

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

SISTEMAS DE ALTA PRODUCCIÓN CON GENOTIPOS ANIMALES  
CONTRASTANTES: PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS Y COSECHA DE PASTO

por

María Solange GARELI CERRUTTI

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2019

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Med. Vet. Sofía Stirling

-----  
Ing. Agr. Francisco Dieguez

-----  
Ing. Agr. Laura Astigarraga

Fecha: 26 de marzo de 2019

Autora:

-----  
María Solange Gareli Cerrutti

## AGRADECIMIENTOS

Especialmente a mi familia por su apoyo incondicional y compañía a lo largo de toda la carrera.

A Sofía Stirling por su ayuda y orientación en la realización de este trabajo como tutora, y a Rocío Martínez por su colaboración en la parte estadística.

A Laura Astigarraga por su colaboración como tutora por parte de Facultad.

A todo el personal de INIA La Estanzuela por recibirnos durante el periodo experimental, y a mis compañeras de trabajo práctico por su compañía y momentos compartidos.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 PRODUCCIÓN DE LECHE Y SÓLIDOS.....	3
2.2 PRODUCCIÓN Y COSECHA DE PASTO.....	3
2.3 LA CARGA EN UN SISTEMA PASTORIL.....	5
2.4 HOLSTEIN AMERICANO Y NEOZELANDÉS.....	7
2.4.1 <u>Origen</u> .....	7
2.4.2 <u>Peso vivo y tamaño</u> .....	8
2.4.3 <u>Producción de leche y sólidos</u> .....	8
2.4.4 <u>Respuesta al concentrado y sustitución</u> .....	10
2.4.5 <u>Consumo de pasto</u> .....	11
2.5 HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	12
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	13
3.1 MARCO DE ESTUDIO.....	13
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	13
3.3 MANEJO.....	15
3.3.1 <u>Manejo animal</u> .....	15
3.3.2 <u>Manejo de las pasturas</u> .....	15
3.3.3 <u>Manejo del pastoreo</u> .....	17
3.4 MEDICIONES.....	18
3.4.1 <u>Consumo de concentrado y reservas</u> .....	18
3.4.2 <u>Consumo de pasto y stock de materia seca</u> .....	18

3.4.3 <u>Producción de leche y sólidos</u> .....	18
3.5 <u>CÁLCULOS</u> .....	19
3.5.1 <u>Producción de leche y sólidos</u> .....	19
3.5.2 <u>Consumo de pasto</u> .....	19
3.6 <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u> .....	20
4. <u>RESULTADOS</u> .....	21
5. <u>DISCUSIÓN</u> .....	26
5.1 <u>PRODUCCIÓN</u> .....	26
5.1.1 <u>Sólidos</u> .....	26
5.1.2 <u>Eficiencia de conversión</u> .....	27
5.2 <u>COSECHA DE PASTO</u> .....	29
5.2.1 <u>Cosecha de pasto lograda</u> .....	29
5.2.2 <u>Cosecha en HN y HA</u> .....	31
6. <u>CONCLUSIONES</u> .....	34
7. <u>RESUMEN</u> .....	35
8. <u>SUMMARY</u> .....	36
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	37

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Temperatura promedio y precipitación mensual para INIA La Estanzuela durante el período de estudio y promedio de los diez años previos.....	13
2. Datos relevantes al inicio del proyecto para cada sistema.....	14
3. Carga animal expresada en VM/ha VM y en kg PV/ha, y superficie asignada para cada sistema.....	15
4. Rotación en la cual se enmarcan las pasturas utilizadas durante el trabajo experimental.....	15
5. Potreros disponibles en cada sistema y el detalle de su composición a lo largo del año.....	16
6. Producción anual de sólidos (grasa y proteína), producción de leche, y consumo por hectárea, de los sistemas Holstein neozelandés y Holstein americano durante el período de estudio.....	21
7. Producción grupal de las vacas de cada sistema por día y por hectárea (Holstein americano y Holstein neozelandés), contenido de grasa y proteína promedio, y eficiencia de conversión.....	22
<b>Figura No.</b>	
1. Distribución de potreros asignados para cada sistema.....	17
2. Tiempo disponible para pastoreo mensual para cada sistema expresado en días de ocupación de potreros.....	23
3. Pasto disponible previo al pastoreo y pasto remanente en el sistema HN (línea continua) y HA (línea dicontinua), expresado en kg MS/ha y en cm, a largo del período experimental, con su respectivo desvío estándar.....	24
4. Stock de MS promedio mensual disponible en cada sistema y tasa de crecimiento diaria promedio de cada mes a lo largo del período experimental.....	25

## 1. INTRODUCCIÓN

La lechería en Uruguay se ha caracterizado por un elevado crecimiento durante un largo período de tiempo. Una retrospectiva de largo plazo muestra una tendencia creciente y prácticamente ininterrumpida de la cantidad de leche remitida a lo largo de varias décadas. Este incremento se ha dado de forma notoria en el período reciente 2002-2014, con tasas de crecimiento promedio anual que rondan el 5% (MGAP. DIEA, 2017b). En simultáneo con este crecimiento, tanto el número de tambos, como la superficie total ocupada por los mismos, se han presentado en descenso, lo que refleja la ocurrencia de un proceso de intensificación, explicado por un aumento en la productividad. En este sentido, se han dado incrementos tanto en la producción individual de leche, como en la carga con la que trabajan estos sistemas. Ambos cambios fueron posibilitados por una modificación en la alimentación, básicamente a través del incremento de los concentrados, que llegaron a duplicarse entre 2002 y 2014 (Fariña, 2016). El consumo de pasto, sin embargo, no ha seguido esta tendencia. Artagaveytia (2014) expone resultados que reflejan que en los últimos años la cosecha de forraje directa por parte de los animales ha permanecido en general sin cambios significativos. Por otra parte, si bien la producción en volumen de leche se ha incrementado en este período, la producción de sólidos lácteos (kilogramos de grasa butirosa y proteína por hectárea) aún se encuentra por debajo de los valores registrados en otros países con características similares y competidores de Uruguay.

Conjuntamente en estos años se ha producido otro fenómeno de importancia, como es el aumento en el precio de la tierra, factor fundamental en sistemas de base pastoril. En este sentido, se observa un aumento en la cantidad de producto necesario para poder adquirir una hectárea de tierra, alcanzándose el nivel máximo en el año 2014 (MGAP. DIEA, 2017b). Por otra parte, frente a un contexto global con volatilidad creciente en los precios de la leche e insumos, Uruguay, país fundamentalmente exportador, debe ser competitivo en el mercado mundial. La tierra se consolida como factor limitante por su precio, y resulta entonces trascendente producir mucho producto por unidad de área con el menor costo posible. En relación a esto, la pastura cuenta con un amplio reconocimiento como el alimento de más bajo costo de la dieta, por lo que una alta cosecha de pasto por superficie reflejaría la capacidad del sistema de ser competitivo en el uso del recurso tierra. Si bien en función del contexto presentado parece claro que los predios más productivos deberán ser capaces de lograr una alta producción y cosecha de forraje por hectárea, y convertirla en sólidos eficientemente, no está claro cómo el genotipo lechero utilizado incide en estos aspectos.

El presente trabajo se centrará en estudiar dos sistemas lecheros de base pastoril manejados con cargas altas, y aplicando un manejo del pastoreo que apunta a maximizar la cosecha de pasto. Ambos sistemas son manejados de igual forma y se diferencian únicamente en el genotipo lechero utilizado, estando uno compuesto por Holstein neozelandés y otro por Holstein americano. En concreto, el objetivo general de este trabajo será determinar la cosecha de pasto y producción de sólidos por hectárea lograda en estos sistemas, con el objetivo específico de poder determinar diferencias en estas variables, asociadas al genotipo lechero utilizado.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PRODUCCIÓN DE LECHE Y SÓLIDOS

La lechería uruguaya se caracteriza por tener a la industria como el principal destino de la leche producida (87% del total), de la cual un 70% se exporta y un 30% se destina a mercado interno (INALE, 2017). La distribución mensual de la producción de leche en Uruguay mantiene el comportamiento característico de un sistema de producción basado en la alimentación pastoril, y en concordancia a la mayor oferta de forraje durante la primavera. Los mayores volúmenes captados por la industria se dan en el mes de octubre, y los mínimos en febrero (MGAP. DIEA, 2016).

La evolución de la producción de leche tuvo una tendencia claramente ascendente hasta el año 2014. El año 2016, en cambio, cerró con una producción total de 2.026 millones de litros, que implican una reducción de 115 millones de litros respecto al año anterior. En cuanto al número de productores lecheros, para el año 2016 se registra un total de 3.873, lo que implica una reducción del 1,2% respecto al año previo, manteniéndose la tendencia descendente planteada en los últimos años. Respecto al área de los predios con lechería, en la última década, esta ha venido pasando por una fuerte modificación en las condiciones de tenencia de la tierra, tanto en la propiedad como el arrendamiento. En un contexto de evolución hacia una disminución del área, ésta sigue presentando un nivel importante de combinación entre propiedad (38%) y arrendamiento (44%, MGAP. DIEA, 2017b).

En cuanto a la composición de la leche, tanto el contenido de grasa como proteína presentaron valores con tendencia al alza en los últimos años, llevando en consecuencia a un aumento en la proporción de los sólidos totales (MGAP. DIEA, 2017a). Según Artagaveytia (2014), la producción de sólidos por superficie también se ha incrementado, pasando de 243 kg sólidos/hectárea vaca masa/año (ha VM/año) en el año 2001-2002 a 449 kg sólidos/ha VM/año en el ejercicio 2013-2014. Pese a haber un incremento, estos valores aún son inferiores a los obtenidos en otros países pastoriles competidores de Uruguay, lo que hace pensar en un cierto margen para que los mismos puedan continuar en ascenso. En el caso de Nueva Zelanda por ejemplo, los promedios arrojan valores que rondan los 993 kg sólidos/ha (DairyNZ y LIC, 2012).

### 2.2 PRODUCCIÓN Y COSECHA DE PASTO

El contexto en el que desarrolla la producción lechera está cambiando. Si bien siempre ha sido difícil predecir los precios internacionales de los productos o prever riesgos de producción, la volatilidad actual de los precios es notoria, y se espera que la producción de leche se establezca en un contexto de

mayor incertidumbre. Como consecuencia, es importante que los sistemas lecheros logren ser resilientes de modo de poder responder de la manera más positiva y rápida al cambio. En este sentido, en un sistema de base pastoril, la capacidad de producir y utilizar eficientemente las pasturas resultan pilares fundamentales para tener una menor dependencia de insumos externos (fundamentalmente suplementos), y lograr mayor rentabilidad. De esta manera, el desarrollo de prácticas de manejo para mejorar la producción y utilización de las pasturas, así como la elección de los animales que puedan cosechar el pasto de la forma más eficiente se vuelven factores de gran relevancia en estos sistemas (Roche y Horan, 2015). Hanrahan et al. (2018), estudiando los factores asociados a la rentabilidad de sistemas lecheros pastoriles, encontraron que el incremento en la utilización de pasto por hectárea estuvo asociado significativamente con una reducción en los costos por tonelada de grasa y proteína, demostrando que aumentar la producción de leche a partir de una mejor utilización de la pastura, mejora la rentabilidad y tiene el potencial de ser clave para aumentar la resiliencia de los sistemas pastoriles.

En Uruguay, las condiciones climáticas existentes permiten la realización de pasturas durante todo el año, con ambientes en los que prosperan tanto especies de tipo templado de producción otoño-invierno-primaveral como de tipo subtropical de producción primavera-verano-otoño (Carámbula, 1977). En este contexto, la implantación de la pastura como base forrajera de los sistemas lecheros se desarrolla desde la década del 70. La producción de leche se basa en el pastoreo de pasturas bianuales o perennes, en rotación con cultivos anuales, ya sea verdes para pastoreo, como para corte y confección de reservas (Chilibroste et al., 2010). Actualmente el 75% de la dieta de los sistemas lecheros se compone por forraje cosechado en el propio establecimiento, con una marcada estacionalidad en la producción de las pasturas, asociada a crecimientos de primavera que superan en tres y hasta cuatro veces los de invierno (CONAPROLE, 2017). Aquí la pastura, al igual que en otros países pastoriles, cuenta con un amplio reconocimiento como el alimento de menor costo por kilogramo de materia seca (MS), proteína cruda (PC) o mega caloría de energía metabolizable (Chilibroste et al., 2010).

