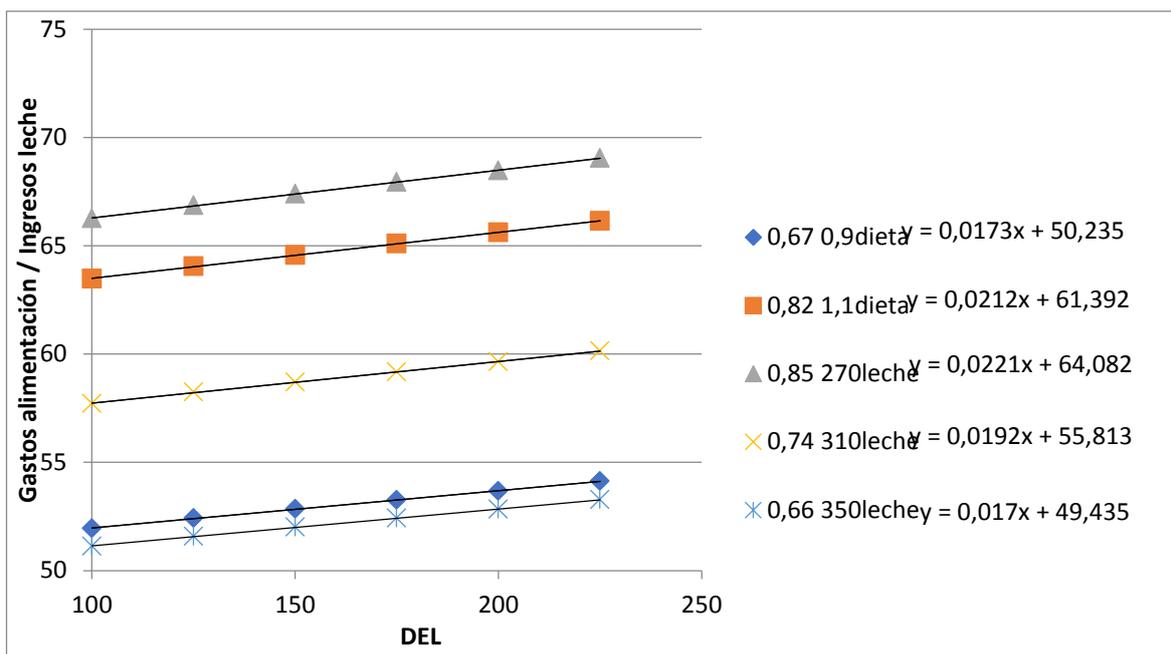


Figura 6: Representación gráfica de las líneas de tendencia para movimiento de lote de animales a distintos DEL y para distintas variaciones en los precios de sus raciones y de la leche. Se incluye la ratio Precio ración / Precio leche para cada modificación en los precios y la fórmula de la línea de tendencia de sus datos

1.1.4 INCLUYENDO PERDIDAS A NIVEL REPRODUCTIVO

A la hora de incorporar el perjuicio en la reproducción al visto anteriormente en la producción, se plantearon dos estrategias a seguir. En primer lugar, aceptar la pérdida reproductiva consecuente del cambio de lote la cual se estableció en 10 días abiertos. En segundo lugar, se planteó si resultaría más rentable cambiar únicamente a las vacas gestantes dejando a las vacías sin cambiar de lote.

En la Tabla 16 se puede observar que un descenso de 10 días abiertos tuvo un efecto económico mayor el descenso en la producción. También se puede observar que el mayor descenso de la rentabilidad se produjo cuando el cambio se hace por encima de los días abiertos medios de la explotación con unas pérdidas de hasta 133 €/vaca y año cuando el cambio de lote se realizó a los 175 DEL. Este mayor descenso de la rentabilidad al realizar el cambio de lote después de los días abiertos medios de la explotación respecto a hacerlo antes se debe principalmente a la estrategia de *culling* designada, de forma que cuando las vacas aumentan sus días abiertos es más fácil que acaben siendo descartadas teniendo que comprar más novillas preparto.

Debido a este gran descenso en la rentabilidad existe la alternativa de cambiar de lote únicamente a los animales una vez que hayan quedado gestantes. De esta forma, al estar gestantes sus días abiertos no se incrementan y no puede haber ningún tipo de repercusión en la reproducción. Sin embargo, esta estrategia tiene el inconveniente de que los animales que no queden gestantes permanecerán en la dieta de alta calidad nutritiva con un mayor gasto en alimentación. Aunque no se ha simulado, si las vacas no quedasen gestantes y permaneciesen mucho tiempo con la ración más nutritiva, podrían sobrecondicionarse de manera que si finalmente quedasen gestantes podrían llegar al parto con demasiada condición corporal y presentar un parto distócico.

Tabla 16: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año para distintos efectos en la reproducción al realizar lotes de alimentación con un descenso de un 5% de la producción durante 5 días (granja de 12000 litros de potencial lechero por lactación).

Criterio de cambio de lote.	Rentabilidad según estrategia de movimiento o descenso de los parámetros de fertilidad		
	5% de pérdida de producción durante 5 días		
	Sin perjuicio en la reproducción	Fertilidad: -10% Detección de celo: -10% 30 días después del cambio	Cambiando de grupo solo vacas gestantes
100 DEL	37	-27	-8
125DEL	42	-44	-8
150 DEL	20	-44	-17
175 DEL	21	-112	-9
200 DEL	-36	-100	-8
225 DEL	-19	-108	-25
42 litros/día	12	-64	-31

La mayor parte de la variación en las rentabilidades si se asume la pérdida de producción o se mueven únicamente las vacas gestantes es debida a la diferencia entre beneficios por venta de leche y gastos en alimentación. Sin embargo, en esta situación, las rentabilidades sufrieron variaciones ya que en el caso en el que se asumió un descenso de la fertilidad aumentaron las vacas eliminadas por “*culling*” mientras que en el caso en el que se movió sólo las vacas gestantes se produjo un desequilibrio en el número de vacas que se encontraban en cada lote, incrementándose las vacas sobrealimentadas.

En la Tabla 17 se puede observar que cuando se redujo la fertilidad el número de vacas eliminadas por “*culling*” se incrementó en más del doble respecto a cuándo se trasladaron únicamente las vacas que ya habían quedado gestantes, lo que supuso un gasto adicional al seguir la estrategia de cambiar las vacas asumiendo la pérdida de fertilidad. Observando el porcentaje de vacas en el grupo alto se puede observar que este siempre fue mucho mayor cuando se siguió la estrategia de trasladar únicamente las gestantes lo que supuso un grave costo de sobrealimentación que afectó más negativamente cuando el cambio de las vacas gestantes se realizó antes, y se fue diluyendo cuando el cambio de las vacas gestantes se realizó más tarde. Debido a que al aumentar los días en leche al cambio la sobrealimentación por cambiar de lote solo vacas gestantes respecto a cambiarlas todas no se incrementó tanto, se puede observar que las rentabilidades de cambiar de lote solo a las vacas gestantes o a todas cuando no hubo perjuicio reproductivo se aproximan al aumentar los DEL al cambio. Aunque el aumento de vacas en la dieta de alta calidad se vio reflejado también en un aumento en la producción de leche, este aumento no fue suficientemente grande para cubrir los costes de sobrealimentación resultando en pérdidas respecto a alimentar en un único lote.

Respecto al cambio de lote de alimentación en función de su producción, se puede observar que con este criterio siguió siendo menos rentable asumir el descenso en la fertilidad respecto a realizar el cambio solo en vacas gestantes, ya que las pérdidas fueron de 64 y de 31 €/vaca y año respectivamente.

Se puede concluir que cuando se acepta el descenso en la reproducción como real la realización de lotes de alimentación nunca es rentable, sin embargo, si se realizan lotes por otros motivos lo más recomendable es cambiar de lote únicamente los animales que ya están gestantes, ya que esta estrategia afecta menos a la rentabilidad.

Tabla 17: Número de vacas eliminadas por “culling”, porcentaje de vacas que se encuentran en la dieta de alta calidad, ingresos anuales por venta de leche y gastos anuales de alimentación de vacas según la estrategia a seguir respecto a la reproducción (granja de 12000 litros de potencial lechero por lactación).

Días en leche al cambio	Nº de vacas eliminadas por “culling”		Porcentaje de vacas en lote alto		Ingresos por venta de leche *1000€/año		Gastos en alimentación de vacas *1000€/año	
	G	F	G	F	G	F	G	F
100	21.8	49.5	56.5	23.7	1200.6	1182.8	698,3	665.9
125	22.5	45.7	58.3	30.7	1205.2	1184.9	700,6	673.6
150	20.8	47.25	61.1	37.7	1205.0	1193.9	703,7	681.2
175	21.5	46	65.2	43.3	1209.5	1179.6	708,1	687.2
200	21.3	45.5	66.0	50.2	1212.8	1189.0	710,4	694.7
225	21	46	69.8	57.5	1212.0	1193.5	715,3	701.9

1.2 SEPARACIÓN DE VACAS PRIMÍPARAS VS MULTÍPARAS

Las simulaciones de agrupación de vacas en función de su número de parto de reportaron las siguientes rentabilidades como consecuencia de incrementos en la producción de las vacas primíparas debido a una menor interacción con las vacas multíparas. Los distintos incrementos en la rentabilidad en función de la magnitud del incremento de producción, el nivel de producción de la granja y el precio de la leche se muestran en la Tabla 18.