En relación al consumo de pasto de los sistemas lecheros, existen trabajos nacionales que describen cómo este varía en función de la productividad de los sistemas. Según Chilibroste (2015) actualmente los predios de mayor productividad se caracterizan por lograr los mayores consumos de MS total: 18,8 versus 15,9 kilogramos de MS por vaca ordeño por día (kg MS/VO/día). Los mismos trabajan con una mayor carga, y tienen consumos de pasturas individuales similares, pero logran consumos de pastura por hectárea muy superiores. Según datos presentados por Battezzato (2017), el promedio de los predios en Uruguay poseen una cosecha de forraje que ronda los 3.500 kg

MS/ha por año. Sería conveniente contrastar este valor con los obtenidos en países pastoriles y competidores de Uruguay. No obstante, al no disponer de esta información, a continuación se presentan datos de cosecha de pasto registradas en otros países en condiciones experimentales. Por ejemplo, en Irlanda, Patton et al. (2016), evaluando dos niveles de carga de 3,1 y 4,5 vacas/ha, reportan niveles de cosecha de pasto de 8.445 y 9.139 kg MS/ha/año, respectivamente. En Australia, Fariña et al. (2011), encontraron valores promedio de pastura consumida de 10.400 kg MS/ha y de 10.000 kg MS/ha para cargas de 2,5 y 3,8 vacas/ha, respectivamente. Experimentos en Nueva Zelanda también reportan valores superiores, que se ubican entre 12.098 y 16.597 kg MS/ha, para cargas que van desde 2,2 a 4,3 vacas/ha (Macdonald et al., 2008b). Si bien es esperable que estos valores sean superiores a los registrados en condiciones comerciales, se observa un amplio rango entre los resultados presentados y el promedio de cosecha de pasto para los sistemas lecheros de Uruguay.

Ante esta situación, a priori podría suponerse que la limitante está en la producción de MS que alcanza el promedio de los predios en la lechería uruguaya. Sin embargo, información obtenida a partir del seguimiento satelital de pasturas de CONAPROLE en más de 600 potreros distribuidos en sesenta establecimientos lecheros, muestra una producción total en kg MS/ha/año muy similar a la obtenida en campos experimentales de INIA-INASE. En el caso de la alfalfa por ejemplo, presentan valores promedio de 10.395 kg MS/ha/año en predios comerciales, y promedio de 9.602 kg MS/ha/año en parcelas de evaluación (CONAPROLE, 2017). En este mismo trabajo se simularon cinco rotaciones diferentes, en función de las tasas de crecimiento mensual monitoreadas durante los últimos seis años. De esta manera, observaron que todas las rotaciones presentaron una alta estacionalidad, con la mayor disponibilidad de forraje entre setiembre y diciembre, con un muy bajo crecimiento durante el cuatrimestre de mayo a agosto (14 a 18 % del total anual), y que todas superaban las 12 toneladas de MS de producción por ha y por año. Estos resultados estarían indicando que es certero pensar que el promedio de los sistemas presentan una brecha importante entre el forraje producido y el efectivamente cosechado.

### 2.3 LA CARGA EN UN SISTEMA PASTORIL

La carga se define como el número de animales que se asigna a una superficie dada, y es reconocida como uno de los principales factores en incidir en la producción por hectárea, y por tanto en la rentabilidad de los sistemas (McMeekan, citado por Macdonald et al., 2008b). Esta variable determina, en primera instancia, la asignación de forraje que tendrá cada animal en pastoreo, y esta última, a su vez, tendrá influencia directa en el consumo de MS (Combellas y Hodgson, 1979).

Mott (1960) define como rango óptimo de carga, aquel que se encuentra apenas por debajo del que permitirá obtener la máxima producción por hectárea. A medida que se incrementa la carga, a no ser que se incorpore suplementación, la performance individual disminuye a causa de una menor selectividad del forraje y a una menor disponibilidad de MS por animal. Sin embargo, se generan incrementos en la producción por hectárea. En concreto, aumentos en la carga dentro de cierto rango implicarían una disminución en la producción por vaca, pero un incremento en la producción por hectárea (Mott 1960, Macdonald et al. 2008b, Baudracco et al. 2010). Esta situación se produciría como consecuencia de una mayor cosecha de forraje por hectárea al aumentarse la dotación (Baudracco et al. 2010, Coffey et al. 2018). Coffey et al. (2018) reportan aumentos en la producción de leche a medida que la carga se incrementa de 1.200 kg a 1.600 kg de peso vivo (PV) por hectárea, registrando valores de 13.186 kg de leche producidos para el primer caso, y 15.942 kg de leche para el segundo.

Los aumentos en la producción por superficie ante aumentos en la carga se dan hasta cierto punto. Si la carga continúa aumentando hasta niveles extremos, llegará un momento en que todo el forraje producido será utilizado para cubrir los requerimientos de mantenimiento de los animales, llegando al momento en que la producción por animal y por hectárea sea nula. De esta forma con cargas excesivamente altas, el forraje será cosechado en forma muy eficiente pero utilizado en forma deficiente ya que gran parte del mismo se destinará a cubrir necesidades de mantenimiento, y conducirá a deterioros en la pastura, asociados al sobrepastoreo. De aquí se desprende el concepto de que es fundamental trabajar con cargas óptimas que permitan mantener una alta productividad animal por superficie y a su vez posibiliten una alta producción de forraje (Carámbula, 1977).

Holmes, citado por Baudracco et al. (2010), describe los efectos de la carga sobre la pastura explicando que, defoliaciones muy intensas y/o frecuentes, resultantes de cargas muy altas, pueden reducir el follaje de la planta al punto de afectar de manera importante la interceptación de la radiación solar y en consecuencia la acumulación de forraje. Por el contrario, defoliaciones muy laxas y/o poco frecuentes asociadas a cargas bajas, generan acumulaciones de forraje indeseables con altas pérdidas por senescencia y la consecuente reducción en la calidad de la pastura.

La carga también tiene efectos sobre la calidad de la pastura. Macdonald et al. (2008b), observaron un menor remanente post-pastoreo bajo condiciones de cargas altas, y por consiguiente pasturas de mayor calidad para el próximo pastoreo. En relación a esto último, los autores profundizan mencionando que al aumentar la carga se registra una disminución en el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), junto con un aumento en la

digestibilidad de la pastura. Estos resultados se complementan con los obtenidos por McCarthy et al. (2016) que indican un aumento en el valor nutritivo de la pastura disponible a medida que se incrementó la carga, registrando superiores valores de PC, y mayor contenido de energía por kg de MS, como consecuencia de la reducción en contenido de fibra y el aumento en la digestibilidad.

Trabajos nacionales muestran que los incrementos en productividad de los sistemas lecheros se basan en aumentos conjuntos de carga, de producción individual y de mejora en la relación VO/VM. Chilibróste (2015) expone que la baja cosecha de pastura que poseen aquellos sistemas con menor productividad se debe a bajos valores de utilización, que estarían asociados al hecho de trabajar con bajas cargas. Según datos de Battezzato (2017), los sistemas lecheros en Uruguay manejan en promedio una carga de 1,10 VM/ha VM. A nivel internacional, países también pastoriles suelen trabajar con cargas superiores, siendo en promedio de 1,5, 2,6, 2,1, y 1,2 vacas/ha para Irlanda, Nueva Zelanda, Australia, y Argentina, respectivamente (Chilibróste y Fariña, 2018).

## 2.4 HOLSTEIN AMERICANO Y NEOZELANDÉS

La raza Holstein es la de mayor importancia en producción de leche en países de clima templado, considerando su aporte a la productividad mundial y el número de individuos que la componen. Si bien está conformada por animales con un origen común, diversos estudios internacionales demuestran diferencias significativas en función de los distintos criterios de selección aplicados y de la ponderación otorgada a diferentes características consideradas dentro de cada objetivo de selección (González y Magofke, s.f.). Uruguay cuenta con distintos biotipos lecheros. Según datos de la encuesta lechera de INALE (2014) el Holstein americano predomina en un 83%, Holstein neozelandés representa un 6%, y el resto se conforma en un 9% por cruza, dividiéndose el 2% restante entre Jersey y Normando. A continuación se describen las principales características de las dos líneas genéticas que se estudiarán en este trabajo.

### 2.4.1 Origen

El Holstein americano es originario de América del Norte. En esta región la producción de leche está destinada fundamentalmente al consumo de leche fluida y predominan sistemas productivos donde los animales se encuentran en condiciones de confinamiento, lo que hace que los mismos estén más adaptados a dietas basadas en el suministro de raciones con altas dosis de concentrado, y donde el énfasis ha sido el progreso genético en volumen de leche (Laborde, 2012). El Holstein neozelandés, en cambio, ha sido seleccionado en un contexto diferente al anterior, donde se apunta a aumentar el rendimiento de sólidos lácteos y mejorar la fertilidad y supervivencia en un sistema de producción pastoril

(Horan et al., 2005). Este biotipo deriva de animales importados de Estados Unidos a Nueva Zelanda antes del año 1925, permaneciendo luego como una población cerrada hasta 1960, donde distintos procesos de selección llevaron al desarrollo del Holstein neozelandés. Previo a 1960 la grasa de la leche fue el componente de mayor valor en la lechería de este país, por lo que inicialmente la selección apuntó a lograr un incremento en esta variable. Posteriormente, en 1980 la proteína aumentó su relevancia al incorporarse en el sistema de pago de la leche, y también en los índices genéticos, cambiando así los objetivos de producción (Macdonald et al., 2008a). Actualmente en Nueva Zelanda, un 95% de la leche se destina a la obtención de productos para la exportación, hecho que tiene consecuencias importantes en los criterios de selección aplicados. Similar a lo que ocurre en Uruguay, las formas de pago privilegian la producción de sólidos, fundamentalmente proteína, aplicando una penalización a volumen de leche producido. La alta competitividad dentro del mercado internacional se basa principalmente en mantener bajos costos de producción, generando al mismo tiempo un producto de calidad. El objetivo de estos sistemas pasa a ser entonces lograr un alto rédito económico por unidad de MS de forraje ingerida, con pastoreo directo y bajo aporte de concentrado (González y Magofke, s.f.).

#### 2.4.2 Peso vivo y tamaño

Diversos estudios coinciden al reportar un mayor PV para Holstein americano respecto a Holstein neozelandés (Harris y Kolver, 2001). Roche et al. (2006), estudiando ambos genotipos reportan diferencias significativas en esta variable, con valores promedio de 568 kg de PV para las primeras, y 502 kg para las segundas. Patton et al. (2008) también presentan valores de PV superior para Holstein americano (596 kg vs. 544 kg). Ahlborn y Dempfle (1992), trabajando con vacas Holstein y Jersey, encontraron una correlación genética moderada y positiva entre la producción de leche y el peso corporal y la estatura de los animales. De esta manera la selección en busca de mayores producciones iría de la mano de la obtención de animales de mayor tamaño. Esto es coherente con trabajos que indican que Holstein americano se ha seleccionado durante años en búsqueda de incrementar el volumen de leche producido, lo que entonces habría conducido a que esta línea se caracterize por tener animales más grandes y más pesados.

#### 2.4.3 Producción de leche y sólidos

La cantidad relativa de componentes de la leche que una célula es capaz de producir está determinada genéticamente, y la cantidad real producida dependerá de la disponibilidad de precursores necesarios para sintetizar cada componente. La lactosa y los minerales no cambian mucho en respuesta a la selección genética o al manejo nutricional, mientras que la concentración de

grasa y proteína en leche puede sufrir grandes cambios ante modificaciones en estos factores (Mayer, s.f.).

La selección de animales en busca de una mayor producción de leche se ha visto acompañada de un aumento en la proporción de genes de Holstein americano en los distintos rodeos de Uruguay. Estos animales pasan a destinar una mayor parte de la energía consumida a la producción de leche y menos a la acumulación de reservas y mantenimiento o mejora de la condición corporal (Dillon et al., 2006). Horan et al. (2005), estudiaron el Holstein neozelandés y Holstein americano bajo tres sistemas de producción: 2,47 vacas/ha y bajo aporte concentrado; 2,47 vacas/ha y alto aporte de concentrado; y 2,74 vacas/ha (carga alta) con bajo aporte de concentrado. Los autores encontraron una mayor producción de leche, grasa, y proteína por lactancia para el Holstein americano en todos los sistemas. Patton et al. (2008), comparando vacas de origen americano y vacas de origen neozelandés, en una dieta con forraje *ad libitum* y suministro diario de concentrado, observaron que las primeras tuvieron un mayor volumen de leche producido por lactancia, con una superioridad del 20% respecto a Holstein neozelandés. El contenido de grasa en leche fue inferior en el genotipo americano (40,2 vs. 43,9 g/kg de leche), en tanto que las concentraciones de proteína fueron similares entre ambos (33,5 y 34,1 g/kg de leche). Los resultados presentados por Macdonald et al. (2008a), coinciden parcialmente con lo anterior, ya que trabajando con Holstein neozelandés representativo de la década del 90, y con Holstein americano, encontraron una superioridad del genotipo neozelandés tanto en el contenido de grasa como de proteína. Harris y Kolver (2001), en una revisión de trabajos menos recientes, presentan resultados similares a los mencionados anteriormente. En este sentido, los autores exponen datos de tratamientos realizados en 1987, 1998, y 1999, en donde Holstein americano presentó siempre porcentajes de grasa inferiores a Holstein neozelandés, y con contenidos de proteína también menores pero con diferencias menos notorias. Así mismo, en todos estos tratamientos se obtuvo una producción de leche en litros superior para el genotipo americano. Cabe destacar que si bien la gran mayoría de los trabajos consultados coinciden con los resultados previamente reportados, estos pueden diferir en función del sistema de alimentación. McCarthy et al. (2007), por ejemplo, si bien encontraron mayores rendimientos en leche para Holstein americano en sistemas de alto suministro de concentrado (1.452 kg concentrado/vaca/año), no encontraron diferencias significativas en el rendimiento en leche cuando los genotipos fueron manejados en situaciones de alta carga y con menor aporte de suplementos. Los autores adjudican estos resultados a la baja capacidad de los genotipos de alta producción de expresar su potencial en sistemas que tienen un limitado suministro de concentrados. De esta manera, es esperable que las diferencias en producción de leche entre los genotipos, sean menores en dietas con alta oferta de pasto, ya que la ingesta estaría limitada por factores físicos de

comportamiento ingestivo, en tanto que en circunstancias con mayor aporte de suplementos, las vacas de mayor potencial lograrían diferenciarse más ya que lograrían un mayor consumo total (Kennedy et al., 2003).