Se observa que al aumentar el precio de la leche se incrementó la rentabilidad total que se obtuvo debido a la separación de vacas primíparas y multíparas. Un efecto similar se pudo observar cuando aumentó el potencial productivo de la granja. Estos mayores incrementos al aumentar el potencial de producción se debieron a que cuando el potencial de producción se incrementó la cantidad de leche extra que se produjo fue mayor ya que el incremento es de forma porcentual. Del mismo modo, al aumentar el precio de la leche, el extra de litros tuvo una mayor bonificación ya que cada litro valió más. Se puede ver gráficamente en la Figura 7.

Tabla 18: Variación en la rentabilidad en € / vaca y año al realizar separación por número de parto respecto a un lote único.

Nivel de producción	Magnitud del incremento de producción	Incremento de la rentabilidad respecto a lote único		
		270 €/litro leche	310 €/litro leche	350 €/litro leche
8000 litros / vaca / lactación	4,00%	7	47	54
	6,00%	25	61	55
	8,00%	44	57	62
	10,00%	71	98	95
12000 litros / vaca / lactación	4,00%	26	37	65
	6,00%	42	53	58
	8,00%	48	42	67
	10,00%	83	97	125
16000 litros / vaca / lactación	4,00%	41	50	50
	6,00%	44	91	78
	8,00%	66	59	87
	10,00%	119	111	116

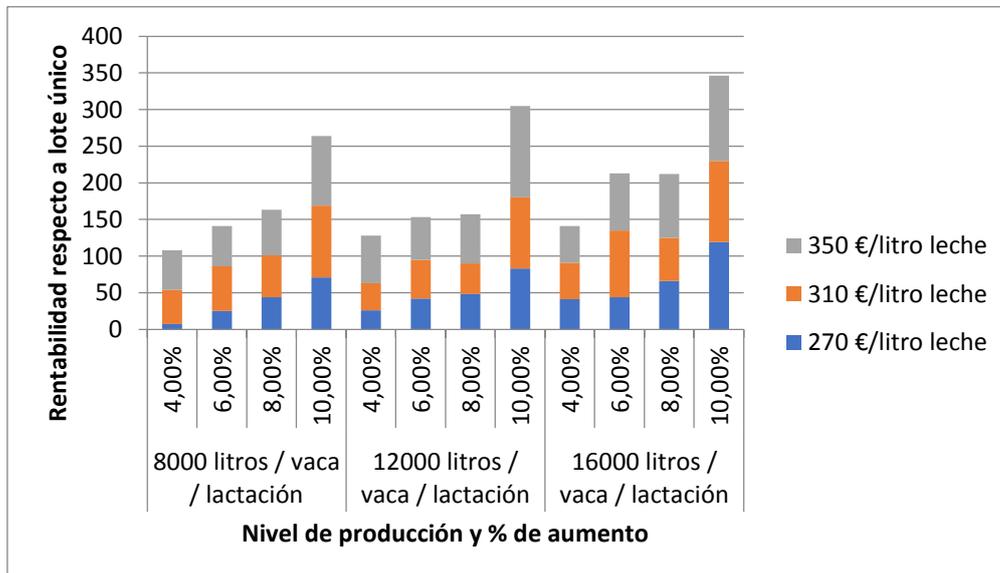


Figura 7: Rentabilidad de separar vacas primíparas y multíparas para diferentes potenciales de producción (8000, 12000, 16000 litros/lactación) y diferentes magnitudes de beneficio (4, 6, 8, 10%).

2. ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO DE NOVILLAS

Respecto a las diferentes estrategias de alimentación de terneras, se valoró la rentabilidad de realizar diferentes planos de alimentación estudiando la relación entre la edad al primer parto y la rentabilidad. También se valoró si el efecto "*imprinting*" varía notablemente los beneficios de llevar a cabo una estrategia de alimentación acelerada en terneras.

2.1 CRECIMIENTO TRADICIONAL O ACELERADO

En la Tabla 19 se pueden observar las diferentes rentabilidades obtenidas en € por vaca y año en función de la estrategia de recría acelerada o tradicional para distintos precios de las novillas preparto. Se pueden observar las edades medias a la primera inseminación para cada estrategia de alimentación y su consecuente edad al primer parto. Estos datos se extrajeron estableciendo una edad mínima de 330 días y un peso mínimo de 380 kg a la primera inseminación y una edad límite de 650 días antes de que las terneras fuesen descartadas si no estaban gestantes.

La diferencia entre la rentabilidad de llevar a cabo una estrategia de alimentación de la recría acelerada o tradicional se incrementó a medida que aumentó el precio de las terneras preparto. Esto es debido a que la granja era deficitaria en reposición y debía comprar terneras preparto. Cuando el crecimiento fue acelerado la granja fue menos deficitaria y tuvo que comprar menos terneras preparto de modo que cuando el precio fue mayor, el coste de comprar novillas preparto también fue mayor incrementándose la rentabilidad de realizar un crecimiento acelerado.

Otro dato interesante es el gasto en la alimentación de las terneras, ya que se suponía que el beneficio del crecimiento acelerado residía en acortar el periodo no productivo de la vaca y así reducir el coste de esta etapa. Sin embargo se puede ver que los gastos de alimentación fueron mayores en el crecimiento acelerado ya que aunque hubo un 14% menos de reposición, puesto que este es el tiempo que acortaron su etapa no productiva, el incremento del coste de las raciones en cada etapa de la recría fue aproximadamente 13000 € superior al coste de la alimentación durante los 2,3 meses de más en el crecimiento tradicional. De este modo se deduce que el beneficio de realizar un crecimiento acelerado no deriva de un menor coste de la alimentación de la reposición al ser este periodo más corto, sino de un mayor

número de terneras de reposición de modo que disminuyen las compras de terneras preparto y de la mayor producción de las vacas como consecuencia del efecto "imprinting".

Tabla 19: Rentabilidades de seguir una estrategia de alimentación de la recría tradicional o acelerada para diferentes precios de la ternera preparto.

Estrategia de alimentación	Precio ternera preparto / €			Edad 1 ^a inseminación / meses	Edad 1 ^{er} parto / meses	Gasto alimentación € / ternera
	1500	2000	2500			
Crecimiento tradicional	676	631	604	16.8	25.7	434
Crecimiento acelerado	715	681	659	14.5	24.0	516

2.2 BENEFICIO DEL CRECIMIENTO ACELERADO CORRESPONDIENTE A EL DESCENSO DE LA EDAD AL PRIMER PARTO O AL EXTRA DE LECHE DERIVADO DEL *IMPRINTING*

Debido al mayor gasto en alimento en la estrategia de alimentación de la recría acelerada surge la inquietud de saber de dónde proceden los beneficios. Puede ser debido a que se adelanta la edad al primer parto, lo que tendrá como consecuencia que se reduzca la etapa no productiva de las vacas y aumente la tasa de reposición. Otra fuente de beneficio puede ser el efecto "*imprinting*" mediante el cual las terneras que hayan recibido un mayor plano de alimentación en sus primeros meses de vida producirán un extra de leche en su primera lactación. Para ello se extrajeron las diferencias de rentabilidades al contabilizar el efecto "*imprinting*" o no.

En la Tabla 20 se pueden observar las rentabilidades obtenidas al realizar crecimiento acelerado si se contabiliza el efecto "*imprinting*" o no. Debido a que no existen demasiados estudios que hayan estudiado el efecto en la segunda lactación únicamente se aplicó un incremento de 138 kg por cada 100 g de crecimiento por encima de 0,5 kg/día durante la lactancia como señalaron en su metanálisis Gelsinger *et al.*, (2016) Se pudo apreciar que el beneficio de realizar un crecimiento acelerado procedió principalmente del incremento en la producción de leche cuando el precio de

las terneras preparto era bajo y que a medida que el precio de las terneras preparto subía el beneficio por reducir la edad a primer parto se incrementó, reduciéndose la importancia del efecto del "imprinting". Este incremento de la rentabilidad procedente de reducir la edad al primer parto a la par que aumenta el precio de las terneras preparto se puede explicar debido a una menor compra de novillas que supuso más ahorro cuando el precio de cada novilla fue más caro. También se puede apreciar que aunque los ingresos por venta de leche se incrementaron también lo hizo el gasto en alimentación de las vacas, efecto que en muchas ocasiones no se contabiliza de modo que se sobrevalora el incremento de la producción de leche.