Las diferencias encontradas en producción de leche entre estos genotipos, no sólo estarían asociadas a distintos niveles de ingestión de MS, sino que, como se mencionó inicialmente, también habrían diferencias en la forma de reparto de la energía consumida, y en la capacidad de movilizar y reconstituir reservas corporales (Roca y González, 2012). En concreto, Kay et al. (2009) estudiando Holstein americano y Holstein neozelandés, encontraron diferencias en los niveles hormonales presentes en cada uno. Según los autores, el Holstein americano presenta en lactancia temprana (semana 1 a 10 pos-parto) concentraciones inferiores de la hormona IGF-1 (somatomedina C) respecto a Holstein neozelandés, mientras que la concentración de la hormona del crecimiento o somatotropina (GH) es superior. Esta última favorece la lipólisis e incrementa la neoglucogénesis hepática, procesos que parecerían explicar la mayor pérdida de condición corporal y superior producción de leche para el genotipo americano. En el resto de la lactancia también se observó una superioridad en los niveles de GH para este genotipo, concluyendo la existencia de una relación positiva entre el mérito genético para producción de leche y la concentración de dicha hormona.

#### 2.4.4 Respuesta al concentrado y sustitución

La respuesta a la suplementación de vacas en pastoreo depende de la disponibilidad y calidad de la pastura ofrecida, del potencial genético de las vacas y de la cantidad y tipo de suplemento suministrado (Klein, 2003).

En vacas de alta producción la respuesta a la suplementación será mucho mayor que en vacas de producciones más bajas, debido a un mayor consumo de MS y por lo tanto a una menor tasa de sustitución (Klein, 2003). McCarthy et al. (2007), estudiando Holstein neozelandés y Holstein americano, en sistemas con un suministro de 1.452 kg de concentrado/vaca/año, encontraron que, en concordancia con los objetivos para los cuales han sido seleccionadas, la respuesta al concentrado resultó mayor en el Holstein americano en comparación con el neozelandés, siendo la respuesta promedio de 1,81 kg leche/kg concentrado para las primeras, y de 0,61 kg leche/kg concentrado para las segundas. Estos resultados coinciden con los reportados por Fulkerson et al. (2008), dónde para dos niveles de concentrado (840 y 1.710 kg/vaca/lactancia) los animales de mayor mérito genético para producción de leche, tuvieron una respuesta superior que las de bajo mérito. La reducción en el consumo de pasturas al recibir el suplemento (tasa de sustitución) fue de 0,16 kg y 0,75 kg de pastura por kg de concentrado para el Holstein americano y el Holstein neozelandés, respectivamente. Diversos estudios coinciden al reportar

esta mayor tasa de sustitución para la línea de origen neozelandés (Sheahan et al., 2011). Coincidiendo con lo expuesto por Klein (2003), estas cifras ponen de manifiesto una mayor capacidad de consumo de los animales de alto potencial, ya que al ser suplementados bajarían el consumo de pastura en menor grado (McCarthy et al., 2007).

#### 2.4.5 Consumo de pasto

A parte del ambiente, las características de la pastura, y factores de manejo, la producción de leche en sistemas pastoriles se ve limitada por la habilidad del animal de consumir cantidades suficientes de pasto de buena calidad (Stakelum y Dillon, 2003). El consumo es el factor determinante de la cantidad de nutrientes que ingiere el animal para producción de carne o leche, y explica más del 60% de las variaciones en términos de aporte de nutrientes. Según Galli et al. (1996), la capacidad de un animal en pastoreo para mantener niveles adecuados de consumo depende de su capacidad de modificar el comportamiento ingestivo en respuesta a cambios en la estructura de la pastura. El mismo puede ser determinado como el producto del peso de bocado, la tasa de bocados, y el tiempo de pastoreo.

Estudios recientes han demostrado que una proporción de la variación en el comportamiento de alimentación entre rumiantes se hereda genéticamente (Launchbaugh, citado por McCarthy et al., 2007). Sobre este aspecto, diversos trabajos concluyen que Holstein americano pese a destinar un menor tiempo al pastoreo, logra un mayor consumo total de pasto que Holstein neozelandés. En relación a esto, Sheahan et al. (2011), estudiando ambos genotipos en pasturas con una asignación de más de 45 kg MS/vaca/día, encontraron que el genotipo americano logró un mayor consumo total de pasto tanto a mediados como a finales de la lactancia. En este trabajo el Holstein neozelandés tuvo un peso de bocado inferior, que en parte fue compensado con un mayor tiempo de pastoreo (20 minutos más que el Holstein americano), haciéndose mayores las diferencias en esta variable para ambos genotipos durante las primeras horas de oscuridad. Kennedy et al. (2003), coinciden con estos resultados, pero encuentran superioridad en cuanto a consumo de forraje y consumo total por parte de las líneas de mayor potencial también en lactancia temprana. Laborde et al. (1998) en un experimento evaluando dos líneas de Holstein diferenciadas en función de su peso vivo, encontraron que los animales de la línea más pesada presentaban una menor tasa de bocado, pero mayor peso de bocado que los de la línea más liviana, tanto en lactancia temprana como media. El tiempo de pastoreo fue superior para la línea liviana pero sin llegar a detectar diferencias significativas en esta variable.

Según McCarthy et al. (2007) el mayor consumo que lograría Holstein americano estaría explicado por la correlación existente entre la producción de

leche y el consumo. En este sentido, la selección en busca de mayor producción de leche debería producir animales con una mayor capacidad de ingesta. McCarthy et al. (2007) reportan resultados que coinciden con los anteriores, observando un mayor consumo total para Holstein americano en sistemas con buen suministro de concentrado (3,5 kg MS de concentrado/vaca/día). Sin embargo, no encuentran diferencias significativas en esta variable cuando los animales se manejan sin suplementos en sistemas de alta carga (2,74 vacas/ha), o con altas asignaciones de forraje, lo que suponen estaría asociado al alto grado de adaptabilidad al sistema pastoril del biotipo neozelandés. Los mayores consumos relativos junto a un menor PV elevarían la eficiencia biológica, dado que una mayor proporción de la energía ingerida se destinaría a funciones productivas. Los autores agregan que Holstein neozelandés tendría una mayor capacidad de compensar fluctuaciones adversas en la disponibilidad de forraje, al observar la tendencia del mismo a aumentar el tiempo de pastoreo a medida que se reducía la asignación de forraje. Esto ilustra un mayor impulso de alimentación para este biotipo cuando es manejado con altas cargas, circunstancias en las cuales el Holstein americano se comportó diferente, disminuyendo su tiempo de pastoreo.

## 2.5 HIPÓTESIS DE TRABAJO

El sistema con vacas Holstein neozelandés logrará una mayor producción de sólidos y cosecha de pasto por hectárea.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MARCO DE ESTUDIO

El presente trabajo se llevó a cabo en la Unidad de Lechería del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), La Estanzuela (latitud: S 34° 20m 14s; longitud: W 57° 41m 32s), ubicada sobre la ruta 50 km 11, en el departamento de Colonia, República Oriental del Uruguay. El estudio se extendió desde el 01 de junio de 2017 hasta el 31 de mayo de 2018. Los tratamientos se desarrollaron sobre suelos brunosoles éutricos típicos. Las condiciones meteorológicas durante el período en estudio, junto con el promedio de los diez años previos para INIA La Estanzuela se detallan en el cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Temperatura promedio y precipitación mensual para INIA La Estanzuela durante el período de estudio y promedio de los diez años previos.

Mes	Temperatura promedio (°C)		Precipitación mensual (mm)	
	Período de estudio	Promedio 10 años previos	Período de estudio	Promedio 10 años previos
Junio	12,8	10,8	10	37
Julio	12,4	10,1	95	96
Agosto	13,6	12,2	135	87
Setiembre	14,6	13,6	168	116
Octubre	16,3	16,0	122	136
Noviembre	18,3	19,4	61	101
Diciembre	22,3	22,2	128	103
Enero	23,5	23,6	153	95
Febrero	22,7	22,8	76	151
Marzo	20,1	20,1	168	100
Abril	20,5	17,6	134	94
Mayo	15,3	14,2	138	78

#### 3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Se trabajó con dos grupos de treinta animales cada uno, separados en función de su línea genética, conformando dos tratamientos (sistemas): Holstein de origen neozelandés (HN) y Holstein de origen americano (HA). En el caso de HN, se trató de animales presentes en el rodeo nacional, con más de 75% de genética neozelandesa. Para el caso de HA se trató de un biotipo representativo del rodeo nacional, con alta proporción de genética de origen de Estados Unidos

y Canadá, y de tamaño adulto superior a la línea HN. Los grupos fueron homogéneos en cuanto a número de lactancias y distribución de partos. La condición corporal (Edmonson et al., 1989) promedio al 01 de junio fue de  $2,74 \pm 0,27$  para HN, y de  $2,63 \pm 0,23$  para HA. Otros aspectos relevantes al inicio del estudio se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 2. Datos relevantes al inicio del proyecto para cada sistema.

Sistema	Peso inicial (kg)	DEP PR.	DEP GR.	IEP	Número de lactancia
HA	587,2	3,5	3,0	108,6	1,1
HN	471,7	4,5	6,4	118,0	1,1

Referencias: HA=Holstein americano; HN= Holstein neozelandés; DEP PR.= diferencias esperadas de progenie para proteína; DEP GR.= diferencias esperadas de progenie para grasa; IEP= índice económico de producción.

La estrategia de alimentación de los sistemas consistió en la asignación de pasto en la dieta en función de la tasa de crecimiento, y suplementación con reservas forrajeras para cubrir los déficits del mismo. El concentrado se manejó de forma constante a razón del 33% de la dieta. Para el armado de la misma, se calculó el consumo esperado para cada tratamiento en cada mes de la lactancia según la ecuación del NRC (2001), y asumiendo una producción de 7.500 y 5.500 L/lactancia para HA y HN respectivamente. De esta manera, la suplementación con concentrado varió levemente según el momento de lactancia, y se completó con reservas según la disponibilidad de pasto. El concentrado suministrado fue un balanceado comercial con 3 Mcal de energía metabolizable (EM), y con 19% de PC, que se ofrecía diariamente en la sala de ordeño. Las reservas ofrecidas fueron ensilaje de maíz, y henilaje de pasturas, ambos suministrados con vagón forrajero. En el promedio del período experimental la dieta por vaca por día fue de 9 kg de pasto, 4,8 kg de ensilaje, y 6,3 kg de concentrado para los animales del sistema HN, y de 8,9 kg de pasto, 6,3 kg de ensilaje, y 6,7 kg de concentrado para HA.

El área vaca masa asignada fue de 14,9 ha para HA y 12,2 ha para HN de modo de mantener la misma carga en kg de PV/ha para ambos tratamientos. En total cada sistema contó con diez proteros de pastoreo distribuidos uniformemente para mantener condiciones homogéneas en cuanto a distancia a sala de ordeño y patio de alimentación. El área vaca masa incluye todos los potreros disponibles (pastoreo y reservas), más áreas de descanso, callejones, caminería y pista de alimentación.

Cuadro No. 3. Carga animal expresada en VM/ha VM y en kg PV/ha, y superficie asignada para cada sistema.

	Sistemas	
	HN	HA
Carga animal (VM/ha VM)	2,5	2,0
Carga animal (kg PV/ha)	1.168	1.145
Superficie vaca masa (ha VM)	12,2	14,9

Referencias: HN= Holstein neozelandés; HA= Holstein americano.

### 3.3 MANEJO

#### 3.3.1 Manejo animal

Los animales de cada lote se identificaron claramente y se encontraron siempre separados, tanto en los potreros de pastoreo como en el patio de alimentación, donde recibieron las reservas. Se realizaron dos ordeñes por día, uno en la mañana (04:00 horas) y otro en la tarde (15:00 horas). El tiempo disponible para pastoreo por día fue variable en función del pasto disponible y las condiciones climáticas, pudiendo asignarles: dos turnos de pastoreo; un turno y medio de pastoreo y pasada por pista de alimentación; un turno de pastoreo y un turno de encierro; dos turnos de encierro sin acceso a pasturas (días de lluvia, y momentos del año donde el crecimiento del pasto era bajo y/o bajo stock de pasturas).