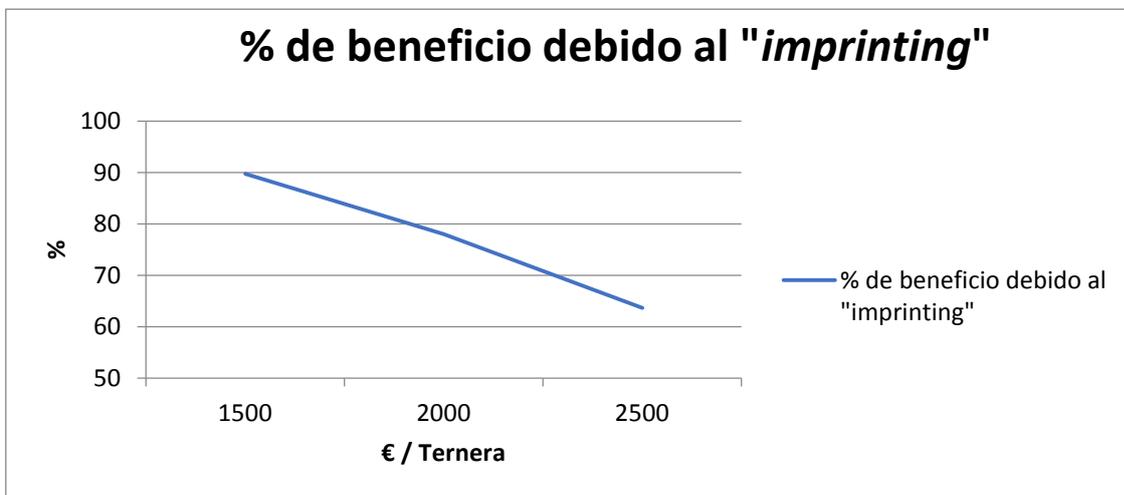


Figura 8: Porcentaje de beneficio debido al "imprinting" en función del precio de las terneras.

Tabla 20: Rentabilidades de seguir una estrategia de alimentación de la recría acelerada con o sin efecto "imprinting" para diferentes precios de la ternera preparto.

Estrategia de alimentación	Precio ternera preparto / €			Gasto alimentación terneras / €	Gasto alimentación vacas / €	Ingresos venta de leche / €
	1500	2000	2500			
Crecimiento acelerado sin "imprinting"	680 (4)	642 (11)	624 (20)	516	2307	4003
Crecimiento acelerado	715 (35)	681 (39)	659 (35)	516	2309	4049