Todos los partos se concentraron en los meses de marzo, abril, mayo, y junio. Los animales se apartaron al rodeo de vacas secas aproximadamente sesenta días antes de la fecha estimada de parición, y veinte días antes de la misma se retiraron al rodeo preparto.

#### 3.3.2 Manejo de las pasturas

La rotación forrajera estuvo compuesta por pasturas perennes, verdes de invierno, y maíz que se destinó a la confección de ensilaje de planta entera, con una duración total de la rotación de cinco años (cuadro No. 4).

Cuadro No. 4. Rotación en la cual se enmarcan las pasturas utilizadas durante el trabajo experimental.

Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Alfalfa + dactylis				Avena	Ens. maíz
Festuca					Ens. maíz

Referencias: Ens.= ensilaje

En concreto durante el período experimental, los animales pastorearon praderas mezcla de alfalfa (*Medicago sativa*) y dactylis (*Dactylis glomerata*), y praderas puras de festuca (*Festuca arundinacea*), así como verdeos anuales de raigrás (*Lolium multiflorum*) y avena (*Avena sativa*), distribuidas en los siguientes potreros y con el siguiente orden a lo largo de todo el período (cuadro No. 5):

Cuadro No. 5. Potreros disponibles en cada sistema y el detalle de su composición a lo largo del año.

Potrero	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
1	Raigrás	Maíz	Maíz	Aa + dac 1
2	Festuca 1	Festuca 1	Festuca 1	Festuca 2
3	Aa + dac 2	Aa + dac 2	Aa + dac 2	Aa + dac 3
4	Aa + dac 4	Aa + dac 4	Barbecho	Avena
5	Aa + dac 3	Aa + dac 3	Aa + dac 3	Aa + dac 4
6	Aa + dac 2	Aa + dac 2	Aa + dac 2	Aa + dac 3
7	Festuca 3	Festuca 3	Festuca 3	Festuca 4
8	Avena	Maíz	Maíz	Festuca 1
9	Aa + dac 1	Aa + dac 1	Aa + dac 1	Aa + dac 2
10	Aa + dac 4	Aa + dac 4	Barbecho	Avena

Referencias: Aa= alfalfa; dac= dactylis; 1= primer año; 2= segundo año; 3= tercer año; 4= cuarto año.

Como se muestra en el cuadro anterior, cada sistema tuvo asignada un área destinada a la realización de ensilaje de maíz (en igual proporción) que fue utilizado por el propio sistema en el que fuera producido.



área que permitiera consumir todo el crecimiento diario. En situaciones donde la TC excedía el consumo posible de las vacas, se procedió a cerrar el área sobrante, siendo destinada a la confección de reservas. Se realizó en todas las pasturas el control de remanentes de pastoreo, con un objetivo de 15-20% de área con matas de rechazo y 4-5 cm de altura entre matas (excepto en verano donde podía apuntarse a 7-8 cm en caso de estrés hídrico). En caso de precipitaciones, se procedió a no pastorear cuando las mismas superaron los 50 mm, o se aplicó un pastoreo corto siempre y cuando se tratase de pasturas viejas, con disponibilidades que aseguraran un consumo superior a los 6 kg MS/vaca/día. En casos donde se observó una alta proporción de plantas con tallos verdaderos por encima de los 5 cm (plantas encañadas) o cuando el remanente previo superó los 1.700 kg MS/ha se aplicó un corte pre-pastoreo. También se aplicaron cortes hasta 48 horas luego del pastoreo en aquellos potreros con enmalezamiento.

### 3.4 MEDICIONES

#### 3.4.1 Consumo de concentrado y reservas

Se realizaron mediciones grupales quincenales de MS ofrecida en los comederos de la sala de ordeño, y en caso de haber rechazo este fue contabilizado. Así mismo, se hizo un registro diario de los kg de ensilaje entregados en el comedero, y medición del rechazo si lo hubiera.

#### 3.4.2 Consumo de pasto y stock de materia seca

La cosecha de pasto en cada uno de los sistemas se estimó a partir de mediciones realizadas con el sensor C-dax®, pasturómetro que mide la altura del forraje mediante haces de luz infrarroja a una tasa de 200 mediciones por segundo. Con el mismo se determinó la altura de las pasturas pre-pastoreo (horas antes de que las vacas ingresen a pastorear) y pos-pastoreo (una vez que han salido). Este proceso se hizo para cada uno de los potreros que fueron o serían pastoreados en las horas próximas, de forma individual. Los resultados de dichas mediciones fueron transformados de mm a kg de MS/ha mediante una ecuación que surge de la calibración del sensor (Waller et al., 2018), y se obtuvieron así los disponibles y remanentes expresados en kg de MS/ha por encima de los primeros 5 cm. El stock de MS disponible en cada sistema se midió todos los días lunes recorriendo cada potrero de forma transversal con el sensor C-dax®.

#### 3.4.3 Producción de leche y sólidos

Se midió la producción de leche individual diariamente, de forma automática al momento del ordeño con el sistema electrónico Metatrón P 21

certificado por International Committee for Animal Recording (ICAR). Para determinar la composición de la leche se realizaron mediciones quincenales, donde se tomó una muestra de leche de cada vaca, compuesta en un 50% por la leche del ordeño matutino y en un 50% por leche del ordeño vespertino. El análisis de la leche se realizó en el Laboratorio de Calidad de Leche de INIA La Estanzuela, a través del análisis infrarrojo medio. A partir de estos resultados se calculó la producción de sólidos de cada tratamiento, que se llevó a producción por hectárea.

### 3.5 CÁLCULOS

#### 3.5.1 Producción de leche y sólidos

Para calcular la producción de sólidos por hectárea, los contenidos de grasa y proteína obtenidos de los controles lecheros se promediaron de modo de obtener un único valor mensual para cada tratamiento, el cual fue multiplicado por el total de litros producidos en el mes. En el cálculo del volumen de leche producido por cada sistema no fueron incluidas las producciones de vacas con mastitis. La producción de sólidos de todos los meses se sumó para obtener el valor anual y se dividió entre las hectáreas vaca masa para obtener la producción de sólidos por hectárea y por año. Para hacer el análisis estadístico se evaluaron la producción de leche, grasa, y proteína utilizando los valores de producción diaria de cada sistema (producción grupal). Los contenidos de grasa y proteína son resultantes de promediar los valores obtenidos en los distintos controles lecheros. La eficiencia de conversión también se calculó utilizando valores grupales, es decir, kg de sólidos o litros de leche producidos por el grupo, en relación a los kg de MS consumidos por el grupo. Para evaluar la eficiencia en litros de leche se utilizó el valor de leche corregida por energía (LCE), bajo la siguiente fórmula:

$$\text{LCE} = (\text{producción de leche} * (0,383 * \% \text{grasa} + 0,242 * \% \text{proteína} + 0,7832) / 3,1138).$$

#### 3.5.2 Consumo de pasto

Los valores de cosecha de pasto por hectárea, fueron obtenidos de la diferencia entre el disponible pre-pastoreo por ha y el remanente pos-pastoreo por ha, resultantes de la medición con el C-dax®. Dichos resultados se sumaron luego para obtener el dato de cosecha de pasto en todo el período. En el mes de junio puntualmente, se estimó el consumo de pasto mediante balance nutricional, por no contar con datos del sensor. El porcentaje de utilización se calculó como la proporción de pasto que fue consumida en relación al disponible inicial.

Por último, para contabilizar el tiempo de ocupación de los potreros en pastoreo, se asumió que: 2 turnos de pastoreo = 1 día, 1 turno y  $\frac{1}{2}$  = 0,75 días, 1 turno = 0,5 días, sin pastoreo = 0 días.

### 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para los resultados de cosecha anual de forraje (kg MS/ha VM) y producción anual de sólidos (kg/ha VM) se calcularon los promedios del período. No se realizaron test estadísticos para dichas variables porque no se cuenta con el número de repeticiones para su realización. Al tratarse de un estudio a nivel de sistemas que tendrá una duración total de 3 años, no podrá realizarse el análisis de estas variables hasta culminar el mismo.

Se realizó análisis estadístico para producción de leche, grasa, y proteína evaluadas en forma grupal por hectárea y por día, así como para la eficiencia de conversión de las vacas de cada sistema. También se analizaron estadísticamente los contenidos (%) de grasa y proteína, y los disponibles y remanentes de pastoreo de cada sistema. Los resultados fueron analizados por ANOVA, y las medias diferenciadas por Test de Tukey. El modelo aplicado para todas las variables estudiadas fue:

$Y_{ij} = \mu + GP_i + M_j + (GP*M)_{ij} + \varepsilon_{ij}$ , donde  $Y_{ij}$  es la variable dependiente,  $\mu$  es la media global,  $GP_i$  es el efecto fijo del sistema ( $i = 2$  sistemas, HN o HA),  $M_j$  es el efecto fijo de la fecha ( $j =$  fecha de cada control lechero o fecha de medición de MS),  $(GP*M)_{ij}$  representa la interacción entre el sistema y la fecha de medición, y  $\varepsilon_{ij}$  es el error residual. Las diferencias fueron consideradas significativas cuando  $p < 0,05$ .

#### 4. RESULTADOS

Los resultados de producción de leche y sólidos por hectárea, así como de cosecha de forraje en cada sistema se presentan en el cuadro No. 6. Si bien estas variables no fueron analizadas estadísticamente, el sistema HN presentó una tendencia a obtener una mayor producción total de leche y sólidos por hectárea por año. La cosecha de pasto por pastoreo directo también tendió a ser superior en el sistema HN, con una diferencia de alrededor de 1.730 kg MS/ha VM/año entre ambos sistemas.

Cuadro No. 4. Producción anual de sólidos (grasa y proteína), producción de leche, y consumo por hectárea, de los sistemas Holstein neozelandés y Holstein americano durante el período de estudio.

	Sistemas	
	HN	HA
<u>Producción de leche y composición (kg/ha VM/año)</u>		
Producción de sólidos	1.542	1.319
Producción de proteína	703	590
Producción de grasa	839	729
Producción de leche	18.891	17.550
<u>Cosecha de forraje (kg MS/ha VM/año)</u>		
Pastoreo directo	7.013	5.283
Reservas realizadas (henilaje pasturas)	555	437
Total	7.568	5.720

Referencias: HN= Holstein neozelandés; HA= Holstein americano

En el cuadro No. 7 se presentan los resultados de producción expresados en forma diaria y grupal (es decir, producción del grupo por día por hectárea), con los respectivos resultados del análisis estadístico. La interacción GP\*M no resultó significativa para ninguna de las variables en estudio por lo que no se presenta en este apartado. Las vacas del sistema HN tuvieron una producción significativamente superior de leche, grasa, proteína, y grasa+proteína. El contenido de grasa y proteína en leche promedio también fue superior para el grupo de animales del sistema HN, siendo mayores las diferencias en el componente proteína. Los resultados del análisis estadístico arrojan un efecto significativo de la línea genética utilizada en cada sistema sobre las variables de producción mencionadas, así como de la fecha de medición. La eficiencia de conversión expresada en kg de sólidos producidos por kg de MS consumida resultó significativamente mayor para las vacas del sistema HN, mientras que no hubo diferencias cuando esta se evaluó a través de los litros de leche corregida por energía.

Cuadro No. 5. Producción grupal de las vacas de cada sistema por día y por hectárea (Holstein americano y Holstein neozelandés), contenido de grasa y proteína promedio, y eficiencia de conversión.

	Sistemas		EEM	Significancia	
	HN	HA		GP	M
<u>Producción de leche y composición</u>					
Leche (l/día/ha VM)	50,2	46,3	0,51	*	*
Grasa butirosa (kg/día/ha VM)	2,21	1,89	0,031	*	*
Proteína bruta (kg/día/ha VM)	1,84	1,53	0,023	*	*
Grasa + proteína (kg/día/ha VM)	4,06	3,40	0,051	*	*
Grasa (%)	4,46	4,18	0,025	*	*
Proteína (%)	3,73	3,37	0,007	*	*
<u>Eficiencia de conversión (EC)</u>					
EC LCE	1,25	1,22	0,014	NS	*
EC sólidos	0,093	0,089	0,001	*	*

Referencias: EMM= error estándar de la media; significancia= NS,  $p > 0,05$ ; \*,  $p < 0,05$ ; eficiencia de conversión LCE= litros de leche corregida por energía/kg MS consumida; eficiencia de conversión sólidos= kg de grasa y proteína producida/kg MS consumida; GP= sistema; M= fecha de medición.

El tiempo disponible para pastoreo que tuvo cada sistema a lo largo del período en estudio se expone en la figura No. 2. Considerando una oportunidad de pastoreo total de 365 días (100%), el tiempo de ocupación promedio en el período resultó de 66% para HN y 65% para HA. Los mayores tiempos en pastoreo se lograron en las estaciones de primavera y otoño, registrándose los menores tiempos de ocupación en verano e invierno.

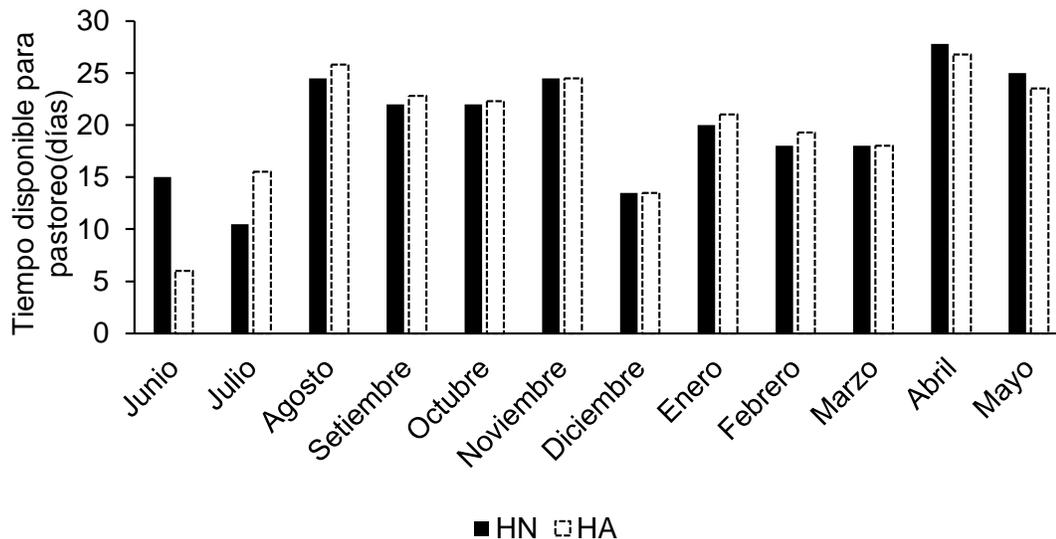


Figura No. 2. Tiempo disponible para pastoreo mensual para cada sistema expresado en días de ocupación de potreros.

El pasto disponible pre-pastoreo y el remanente pos-pastoreo en cada medición, expresado en kg de MS y en cm se presenta en la figura No. 3. El valor promedio de pasto disponible pre-pastoreo y remanente pos-pastoreo fue de  $1.446 \pm 447$  y  $473 \pm 268$  kg de MS/ha para HN, y  $1.465 \pm 452$  y  $578 \pm 265$  kg de MS/ha para el sistema HA, respectivamente. El disponible no resultó significativamente diferente entre ambos sistemas ( $p > 0,0532$  EEM=26,3), en tanto que el remanente fue superior para HA ( $p < 0,0005$ , EEM=19,9). El porcentaje de utilización promedio resultante fue de 67% en el sistema HN y 61% en HA. El disponible promedio expresado en cm desde el ras del suelo fue de 14,0 cm para HN y 14,1 cm para HA, mientras que el remanente promedio fue 7,2 cm para HN y 7,8 cm para HA.

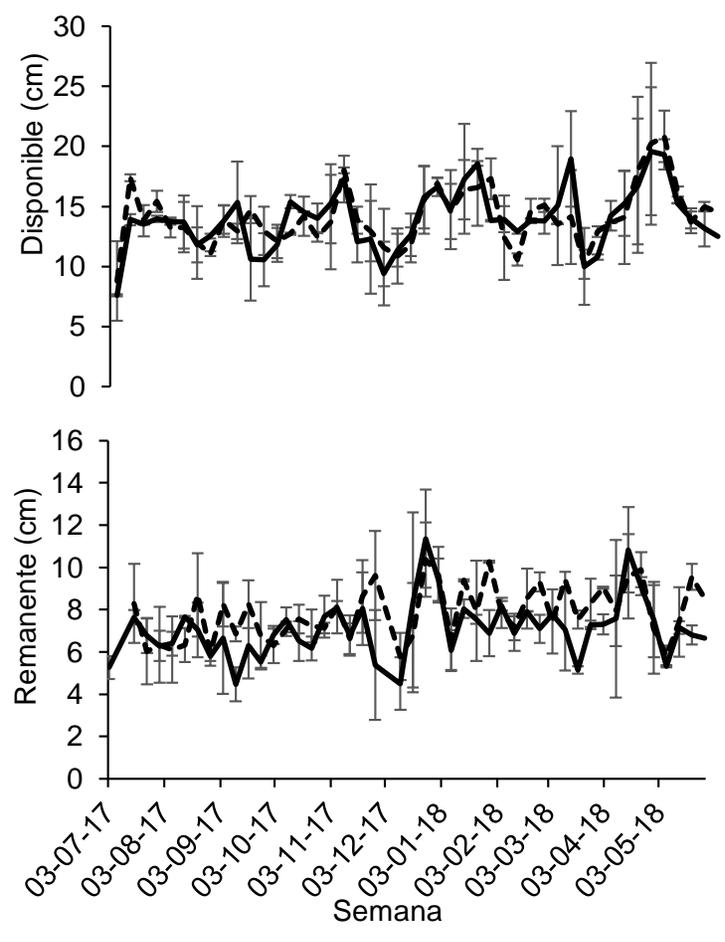
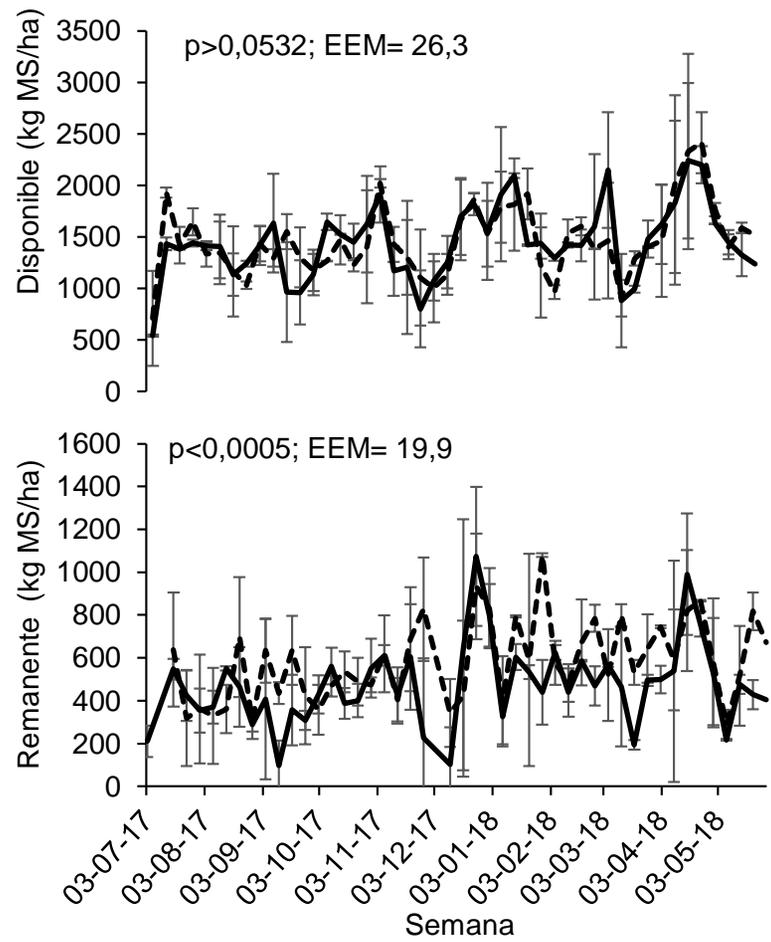


Figura No. 3. Pasto disponible previo al pastoreo y pasto remanente en el sistema HN (línea continua) y HA (línea dicontinua), expresado en kg MS/ha y en cm, a largo del período experimental, con su respectivo desvío estándar.

El promedio mensual del stock de MS disponible en cada sistema y la tasa de crecimiento de las pasturas a lo largo del período experimental se presentan en la figura No. 4. En la misma se observa un stock de MS numéricamente superior para el sistema HA en todos los meses del período experimental.

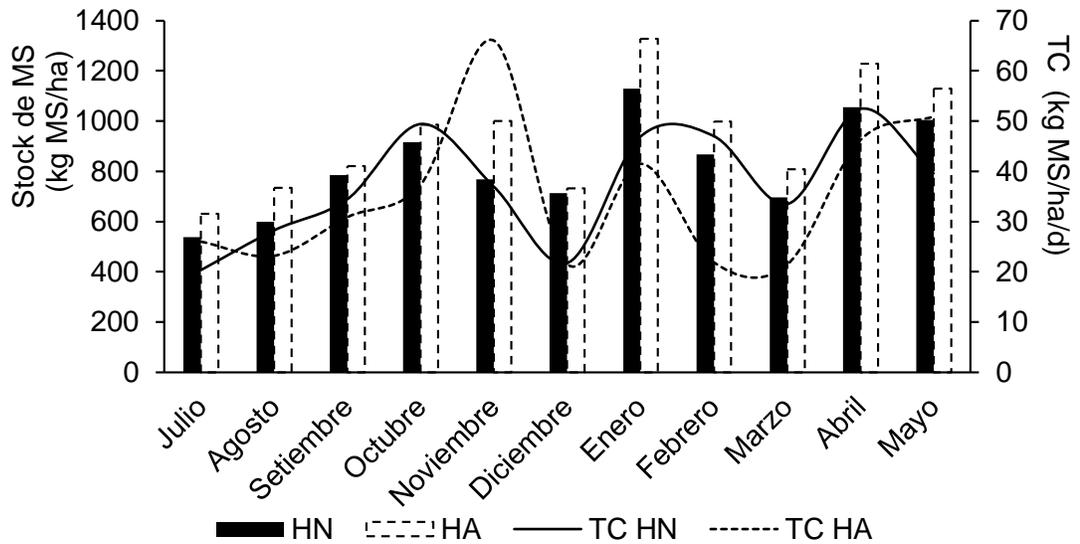


Figura No. 4. Stock de MS promedio mensual disponible en cada sistema y tasa de crecimiento diaria promedio de cada mes a lo largo del período experimental.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 PRODUCCIÓN

#### 5.1.1 Sólidos

En primer lugar se observa que ambos sistemas lograron producciones de sólidos por hectárea muy elevadas (1.542 kg sólidos/ha en HN y 1.319 kg sólidos/ha en HA) si se compara con promedios para sistemas lecheros uruguayos, que rondan los 449 kg sólidos/ha VM/año en el ejercicio 2013-2014 (Artagaveytia, 2014). El principal factor que explica estas diferencias es la carga. En Uruguay la carga promedio se ubica en torno a 1,1 VM/ha, mientras que los sistemas en estudio fueron manejados con cargas elevadas, de 2,0 y 2,5 vacas/ha VM para HA y HN respectivamente. Trabajos presentados por Macdonald et al. (2008b), Baudracco et al. (2010), destacan el impacto de esta variable en la producción, exponiendo que los aumentos en la carga dentro de cierto rango generan un descenso en la producción de sólidos por vaca, pero un incremento en la producción de sólidos por hectárea. Adicionalmente, la concentración de grasa y proteína en leche también explica estos resultados. Según datos de MGAP. DIEA (2017a), el promedio de sólidos para la lechería en Uruguay ronda el 7%, mientras que en este trabajo se registraron valores promedio de sólidos totales superiores, de 8,2% en el sistema HN y 7,5% en el sistema HA.

En cuanto a los sistemas bajo estudio, HN logró una superioridad en la producción de leche y sólidos/ha VM en el acumulado de todo el período, evidenciada a través de significativas diferencias en la producción de sólidos y leche medidos en forma diaria. La diferencia en los kg de sólidos producidos/ha se explica a través de la mayor concentración de proteína (3,73% vs. 3,37%, HN y HA respectivamente) y grasa (4,46% vs. 4,18%, HN y HA respectivamente) en cada litro de leche producido por los animales del sistema HN, sumado a su mayor producción en litros de leche por superficie. Estos resultados están en línea con trabajos presentados por Harris y Kolver (2001), Roche et al. (2006), Macdonald et al. (2008a), Laborde (2012), que estudiando animales de origen neozelandés y americano reportaron mayores porcentajes de grasa y proteína para los primeros. Las diferencias encontradas concuerdan con el distinto énfasis que se ha puesto en las características de selección según el país de origen de estos animales. En este sentido las vacas de origen neozelandés se habrían seleccionado en busca de incrementar la producción de sólidos y la fertilidad, en tanto que en las de origen americano habría predominado el interés por la producción de litros totales (Harris y Kolver, 2001). Como en este trabajo los sistemas son manejados bajo igual carga en términos de kg PV/ha, estos resultados están indicando que los animales del sistema HN presentan una mayor producción de leche y sólidos por kg de PV. De este modo, a partir de los

resultados se pudo estimar la eficiencia de producción por kg de PV, obteniéndose valores de 1,32 kg sólidos/kg PV y 16,2 kg leche/kg PV para HN, y 1,15 kg sólidos/kg de PV y 15,3 kg leche/kg PV para el sistema HA.

### 5.1.2 Eficiencia de conversión

Los nutrientes ingeridos por la vaca lechera se utilizan para distintos procesos biológicos, como la producción de leche, el mantenimiento, el crecimiento corporal, y gestación, y dentro de estos, la producción de leche y el mantenimiento son los que se llevan una mayor proporción de la energía ingerida (Korver, 1988). La eficiencia de conversión (kg sólidos o kg leche/kg MS consumida) es la relación que permite estimar qué proporción de la MS consumida es particionada hacia el producto de interés, en este caso grasa y proteína, o leche (Harris y Kolver, 2001).