6. CONCLUSIONES

- 1- Mayor beneficio de agrupar a los animales según su número de parto.
- 2- Realizar lotes de alimentación en las vacas en producción no es un hecho exacto ya que existe controversia sobre la magnitud del descenso en la producción y si existe algún tipo de descenso en la reproducción. Se pudo observar que cuando no existía perjuicio, lo que según los estudios sería en lotes de más de 200 vacas, sería rentable realizar lotes. Cuando la pérdida fue de un 5% de producción durante 5 días la rentabilidad de llevar a cabo estrategia sería variable dependiendo de:
 - a. El potencial productivo de la granja, En los casos extremos (8000 y 16000 litros/lactación) en los que disminuya la diferencia entre la dieta de mayor calidad y la de menor calidad la realización de lotes de alimentación dejara de ser rentable mientras que cuando el potencial de producción es intermedio (12000 litros/lactancia) aumentará la rentabilidad de llevar a cabo una estrategia de lotes de alimentación.
 - b. Los precios de la ración y de la leche, Cuando el precio de la ración disminuya o el de la leche aumente se incrementará el beneficio de realizar lotes de alimentación.
 - c. El momento de la lactación al cambio de lote. Se ha podido comprobar que cuanto mayor es la ratio Precio leche / Precio ración más pronto se deberá de realizar el cambio de lote para obtener la mayor rentabilidad mientras que si esta ratio disminuye el momento óptimo para realizar el cambio de lote será más tarde.
 - d. La existencia de pérdida en la reproducción. Si existe pérdida en la reproducción no resulta rentable alimentar mediante varios lotes.
- 3- Mayor beneficio al seguir una estrategia de crecimiento acelerado en la recría. Se incrementó la magnitud de su rentabilidad respecto a una estrategia de crecimiento tradicional cuando se incrementó el precio de las terneras preparto.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Akinyele, I. O. and Spahr, S. L. (1975) 'Stage of Lactation as a Criterion for Switching Cows from One Complete Feed to Another during Early Lactation', *Journal of Dairy Science*. Elsevier, 58(6), pp. 917–921. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(75)84657-1.
- van Amburgh, M. E., Soberon, F., Karzses, J. and Everett, R. W. (2011) 'Taking the Long View: Treat Them Nice As Babies and They Will Be Better Adults', *Western Dairy Management Conference*, pp. 141–157.
- Arave, C. W. and Albright, J. L. (1976) 'Social rank and physiological traits of dairy cows as influenced by changing group membership.', *Journal of dairy science*. Elsevier, 59(5), pp. 974–981. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(76)84306-8.
- Bach, A. and Ahedo, J. (2008) 'Record Keeping and Economics of Dairy Heifers', *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 24(1), pp. 117–138. doi: 10.1016/j.cvfa.2007.10.001.
- Bach, A., Fernández, C. and Terre, M. (2010) *RECOMENDACIONES NUTRICIONALES PARA RUMIANTES DE RECRÍA NORMAS FEDNA Elabo.* Available at: http://www.fundacionfedna.org/sites/default/files/NORMAS_RECRIA_2010.pdf.
- Bach, A., Giménez, A., Juaristi, J. L. and Ahedo, J. (2007) 'Effects of Physical Form of a Starter for Dairy Replacement Calves on Feed Intake and Performance', *Journal of Dairy Science*, 90(6), pp. 3028–3033. doi: 10.3168/jds.2006-761.
- Bach, A., Iglesias, C., Devant, M. and Ràfols, N. (2006) 'Performance and feeding behavior of primiparous cows loose housed alone or together with multiparous cows', *Journal of Dairy Science*, 89, pp. 337–342. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72099-9.
- Bøe, K. E. and Færevik, G. (2003) 'Grouping and social preferences in calves, heifers and cows', *Applied Animal Behaviour Science*, 80(3), pp. 175–190. doi: 10.1016/S0168-1591(02)00217-4.
- Boyle, A. R., Ferris, C. P. and O'Connell, N. E. (2012) 'Are there benefits in introducing dairy heifers to the main dairy herd in the evening rather than the morning?', *Journal of dairy science*. Elsevier, 95(7), pp. 3650–61. doi: 10.3168/jds.2011-4362.
- Brakel, W. J. and Leis, R. a (1976) 'Impact of social disorganization on behavior, milk yield, and body weight of dairy cows.', *Journal of dairy science*, 59(4), pp. 716–721. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(76)84263-4.
- Capuco, A. V., Smith, J. J., Waldo, D. R. and Rexroad, C. E. (1995) 'Influence of prepubertal dietary regimen on mammary growth of Holstein heifers.', *Journal of Dairy Science*. Elsevier, 78(12), pp. 2709–2725. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(95)76902-8.
- Castells, L., Bach, A., Araujo, G., Montoro, C. and Terré, M. (2012) 'Effect of different forage sources on performance and feeding behavior of Holstein calves.', *Journal of dairy science*. Elsevier, 95(1), pp. 286–93. doi: 10.3168/jds.2011-4405.
- Clark, P. W., Ricketts, R. E., Belyea, R. L. and Krause, G. F. (1980) 'Feeding and Managing Dairy Cows in Three versus One Production Group', *Journal of Dairy Science*, 63(8), pp. 1299–1308. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(80)83081-5.