Trabajos nacionales permiten comparar los valores de eficiencia de conversión obtenidos en este trabajo con los registrados en algunos sistemas productivos del país. Chilibroste (2015), clasificando los predios lecheros del proyecto de Producción Competitiva de CONAPROLE en aquellos de baja y alta productividad reporta eficiencias de conversión de 0,059 y 0,071 kg sólidos/kg MS, respectivamente. De esta manera los valores obtenidos en este trabajo (0,093 kg sólidos/kg MS consumida para HN y 0,089 kg sólidos/kg MS consumida para HA) serían altos superando incluso a los presentados para los predios de alta productividad.

Por otro lado, cuando la eficiencia de conversión se evaluó a través de la relación de la producción de leche corregida por energía y el consumo de MS, no se registraron diferencias entre ambos sistemas, con valores de 1,25 L LCE/kg MS para HN y 1,22 L LCE/kg MS para HA. En relación a esto último no se encontró bibliografía que reporte valores promedio para Uruguay sobre esta variable, que fueran calculados de la misma manera que en el presente trabajo. Sin embargo, se dispone de valores de referencia obtenidos en condiciones experimentales en otros países pastoriles. El trabajo de Fariña et al. (2011) por ejemplo, en el que se evaluaron vacas Holstein de alta producción (9.000 L/lactancia) y de baja producción (6.000 L/lactancia) bajo cargas de 2,5 vacas/ha, reporta eficiencias de conversión promedio de 1,37 y 1,33 kg LCE/kg MS, respectivamente. Estos valores son superiores a los obtenidos en este trabajo, sugiriendo que hay cierto margen en el que esta variable se puede continuar mejorando.

La superioridad presentada para el sistema HN por sobre el sistema HA cuando se evaluó la eficiencia de conversión a través de kg de sólidos/kg de MS consumida coincide con lo reportado por Harris y Kolver (2001). Dichos autores en una revisión de cinco trabajos previos, presentan resultados que manifiestan

una pequeña superioridad para la línea de origen neozelandés en esta variable. Los resultados presentados también están en línea con lo reportado por Coffey et al. (2018), quienes trabajando con distintos genotipos lecheros, encontraron eficiencias de conversión superiores para los animales de tamaño inferior y con mayor potencial para producción de sólidos (en este caso de la raza Jersey).

Esta mayor eficiencia de conversión de los animales del sistema HN podría asociarse con su tamaño inferior y su origen genético. En relación a esto, VandeHaar et al. (2016) dividen a los componentes principales que afectan la eficiencia de conversión en dos grandes grupos: (1) los que afectan a los requerimientos de mantenimiento y que inciden en la dilución de los mismos (es decir que determinan un aumento en la proporción de energía que se destina a productos), y (2) los que alteran la conversión de energía bruta a energía neta, que incluye principalmente factores asociados la dieta. Como en este caso la dieta no sería una fuente de variación, las diferencias observadas entre los sistemas pueden asociarse con el punto (1).

Por un lado, el hecho de tener animales más pequeños implica que cada uno tenga requerimientos de mantenimiento menores, puesto que los mismos están directamente correlacionados con el PV (NRC, 2001). En este sentido, Spaans et al. (2018) trabajando con vacas Holstein y Jersey, encontraron que estas últimas presentaban una mayor eficiencia en el uso de la energía, requiriendo un 11% menos de energía metabolizable total para producir 1 kg de grasa y proteína a nivel de sistema. Los autores relacionan estos resultados al peso metabólico de los animales, que fue un 14% inferior en las vacas Jersey. De esta manera, la reducción en el peso metabólico se correspondería con una disminución en los requerimientos de energía para mantenimiento y actividad. En línea con esto, Coffey et al. (2018) reportan en su trabajo que las cruza Jersey x Holstein, fueron un 7% más eficientes en la producción de sólidos por kg de PV, respecto a la línea Holstein. Cuando el consumo se expresó por unidad de PV, los autores encuentran una mayor eficiencia de conversión para los animales de menor tamaño, que requieren menos energía para producir 1 kg de sólidos lácteos.

Por otro lado, la obtención de animales con mayor potencial (en este caso para producción de sólidos) a través de años de selección, implica que una mayor proporción de la energía consumida se destine a la obtención de sólidos y menos a otras funciones de mantenimiento o crecimiento. El mayor consumo en relación al peso corporal que presentaron las vacas de origen neozelandés (que se detalla más adelante), también incrementa la eficiencia, dado que es otro factor que permite diluir la proporción de energía que se destina a cubrir los requerimientos de mantenimiento. Diversos estudios plantean este efecto de trabajar con líneas más livianas. Caicedo-Caldas et al. (2001) exponen que a medida que se

incrementa el PV, se incrementa la capacidad de consumo pero en menor medida que lo que aumentan los requerimientos de mantenimiento. De esta manera se sugiere que el PV es una característica a incluir en un índice de selección que tenga como objetivo seleccionar las vacas más eficientes. Prendiville et al. (2010), centrándose en las variables de comportamiento ingestivo, asociaron la mayor eficiencia de conversión con una mayor digestibilidad del alimento en las líneas de menor tamaño. Estos autores plantean que la línea más liviana (Jersey) tuvo un mayor número de masticaciones por unidad de alimento ingerido, y como consecuencia un incremento en la digestibilidad de la fibra. El mayor número de masticaciones favorece la digestibilidad a causa de una disminución en el tamaño de partícula, y genera un ambiente ruminal más favorable para la actividad de los microorganismos que actúan sobre la fibra, por aumentar la llegada de saliva al rumen, la cual posee un efecto buffer sobre el pH ruminal. Los autores mencionan la existencia de una relación positiva entre el número de masticaciones en pastoreo y la producción de sólidos por unidad de MS ingerida.

Por último, como se mencionó previamente, no se encontraron diferencias significativas entre los sistemas en cuanto a eficiencia de conversión de MS a LCE. Este resultado se produce al corregir la leche producida por energía, de modo de estandarizar la eficiencia de conversión en función de la composición de la leche de los distintos genotipos. De esta manera, si bien los animales del sistema HA tuvieron una producción de leche individual superior (26 L/vaca/día vs. 23 L/vaca/día), la leche corregida por energía toma valores de 26,7 L/vaca/día para HA y 25,2 L/vaca/día para HN, reduciéndose las diferencias entre las dos líneas, como consecuencia de la mayor concentración de sólidos que presentaron las vacas del sistema HN. Por otro lado, el consumo de MS total promedio fue levemente superior en las vacas de la línea americana (21,8 kg MS/vaca/día vs. 20,0 kg MS/vaca/día), lo que contribuye a explicar que finalmente no se encontraran diferencias entre los sistemas para esta variable.

## 5.2 COSECHA DE PASTO

### 5.2.1 Cosecha de pasto lograda

En primer lugar, la similitud en el tiempo de ocupación total de cada sistema (66% vs. 65%) es un punto importante para analizar las diferencias entre los mismos, ya que se parte de la base de que ambos tuvieron las mismas oportunidades de pastoreo. En cuanto a las variables relacionadas con el consumo de forraje a nivel de sistema, se observa que se lograron valores de cosecha de pasto elevados en relación a los obtenidos en promedio en los predios lecheros de Uruguay. En este sentido, datos presentados por Battezzore (2017) muestran que la cosecha de forraje por pastoreo directo ronda los 3.500 kg de MS/ha/año, registrándose entonces una superioridad de casi 2 toneladas en el sistema HA, y más de 3 toneladas de MS en el sistema

HN. Respecto a los porcentajes de utilización de forraje reportados, si bien no se dispone de trabajos recientes que permitan comparar estos valores con los promedios obtenidos en Uruguay, un trabajo realizado por Chilibroste en el año 2002, donde participaron cuarenta establecimientos lecheros, determinó que las vacas cosechaban promedialmente el 50% de la MS ofrecida (Rodríguez, 2003). Si se compara con este valor, el porcentaje de utilización obtenido es alto en ambos sistemas (67% para HN y 61% para HA), y es lógico si se considera que en el presente estudio se trabaja con cargas superiores a la promedio en Uruguay.

Fundamentalmente la carga utilizada y el manejo del pastoreo aplicado explican esta cosecha de pasto elevada. El hecho de manejar cargas altas permite un mayor aprovechamiento del pasto de forma directa, logrando altos valores de utilización, por lo que pese a disminuir el consumo de MS individual logra mejorar los valores de cosecha de pasto por hectárea. Esto se asociaría a un pastoreo más intenso, dejando alturas residuales inferiores a las obtenidas en sistemas de baja dotación (Tuñón, 2013). Numerosos trabajos reportan este efecto de la carga sobre el consumo de pasto total (Baudracco et al. 2010, Coffey et al. 2018). En particular McCarthy et al. (2016) asociaron los efectos del incremento de la dotación con una mayor utilización, un mejor valor nutritivo de la pastura, y una mayor acumulación neta de forraje.

El manejo del pastoreo implementado es otro factor determinante de los altos valores de consumo de pasto por hectárea obtenidos. Por un lado, la recorrida semanal permite estimar el stock de pasto en los sistemas y determinar la tasa de crecimiento en cada potrero. Esto constituye una herramienta clave para establecer qué parcelas serán asignadas en el próximo pastoreo, qué superficie tendrá cada una, y con qué velocidad debe darse la rotación, de modo de poder cosechar todo el pasto que crece (Fariña et al., 2017). Implementando estos conceptos como base del manejo, la homogeneidad en las disponibilidades de MS pre-pastoreo registradas entre ambos sistemas (1.446 y 1.465 kg MS para HN y HA respectivamente), refleja en primera instancia, un manejo del pastoreo uniforme. Si bien aquí se mencionan valores promedio, la variabilidad en el disponible previo al pastoreo a lo largo del año es notoria y puede apreciarse en la figura No. 2. De la misma se concluye que las mayores caídas en el disponible pre-pastoreo se dieron a inicios del mes de julio, en diciembre, y durante marzo. Dichas variaciones estarían determinadas por la tasa de crecimiento y se reflejan también en el stock de MS (figura No. 4). De esta manera, la tasa de crecimiento y el stock de pasto total están determinando la asignación de pasto en cada sistema. Esto es particularmente notorio en los momentos de escasez de forraje, donde se observa una correspondencia clara entre el comportamiento de la curva de stock y la curva de disponible pre-pastoreo.

El control de remanentes también es un punto de importancia. Remanentes muy altos indican desperdicios de pasto con la consecuente disminución en la calidad del forraje para el próximo pastoreo, mientras que remanentes muy bajos implican un rebrote más lento por parte de la planta (Fariña et al., 2017). Si bien existen algunas variaciones en función de la especie, en la literatura se mencionan comúnmente valores de 5 cm de altura de remanente, como el indicado para una buena recuperación de la planta luego del pastoreo (Perrachón 2009, Fariña et al. 2017). En este caso, aún en el sistema HN donde los animales realizaron un pastoreo más intenso, se lograron valores acordes con lo sugerido, obteniendo un remanente promedio de 7,2 cm, con un mínimo de 4,5 cm y máximo de 11,4 cm. En este caso los valores inferiores al recomendado (5 cm) se produjeron solamente en dos oportunidades. En el sistema HA los remanentes fueron superiores con un promedio de 7,8 cm, mínimo de 5,8 cm y máximo de 10,4 cm. Si bien es positivo que se obtuvieran valores de remanentes superiores a 5 cm por contribuir con una mejor capacidad de rebrote para la planta, estos resultados indican que aún es posible ajustar más el área de cada parcela, de modo de maximizar el consumo de pasto y mejorar el porcentaje de utilización de la pastura. De todos modos, es importante destacar que los remanentes recomendados por Fariña et al. (2017), no consideran la altura de las matas. De esta manera, es esperable que los valores registrados en el presente estudio sean un poco superiores a los 5 cm recomendados, dado que por la forma en que se realiza la medición (en zig-zag a través de la parcela) las matas pueden quedar incluidas en la misma. Por último, como era esperable, el remanente estuvo asociado con la disponibilidad de pasto pre-pastoreo, de modo que en general, los momentos donde se registran los menores remanentes se corresponden con momentos de menor disponibilidad.

### 5.2.2 Cosecha en HN y HA

El consumo de pasto por vaca promedio fue igual en ambos sistemas (9 kg MS/vaca/día). Teniendo en cuenta el consumo total de MS de ambos genotipos, las vacas HN consumieron mayor cantidad de pasto en relación a su consumo potencial y a su PV, en comparación con la línea HA. De esta manera se registró un menor remanente de MS pos-pastoreo en el sistema HN (HN, 473 kg de MS/ha; HA, 578 kg de MS/ha;  $p < 0,0005$ ), lo que parece sugerir una mayor agresividad del genotipo de menor tamaño frente al pastoreo.

McCarthy et al. (2007) reportan resultados en línea con los aquí presentados, describiendo que para sistemas manejados con una carga alta y suministro de concentrado de 364 kg por vaca por año, los animales de origen neozelandés presentaron un consumo de pasto individual similar a los animales americanos, incluso con una leve superioridad a favor de las primeras (19,2 vs. 19,0 kg MS/vaca/día). El trabajo de Spaans et al. (2018) que compara vacas

Holstein y Jersey manejadas en sistemas de 1.268 y 1.285 kg PV/ha respectivamente, presenta resultados en los cuales al igual que en el presente estudio, los animales de menor tamaño lograron mayores valores de cosecha de pasto por superficie, con una superioridad que ronda los 1.000 kg de MS/ha. Cuando ambas líneas fueron comparadas bajo una carga superior (1.631 kg PV/ha para Jersey y 1.670 kg PV/ha para Holstein) las diferencias se ampliaron, alcanzando una superioridad de 2.000 kg de MS cosechada por hectárea, a favor de los animales Jersey.

Es interesante la mayor capacidad de consumo de pasto por kg de PV que presentaron los animales de la línea Holstein neozelandés. En relación a esto, algunos autores explican similares resultados destacando la habilidad pastoril de esta línea genética. McCarthy et al. (2007) trabajando con distintas líneas Holstein, plantean que los animales de origen neozelandés tendrían una mayor capacidad de compensar fluctuaciones adversas en la disponibilidad de forraje, presentando una tendencia a aumentar el tiempo de pastoreo a medida que se reduce la asignación de pasto. Prendiville et al. (2010) estudiando animales Holstein y Jersey, obtuvieron resultados que reflejan la existencia de diferencias inherentes al pastoreo y la rumia entre vacas con alta y baja capacidad de ingesta de pasto por unidad de PV. En este sentido, al igual que en este trabajo, los autores encontraron que las vacas de menor tamaño (en ese caso de la raza Jersey) presentaron un mayor consumo de pasto por unidad de PV. Al comparar ambos genotipos en su comportamiento ingestivo por vaca no encontraron mayores diferencias entre ambos, sin embargo, al evaluar las variables en base de unidad de PV, las vacas Jersey presentaban una actitud de pastoreo más agresiva. En este caso, los autores asocian la mayor capacidad de consumo por unidad de PV de los animales más pequeños, fundamentalmente con una mayor capacidad ruminal por unidad de PV. Los resultados en relación a este tema son diversos y varían en función del sistema de alimentación evaluado, el peso de los animales, entre otros factores. Si bien Prendiville et al. (2010) no encontraron diferencias en el comportamiento ingestivo por vaca, algunos autores sí destacan el mayor peso de bocado obtenido por Holstein americano y la capacidad parcial de compensación de Holstein neozelandés a través de un mayor tiempo de pastoreo (Sheahan et al., 2011), y/o una mayor tasa de bocado (Laborde et al., 1998). Estos mecanismos de compensación disminuirían las diferencias en el consumo por vaca, y al evaluar la capacidad de consumo por unidad de PV favorecería a las líneas más livianas.

Por último es relevante mencionar un aspecto que podría haber estado incidiendo en el superior consumo de pasto observado para los animales del sistema HN, vinculado a la composición de la dieta suministrada. Los valores porcentuales ocupados por las reservas en el total de la dieta de cada sistema pueden generar cuestionamientos. En detalle se observa un mayor consumo

relativo de reservas (29% vs. 24%) para las vacas del sistema HA, lo que puede llevar a pensar en un posible efecto de sustitución de la pastura, que esté conduciendo a obtener remanentes superiores en este sistema. No obstante, teniendo en cuenta que la sustitución se produce cuando la demanda de pasto es satisfecha por la oferta (Astigarraga, s.f.), es poco probable que en este caso haya sido relevante, puesto que las reservas fueron incluidas en momentos puntuales donde se observó un déficit en la disponibilidad de pasto. Adicionalmente, según Astigarraga (s.f.) la tasa de sustitución aumenta cuando el aporte de concentrado supera el 1% del PV. En este caso los 6,7 kg/vaca/día de concentrado suministrados a las vacas del sistema HA representan un 1,14% de su PV, en tanto que los 6,3 kg/vaca/día de concentrado que recibieron las vacas del sistema HN representan un 1,34% de su PV. Cuando en esta proporción se incluyen las reservas, los suplementos pasan a representar un 2,21% en el PV de las vacas de la línea americana, y un 2,35% del PV en las vacas de la línea neozelandesa. Según la regla anterior, con buenas disponibilidades de pasto, es probable que la tasa de sustitución esté tomando relevancia en ambos sistemas. Sin embargo, los suplementos representan una proporción del PV incluso superior en los animales del sistema HN, lo que conduce a pensar que la tasa de sustitución no sería un factor de mayor relevancia en explicar el menor consumo de pasto en el sistema HA. Adicionalmente, los datos reportados en la bibliografía coinciden al indicar que los animales de mayor potencial de producción normalmente tienden a tener tasas de sustitución inferiores a las producidas en animales de menor potencial (Baudracco et al., 2010). Las vacas de mayor potencial de producción experimentarían un mayor déficit de energía en sistemas pastoriles, lo que conduciría a menores tasas de sustitución y mayor respuesta al suplemento.

## 6. CONCLUSIONES

El sistema HN tendió a lograr una mayor cosecha de pasto por hectárea respecto al sistema HA. Ante disponibles de MS similares, los animales del sistema HN realizaron un pastoreo más agresivo que implicó la obtención de remanentes inferiores. Estos resultados son explicados por un mayor consumo de pasto por kg de PV en los animales de origen neozelandés.

El sistema HN presentó una tendencia a lograr una producción de sólidos por superficie mayor al sistema HA, con una superioridad de alrededor de 223 kg de sólidos por hectárea en el acumulado de todo el período. Estas diferencias se deberían a mayores contenidos de grasa y proteína y a una mayor producción de leche por hectárea a favor de los animales del sistema HN.

La eficiencia de conversión de la MS consumida a leche corregida por energía no tuvo diferencias significativas entre los sistemas estudiados. Cuando la misma fue evaluada en términos de MS consumida convertida en sólidos, esta resultó superior para el sistema HN. Las diferencias encontradas en esta variable se asociarían principalmente al tamaño de los animales y su potencial de producción de sólidos.

Es importante destacar que este trabajo refleja los resultados obtenidos a partir de un estudio de sistemas de un año de duración. Como forma de consolidar los resultados obtenidos sería relevante evaluar el comportamiento de los sistemas bajo años climáticamente distintos. En primera instancia, los sistemas en estudio lograron cosechas de pasto y producción de sólidos elevadas si se la compara con el promedio logrado por los establecimientos lecheros del país, sugiriendo entonces que se puede mejorar en estas variables a través de la selección adecuada de los genotipos, un correcto manejo del pastoreo, e incrementando en cierto rango la carga.

## 7. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Unidad de Lechería de INIA La Estanzuela, ubicada en el departamento de Colonia, Uruguay. El período experimental tuvo una duración de un año, abarcando datos obtenidos desde el 01 de junio de 2017 al 31 de mayo de 2018. Se trabajó con dos grupos de treinta animales, uno compuesto por vacas de la línea Holstein neozelandés (HN), y otro por Holstein americano (HA). El objetivo de este estudio fue evaluar la cosecha de pasto lograda en sistemas que trabajan con cargas superiores a las registradas en el promedio de los predios lecheros del país, y determinar el consumo de pasto y producción de sólidos por hectárea lograda en cada sistema (HN y HA). Los animales presentaron igualdad en número de lactancia y distribución de partos, con una condición corporal inicial promedio de  $2,74 \pm 0,27$  para HN, y de  $2,63 \pm 0,23$  para HA. La alimentación se basó en el consumo de pasto acompañando su tasa de crecimiento, y se complementó con reservas en caso de déficit del mismo, manejando el concentrado de forma constante, a razón del 33 % de la dieta. Se asignaron diez potreros para pastoreo y confección de reservas, para cada sistema. El área vaca masa destinada fue de 12,2 ha para HN y 14,9 para HA de modo de mantener iguales cargas en términos de kg de PV/ha (1.168 y 1.145 kg PV/ha para HN y HA respectivamente). Se midió el disponible de MS pre-pastoreo y el remanente pos-pastoreo con sensor de alta precisión (C-dax®), lo que permitió obtener, por diferencia, el consumo de pasto en cada potrero pastoreado de cada sistema. La producción de leche fue medida en forma diaria y de forma automática al momento del ordeño. Para estimar la producción de sólidos se registró la composición de la leche (% de grasa y proteína) en mediciones quincenales que fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad de Leche de INIA La Estanzuela. La producción de sólidos fue de 1.542 y 1.319 kg/ha VM/año para el sistema HN y HA, respectivamente. Los animales de la línea Holstein neozelandés presentaron superiores contenidos de grasa (4,46 vs. 4,18 %) y proteína (3,73 vs. 3,37 %), habiendo un efecto significativo de la línea genética en estas variables. El consumo de pasto por hectárea en el total del período tendió a ser superior en el sistema HN (7.013 vs. 5.283 kg MS /ha VM/año), con un disponible previo al pastoreo que no tuvo diferencias significativas entre los sistemas ( $p > 0,0532$ , EEM=26,3), pero con un remanente pos-pastoreo significativamente superior en el sistema HA ( $P < 0,0005$ , EEM=19,9). Esto arrojó porcentajes de utilización de 67% en HN y 61 % en HA. Los resultados indican que es posible obtener cosechas de pasto y producciones de sólidos elevadas, y muestran que el uso del Holstein neozelandés iría en línea con estos objetivos.

Palabras clave: Cosecha de pasto; Holstein americano; Holstein neozelandés; Carga; Producción de sólidos.

## 8. SUMMARY

The present study was conducted in Experimental Station of INIA, "La Estanzuela", Colonia, Uruguay. The experimental period lasted one year, covering data obtained from 1<sup>st</sup>. June, 2017 to 31<sup>th</sup>. May, 2018. Thirty animals were allocated in two groups, one of them with New Zealand Holstein cows (HN) and the other with North American Holstein cows (HA). The objective of this study was evaluate the pasture harvest in systems that work with higher stocking rate than those recorded in the average of dairy farms in Uruguay, and determine the grass ingest and milk solids production per hectare achieved in each system (HN and HA). The animals was in equality conditions of lactation number and calving date, with a inital average body condition score of  $2,74 \pm 0,27$  to HN, and  $2,63 \pm 0,23$  to HA. The feeding was based in the intake of grass accompanying its rate growth and was complemented with reserves in case of deficit of grass. The concentrate was supply in a constant way to reason of 33% of the diet. Ten paddocks were assigned for grazing and preparation of reserves for each system. The area assigned was 12,2 hectare to HN and 14,9 hectare to HA, with the objective of maintain the same stocking rate in therms of kg of live weight per hectare (1.168 and 1.145 kg of BW/ha to HN and HA respectively). Pre-grazing mass and post-grazing mass was determinated with high precision sensor, through what was calculated the intake of grass by difference, in each grazed paddock of each system. Milk production was recordered each day and automatically at the time of milking. To estimate the milk solids production, was registred the milk composition (% of fat and protein) in biweekly measurements that was analyzed in the laboratory of quality milk of INIA La Estanzuela. The milk solids production was 1.542 y 1.319 kg per hectare per year to HN and HA, respectively. The animals of the New Zealand origin (HN) had higher contents of fat (4.46 vs. 4.18%) and protein (3.73 vs. 3.37%), with a significant effect of the genetic line on these variables. The grass intake per hectare in all the period tended to be higher in the HN system (7.013 vs. 5.283 kg per hectare per year), pre-grazing mass did not differ between systems ( $P > 0,0532$ , EEM=26,3), and post-grazing mass was heavier in the HA system ( $P < 0,0005$ , EEM=19,9). The pasture utilization was of 67% in HN and 61% in HA. These results suggest that is possible obtain high pasture harvest and high milk solids production, and indicate that the use of New Zealand Holstein cows contribute with this.

Key words: Harvest pasture; North American Holstein; New Zealand Holstein; Stocking rate; Milk solids production.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Ahlborn, G.; Dempfle, L. 1992. Genetic parameters for milk production and body size in New Zealand Holstein-Friesian and Jersey. *Livestock Production Science*. 31(3-4): 205-219.
2. Artagaveytia, J. 2014. Costos y criterios para la planificación. (en línea). In: Charla Costos CONAPROLE 2014 (2014, Florida). Trabajos presentados. Montevideo, CONAPROLE. s.p. Consultado may. 2018. Disponible en
3. Astigarraga, L. s.f. Suplementación para la producción de leche. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p. Consultado 31 oct. 2018. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/PRODUCCION%20LECHE%20RA/TEORICOS/09%20-%20Suplementacion%20para%20la%20produccion%20de%20leche.pdf>
4. Battezzore, G. 2017. Resultados del proyecto de producción competitiva. (en línea). In: Jornada INIA-CREA de Lechería (2017, La Estanzuela). De pasto a leche. Montevideo, INIA. s.p. Consultado 3 abr. 2018. Disponible en
5. Baudracco, J.; Lopez-Villalobos, N.; Holmes, C. W.; Macdonald, K. A. 2010. Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 53(2): 109-133.
6. Caicedo-Caldas, A.; Lemus-Ramírez, V.; Holmes, C. W.; Lopez-Villalobos, N. 2001. Feed intake capacity in Holstein Friesian cows which differed genetically for body weight. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 61: 207-209.
7. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
8. Chilbroste, P.; Soca, P.; Bentancur, O.; Mattiauda, D. 2010. Estudio de la conducta en pastoreo de vacas Holando de alta producción:

síntesis de 10 años de investigación sobre la relación planta animal suplemento en la Facultad de Agronomía. Agrocienca (Uruguay). 14 (supl. 3): 101-106.