- Cook, N. B. (2009) 'Facility designs to maximize transition cow health and productivity', *WCDS Advances in Dairy Technology*, 21, pp. 13–22. Available at: <http://www.wcds.ca/proc/2009/Manuscripts/FacilityDesignsMaximizeTransition.pdf>.
- Daniels, K. M. (2010) 'Dairy Heifer Mammary Development', *19th Annu. Tri-State Dairy Nutrition Conference. Grand Wayne Center, Fort Wayne, IN*, (330), pp. 69–76. Available at: <http://tristatedairy.org/Proceedings 2010>.
- Dekkers, J. C. M., Ten Hag, J. H. and Weersink, a. (1998) 'Economic aspects of persistency of lactation in dairy cattle', *Livestock Production Science*, 53(3), pp. 237–252. doi: 10.1016/S0301-6226(97)00124-3.
- Diaz, M. C., Van Amburgh, M. E., Smith, J. M., Kelsey, J. M. and Hutten, E. L. (2001) 'Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight.', *Journal of dairy science*. Elsevier, 84(4), pp. 830–842. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74541-9.
- Dickson, D. P., Barr, G. R., Johnson, L. P. and Wieckert, D. a (1970) 'Social Dominance and Temperament of Holstein Cows', *Journal of Dairy Science*, 53(7), pp. 904–907. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(70)86316-0.
- Dobson, H. and Smith, R. F. (2000) 'What is stress, and how does it affect reproduction?', *Animal Reproduction Science*, 60–61, pp. 743–752. doi: 10.1016/S0378-4320(00)00080-4.
- Gelsing, S. L., Heinrichs, A. J. and Jones, C. M. (2016) 'A meta-analysis of the effects of preweaned calf nutrition and growth on first-lactation performance', *Journal of Dairy Science*. American Dairy Science Association, 99(8), pp. 6206–6214. doi: 10.3168/jds.2015-10744.
- Grant, R. J. and Albright, J. L. (2001) 'Effect of Animal Grouping on Feeding Behavior and Intake of Dairy Cattle', *Journal of Dairy Science*, 84(84), pp. E156–E163. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)70210-X.
- Gupta, S., Earley, B., Nolan, M., Formentin, E. and Crowe, M. A. (2007) 'Effect of repeated regrouping and relocation on behaviour of steers', *Applied Animal Behaviour Science*, 110(3–4), pp. 229–243. doi: 10.1016/j.applanim.2007.05.003.
- Hasegawa, N., Nishiwaki, A., Sugawara, K. and Iwao, I. (1997) 'The effects of social exchange between two groups of lactating primiparous heifers on milk production, dominance order, behavior and adrenocortical response', *Applied Animal Behaviour Science*, 51(1–2), pp. 15–27. doi: 10.1016/S0168-1591(96)01082-9.
- Heinrichs, A. J. and Hargrove, G. L. (1987) 'Standards of weight and height for Holstein heifers.', *Journal of dairy science*, 70(3), pp. 653–60. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(87)80055-3.
- Hodgson, J. (1965) 'The effect of weaning treatment on the development of solid food intake in calves', *Animal Production*, 7(1971), pp. 7–17. doi: 10.1017/S0003356100022236.
- Hoffman, P. C. (1995) 'Optimum Growth Rates for Holstein Replacement Heifers', *Calves, heifers, and dairy profitability*, (27), pp. 1–10.

- Huber, J. T., Silva, a G., Campos, O. F. and Mathieu, C. M. (1984) 'Influence of feeding different amounts of milk on performance, health, and absorption capability of baby calves.', *Journal of dairy science*, 67(12), pp. 2957–2963. Doi: 10.3168/jds.S0022-0302(84)81659-8.
- Hutjens, M. F. 1998. Feed bunk management. Proc. Dairy Feeding Systems, Camp Hill, Pennsylvania. pp 120.
- Jasper, J. and Weary, D. M. (2002) 'Effects of ad libitum milk intake on dairy calves., *Journal of dairy science*. Elsevier, 85(11), pp. 3054–3058. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74391-9.
- von Keyserlingk, M. a G., Olenick, D. and Weary, D. M. (2008) 'Acute Behavioural Effects of Regrouping Dairy Cows.', *Journal of dairy science*. Elsevier, 91(3), pp. 1011–1016. doi: 10.3168/jds.2007-0532.
- Khouri, R. H. and Pickering, F. S. (1968) 'Nutrition of the milk-fed calf', *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 11(2), pp. 227–236. doi: 10.1080/00288233.1968.10431422.
- Krohn, C. C. and Konggaard, S. P. (1979) 'EFFECTS OF ISOLATING FIRST-LACTATION COWS FROM OLDER COWS C.C.', 6, pp. 137–146.
- Kroll, O., Owen, J. B. and Whitaker, C. J. (1987) 'Grouping and complete diet composition in relation to parity and potential yield in dairy cows', *The Journal of Agricultural Science*, 108, p. 281. doi: 10.1017/S0021859600079272.
- McGilliard, M. L., Swisher, J. M. and James, R. E. (1983) 'Grouping Lactating Cows by Nutritional Requirements for Feeding', *Journal of Dairy Science*, 66(5), pp. 1084–1093. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(83)81905-5.
- Meyer, M. J., Capuco, A. V., Ross, D. A., Lintault, L. M. and Van Amburgh, M. E. (2006) 'Developmental and Nutritional Regulation of the Prepubertal Bovine Mammary Gland: II. Epithelial Cell Proliferation, Parenchymal Accretion Rate, and Allometric Growth', *Journal of Dairy Science*. Elsevier, 89(11), pp. 4298–4304. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72476-6.
- National Research Council (2001) *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. doi: 10.17226/9825.
- Østergaard, S., Sørensen, J. T., Hindhede, J. and Kristensen, A. R. (1996) 'Technical and economic effects of feeding one vs. multiple total mixed rations estimated by stochastic simulation under different dairy herd and management characteristics', *Livestock Production Science*, 45(1), pp. 23–33. doi: 10.1016/0301-6226(95)00084-4.
- Petitclerc, D., Chapin, L. T. and Tucker, H. A. (1984) 'Carcass composition and mammary development responses to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers.', *Journal of animal science*, 58(4), pp. 913–919. doi: 10.2527/jas1984.584913x.
- Phillips, C. J. C. and Rind, M. I. (2001) 'The Effects on Production and Behavior of Mixing Uniparous and Multiparous Cows', *J. Dairy Sci*. Elsevier, 84(October), pp. 2424–2429. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74692-9.