9. \_\_\_\_\_. 2015. Carga o productividad individual? ¿Pasto o concentrado?: mitos y realidades en la intensificación de los sistemas de producción de leche en Uruguay. *In*: Jornadas Uruguayas de Buiatría (43<sup>as</sup>, 2015, Paysandú). Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 158-162.
10. \_\_\_\_\_.; Fariña, S. 2018. Lechería uruguaya: el desafío de una intensificación sostenible y competitiva. *In*: Foro INALE (7<sup>o</sup>, 2018, Montevideo). Tendencias y desafíos de la lechería mundial. Montevideo, INALE. 45 diapositivas.
11. Coffey, E.; Delaby, L.; Fleming, C.; Pierce, K.; Horan, B. 2018. Multi-year evaluation of stocking rate and animal genotype on milk production per hectare within intensive pasture-based production systems. *Journal of Dairy Science*. 101(3): 2448–2462.
12. Combellas, J.; Hodgson, J. 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows.1. Effects of variation in herbage mass and daily herbage allowance in a short-term trial. *Grass and Forage Science*. 34: 209-214.
13. CONAPROLE (Cooperativa Nacional de Productores de Leche, UY). 2017. El pasto en el tambo. (en línea). Montevideo. 19 p. (Ficha técnica no. 12). Consultado 13 oct. 2018. Disponible en <http://www.eleche.com.uy/files/el-pasto-en-el-tambo?es>
14. DairyNZ; LIC (Dairy New Zealand, NZ; Livestock Improvement Corporation, NZ). 2012. New Zealand Dairy Statistics 2011-12. (en línea). Hamilton, DairyNZ. 50 p. (Research Report). Consultado 5 may. 2018. Disponible en [https://www.dairynz.co.nz/media/434165/new\\_zealand\\_dairy\\_statistics\\_2011-12.pdf](https://www.dairynz.co.nz/media/434165/new_zealand_dairy_statistics_2011-12.pdf)
15. Dillon, P.; Berry, D.; Evans, R.; Buckley, F.; Horan, B. 2006. Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. *Livestock Science*. 99(2–3): 141-158.
16. Edmonson, A. J.; Lean, I. J.; Weaver, L. D.; Farver, T.; Webster, G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 72(1): 68-78.

17. Fariña, S. R.; García, S. C.; Fulkerson, W. J.; Barchia, I. M. 2011. Pasture-based dairy farm systems increasing milk production through stocking rate or milk yield per cow: pasture and animal responses. *Grass and Forage Science*. 66(3): 316-332.
18. \_\_\_\_\_. 2016. Desafíos futuros para los sistemas de producción de leche de Uruguay. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (44<sup>as</sup>, 2016, Paysandú, UY). Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 65-69.
19. \_\_\_\_\_.; Tuñon, G.; Pla, M.; Martínez, R. 2017. Sistema de pastoreo de La Estanzuela: guía práctica para la implementación de un sistema de pastoreo. Montevideo, INIA. 24 p. (Boletín de Divulgación no.115).
20. Fulkerson, W. J.; Davison, T. M.; Garcia, S. C.; Hough, G.; Goddard, M. E.; Dobos, R.; Blockey, M. 2008. Holstein-Friesian dairy cows under a predominantly grazing system: Interaction between genotype and environment. *Journal of Dairy Science*. 91(2): 826-839.
21. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. (en línea). *Revista Argentina de Producción Animal*. 16 (supl. 2): 1-10. Consultado 3 abr. 2018. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/15-ingestivo\\_y\\_consumo\\_bovinos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/15-ingestivo_y_consumo_bovinos.pdf)
22. González, H.; Magofke, J. s.f. Comportamiento de diferentes líneas de ganado Holstein en sistemas de producción basados en pastoreo. (en línea). Santiago de Chile, Universidad de Chile. 11 p. Consultado abr. 2018. Disponible en [http://www.uchile.cl/documentos/comportamiento-de-diferentes-lineas-de-ganado-holstein-en-sistemas-pastoriles-de-produccion-de-leche\\_58311\\_6.pdf](http://www.uchile.cl/documentos/comportamiento-de-diferentes-lineas-de-ganado-holstein-en-sistemas-pastoriles-de-produccion-de-leche_58311_6.pdf)
23. Hanrahan, L.; Mchugh, N.; Hennessy, T.; Moran, B.; Kearney, R.; Wallace, M.; Shalloo, L. 2018. Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. *Journal of Dairy Science*. 101(6): 5474–5485.
24. Harris, B.; Kolver, E. 2001. Review of Holsteinization of intensive pastoral dairy farming in New Zealand. *Journal of Dairy Science*. 84: 56–61.

25. Horan, B.; Dillon, P.; Faverdin, P.; Delaby, L.; Buckley, F.; Rath M. 2005. The interaction of strain of Holstein-Friesian cows and pasture-based feed systems on milk yield, body weight, and body condition score. *Journal of Dairy Science*. 88(3): 1231–1243.
26. INALE (Instituto Nacional de la Leche, UY). 2014. Encuesta lechera 2014: resultados preliminares. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 8 abr. 2018. Disponible en <http://www.inale.org/innovaportal/file/4086/1/encuesta-lechera-2014--presentacion-resultados-preliminares-foro-a.pdf>
27. \_\_\_\_\_. 2017. Datos del Uruguay lechero. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 5 may. 2018. Disponible en: <http://www.inale.org/innovaportal/v/3204/4/innova.front/uruguay-lechero.html>
28. Kay, J.; Phyn, C.; Roche, J.; Kolver, E. 2009. Extending lactation in pasture-based dairy cows II. Effect of genetic strain and diet on plasma hormone and metabolite concentrations. *Journal of Dairy Science*. 92(8): 3704-3713.
29. Kennedy, J.; Dillon, P.; Delaby, L.; Faverdin, P.; Stakelum, G.; Rath, M. 2003. Effect of genetic merit and concentrate supplementation on grass intake and milk production with Holstein Friesian dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 86(2): 610-621.
30. Klein, F. 2003. Utilización de praderas y nutrición de vacas en pastoreo. (en línea). In: Seminario Hagamos de la Lechería un Mejor Negocio (2003, Remehue). Trabajos presentados. Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. s.p. (Serie Actas no. 24). Consultado 19 ago. 2018. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR30035.pdf>
31. Korver, S. 1988. Genetic aspects of feed intake and feed efficiency in dairy cattle: a review. *Livestock Production Science*. 20(1): 1-13.
32. Laborde, D.; García, J. G.; Holmes, C. W. 1998. Herbage intake, grazing behaviour and feed conversion efficiency of lactating Holstein-Friesian cows that differ genetically for live weight. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 58: 128-131.
33. \_\_\_\_\_. 2012. ¿Qué resultados productivos y reproductivos podemos esperar de distintas estrategias de cruzamiento en ganado lechero? La experiencia en un establecimiento lechero comercial

en Uruguay. In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (40<sup>as.</sup>, 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 43-54.

34. McCarthy, S.; Horan, B.; Rath, M.; Linnane, M.; Connor, P. O.; Dillon, P. 2007. The influence of strain of Holstein-Friesian dairy cow and pasture-based feeding system on grazing behaviour, intake and milk production. *Grass and Forage Science*. 62(1): 13–26.
35. McCarthy, B.; Delaby, L.; Pierce, K.; McCarthy, J.; Fleming, C.; Brennan, A.; Horan, B. 2016. The multi-year cumulative effects of alternative stocking rate and grazing management practices on pasture productivity and utilization efficiency. *Journal of Dairy Science*. 99(5): 3784–3797.
36. Macdonald, K.; Verkerk, A.; Thorrold, B.; Pryce, J.; Penno, W.; McNaughton, L.; Burton, L.; Lancaster, J.; Williamson, J.; Holmes, C. 2008a. A comparison of three strains of Holstein-Friesian grazed on pasture and managed under different feed allowances. *Journal of Dairy Science*. 91(4): 1693–1707.
37. \_\_\_\_\_; Penno, J.; Lancaster, J.; Roche, J. 2008b. Effect of stocking rate on pasture production, milk production, and reproduction of dairy cows in pasture-based systems. *Journal of Dairy Science*. 91(5): 2151–2163.
38. Mayer, A. s.f. Factores que influyen sobre la eficiencia de conversión (alimento en leche) y en la composición de la leche. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 10 p. Consultado 15 set. 2018. Disponible en [http://produccionanimal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/produccion\\_bovina\\_leche/315-factores\\_que\\_influyen.pdf](http://produccionanimal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/315-factores_que_influyen.pdf)
39. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2016. Estadísticas del sector lácteo 2014. Montevideo. 47 p. (Serie Trabajos Especiales no. 332).
40. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2017a. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 214 p.
41. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2017b. Estadísticas de la producción de leche, 2016. Montevideo. 19 p. (Serie Trabajos Especiales no. 347).

42. Mott, G. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8<sup>th</sup>., 1960, Berkshire, England). Proceedings. Oxford, England, Allden. pp. 606-611.
43. NRC (National Research Council, US). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7<sup>th</sup>. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 381 p.
44. Patton, J.; Murphy, J.; Mara, F.; Butler, S. 2008. A comparison of energy balance and metabolic profiles of the New Zealand and North American strains of Holstein Friesian dairy cow. *Journal of Dairy Science*. 2(6): 969–978.
45. \_\_\_\_\_; Pierce, K. M.; Horan, B. 2016. Effect of stocking rate on milk and pasture productivity and supplementary feed use for spring calving pasture fed dairy systems. *Journal of Dairy Science*. 99(7): 5904-5915.
46. Perrachón, J. 2009. Manejo del pasto. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 130: 42-45.
47. Prendiville, R.; Lewis, E.; Pierce, K.M.; Buckley, F. 2010. Comparative grazing behavior of lactating Holstein-Friesian, Jersey, and Jersey × Holstein-Friesian dairy cows and its association with intake capacity and production efficiency. *Journal of Dairy Science*. 93(2): 764–774.
48. Roca, I.; González, A. 2012. Influencia de la raza sobre el rendimiento del ganado vacuno lechero. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado 9 abr. 2018. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/razas\\_lecheras/05-Influencia\\_raza.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/razas_lecheras/05-Influencia_raza.pdf)
49. Roche, J.; Berry, D.; Kolver, E. 2006. Holstein-Friesian strain and feed effects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89(9): 3532–3543.
50. \_\_\_\_\_; Horan, B. 2015. Resilient farming systems surviving volatility. (en línea). *The Journal*. 19(4): 3-7. Consultado 18 may. 2018. Disponible en [https://www.nzipim.co.nz/Folder?Action=View%20File&Folder\\_id=120&File=Journal%20December%202015.pdf](https://www.nzipim.co.nz/Folder?Action=View%20File&Folder_id=120&File=Journal%20December%202015.pdf)

51. Rodríguez, A. 2003. Proyecto de alimentación y reproducción; Buscando la eficiencia en el sistema de producción. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 105: 30-35.
52. Sheahan, A. J.; Kolver, E.; Roche, J. 2011. Genetic strain and diet effects on grazing behavior, pasture intake, and milk production. *Journal of Dairy Science*. 94(7): 3583–3591.
53. Spaans, O. K.; Macdonald, K. A.; Lancaster, J. A. S.; Bryant, A. M.; Roche, J. R. 2018. Dairy cow breed interacts with stocking rate in temperate pasture-based dairy production systems. *Journal of Dairy Science*. 101(5): 4690-4702.
54. Stakelum, G.; Dillon, P. 2003. The effect of concentrate type and sward characteristics on herbage intake, diet composition and grazing behaviour of dairy cows. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 42(1): 55–70.
55. Tuñón, G. 2013. Improving the use of perennial ryegrass swards for dairying in Ireland. Thesis PhD. in Agricultural Science. Palmerston North, New Zealand. Massey University. 228 p.
56. VandeHaar, M. J.; Armentano, L. E.; Weigel, K., Spurlock, D. M.; Tempelman, R. J.; Veerkamp, R. 2016. Harnessing the genetics of the modern dairy cow to continue improvements in feed efficiency. *Journal of Dairy Science*. 99(6): 4941–4954.
57. Waller, A.; Martínez, R.; Stirling, S.; Pla, M.; Lattanzi, F.; Fariña, S. 2018. Sistemas de alta producción con estrategias de alimentación y genotipos animales contrastantes: biomasa pre- y post-pastoreo. In: Congreso Aupa - Asociación Uruguaya de Producción Animal (6°. , 2018, Tacuarembó, UY). Memorias. Montevideo, Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay. p.182.