- Reinhardt, V. and Reinhardt, A. (1975) 'Dynamics of Social Hierarchy in a Dairy Herd', *Z. Tierpsychol.*, 38, pp. 315–323. doi: 10.1111/j.1439-0310.1975.tb02007.x.
- Schein, M. W. and Fohrman, M. H. (1955) 'Social dominance relationships in a herd of dairy cattle', *The British Journal of Animal Behaviour*, 3(2), pp. 45–55. doi: 10.1016/S0950-5601(55)80012-3.
- Sejrsen, K., Huber, J. T., Tucker, H. a and Akers, R. M. (1982) 'Influence of nutrition of mammary development in pre- and postpubertal heifers.', *Journal of dairy science*, 65(5), pp. 793–800. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(82)82268-6.
- Shamay, A., Werner, D., Moallem, U., Barash, H. and Bruckental, I. (2005) 'Effect of Nursing Management and Skeletal Size at Weaning on Puberty, Skeletal Growth Rate, and Milk Production During First Lactation of Dairy Heifers', *Journal of Dairy Science*. Elsevier, 88(4), pp. 1460–1469. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72814-9.
- Sowerby, M. E. and Polan, C. E. (1978) 'Milk Production Response to Shifting Cows Between Intraherd Groups', *Journal of Dairy Science*. Elsevier, 61(4), pp. 455–460. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(78)83620-0.
- Spahr, S. L., Shanks, R. D., McCoy, G. C., Maltz, E. and Kroll, O. (1993) 'Lactation Potential as a Criterion for Strategy of Feeding Total Mixed Rations to Dairy Cows', *Journal of Dairy Science*. Elsevier, 76(9), pp. 2723–2735. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77609-2.
- Talebi, A., von Keyserlingk, M. A. G., Telezhenko, E. and Weary, D. M. (2014) 'Reduced stocking density mitigates the negative effects of regrouping in dairy cattle.', *Journal of dairy science*. Elsevier, 97(3), pp. 1358–63. doi: 10.3168/jds.2013-6921.
- Terré, M., Devant, M. and Bach, A. (2006) 'Performance and nitrogen metabolism of calves fed conventionally or following an enhanced-growth feeding program during the preweaning period', *Livestock Science*, 105(1–3), pp. 109–119. doi: 10.1016/j.livsci.2006.05.001.
- Terré, M., Devant, M. and Bach, A. (2007) 'Effect of level of milk replacer fed to Holstein calves on performance during the preweaning period and starter digestibility at weaning', *Livestock Science*, 110(1–2), pp. 82–88. doi: 10.1016/j.livsci.2006.10.001.
- Torres-Cardona, M. G., Ortega-Cerrilla, M. E., Alejos-de laFuente, J. I., Herrera-Haro, J. A. and Peralta Ortíz, J.G. (2014) 'Effect of regrouping Holstein cows on milk production and physical activity', 22(2), pp. 3433–3438.
- Williams, C. B. and Oltenacu, P. A. (1992) 'Evaluation of Criteria Used to Group Lactating Cows Using a Dairy Production Model', *J. Dairy Sci*. Elsevier, 75(1), pp. 155–160. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(92)77749-2.
- Yavuz, E., Todorov, N. A., Ganchev, G. and Nedelkov, K. (2015) 'Effect of physical form of starter feed on intake, growth rate, behavior and health status of female dairy calves', *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(4), pp. 893–900.

Zwald, A. and Shaver, R. D. (2012) 'CASE STUDY: Effect of pen change on milk yield by dairy cows in 2 commercial herds', *The Professional Animal Scientist*. Elsevier Masson SAS, 28(5), pp. 569–572. doi: [http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30407-1](http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30407-1).