

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

HOLANDO Y NORMANDO: DESEMPEÑO EN UN SISTEMA DE  
PRODUCCIÓN DE LECHE LIMITANDO USO DE SUPLEMENTOS EN EL  
NORESTE DEL URUGUAY

por

María ANDRÉ CABRERA

TESIS presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título de  
*Magister* en Ciencias Agrarias  
opción Ciencias Animales

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
octubre 2020

Tesis aprobada por el tribunal integrado por el Ing. Agr. (PhD) Santiago Fariña, la Ing. Agr. (Dra.) Mónica Cadenazzi y la Dra. en Cien. Agro. Mónica Piccardi el 27 de octubre 2020. Autora: Ing. Agr. María André. Director Ing. Agr. (PhD) Raúl Ponzoni, co-directoras Ing. Agr. (Dra.) Laura Astigarraga e Ing. Agr. (MSc) Celmira Saravia.

## AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de grado y posgrado.

A mi tutor Raúl y a mis co-tutoras Laura y Celmira, por su contribución a mi formación profesional y su ayuda en la elaboración de este trabajo.

A todos los funcionarios de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt, en especial a Xenia, Daniel, Joaquín, Joselo, Gonzalo y Rafael, por recibirme en todo momento y por ser el primer eslabón en el funcionamiento del tambo.

A Cecilia y Pedro, por recolectar y brindarme los datos.

A los integrantes del GD Mejoramiento Genético Animal en particular, y del Departamento de Producción Animal y Pasturas en general, por su gran compañerismo día a día.

A Oscar Bentancur, Olga Ravagnolo y Fernando Sotelo, por su dedicación y aportes en cada uno de mis Seminarios.

A Luc Delaby, por su aporte y especial interés en esta línea de investigación.

A mi familia y amigos, por su apoyo continuo en el desarrollo de mi carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
RESUMEN .....	VI
SUMMARY .....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 EVOLUCIÓN DE LA GANADERÍA LECHERA EN URUGUAY .....	1
1.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN GANADERÍA LECHERA .....	2
1.3 COMPOSICIÓN RACIAL .....	3
1.4 PASOS A SEGUIR PARA UN ADECUADO USO DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DISPONIBLES .....	3
1.4.1 <u>Descripción del sistema de producción y                 comercialización</u> .....	4
1.4.2 <u>Elección y uso del recurso genético</u> .....	5
1.4.2.1 Breve descripción de ambas razas .....	5
1.4.2.2 Evaluación de las dos razas .....	6
1.5 HIPÓTESIS .....	9
1.6 OBJETIVOS .....	9
1.6.1 <u>Objetivos específicos</u> .....	10
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	11
2.1 REGISTROS .....	12
2.1.1 <u>Edición de la base de datos</u> .....	15
2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	16
2.3 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	18
2.3.1 <u>Estructura del rodeo</u> .....	18
2.3.2 <u>Ingresos del sistema</u> .....	20
2.3.3 <u>Costos variables</u> .....	23
2.3.4 <u>Margen bruto</u> .....	24
3. <u>RESULTADOS</u> .....	25

	página
3.1 PRODUCCIÓN .....	25
3.1.1 <u>Estadísticas descriptivas</u> .....	25
3.1.2 <u>Cálculo del número mínimo de animales necesarios</u> <u>para la comparación de ambas razas</u> .....	26
3.1.3 <u>Medias de mínimos cuadrados y significancia</u> <u>estadística de los efectos ajustados</u> .....	26
3.2 REPRODUCCIÓN .....	32
3.2.1 <u>Estadísticas descriptivas</u> .....	32
3.2.2 <u>Cálculo del número mínimo de animales necesarios</u> <u>para la comparación de ambas razas</u> .....	32
3.2.3 <u>Medias de mínimos cuadrados y significancia</u> <u>estadística de los efectos ajustados</u> .....	33
3.3 MARGEN BRUTO .....	35
4. <u>DISCUSIÓN</u> .....	36
4.1 PRODUCCIÓN .....	36
4.2 REPRODUCCIÓN .....	38
4.3 MARGEN BRUTO .....	39
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	41
6. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	43
7. <u>ANEXOS</u> .....	51
7.1 ESTRUCTURA DEL RODEO SUPUESTO .....	51
7.2 PRECIOS DE GRASA Y PROTEÍNA .....	52
7.3 MARGEN BRUTO .....	53
7.4 COMPARISON OF HOLSTEIN AND NORMANDE IN A SUPPLEMENTS LIMITED PRODUCTION SYSTEM: PRODUCTION TRAITS .....	55
7.5 COMPARISON OF HOLSTEIN AND NORMANDE IN A SUPPLEMENTS LIMITED PRODUCTION SYSTEM: REPRODUCTION TRAITS .....	69

## RESUMEN

La mejora genética mediante selección de la raza Holando por producción de leche ha contribuido a importantes aumentos en este rasgo, generando a su vez un deterioro en las características reproductivas de los animales. Razas doble propósito tienen menor producción de leche pero exhiben una mayor concentración de sólidos y se destacan por su capacidad de adaptación a sistemas productivos con bajos niveles de suplementación. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo y reproductivo de vacas Holando y Normando en un sistema pastoril con limitado uso de suplementos, así como el margen bruto de cada raza en este tipo de sistemas. Se utilizaron datos de 6517 controles lecheros mensuales y 587 lactancias de 233 vacas en producción. Se ajustaron modelos lineales mixtos y modelos lineales generalizados mixtos. Se estimó el margen bruto anual para cada una de las razas través del análisis de los ingresos y costos variables del sistema. Vacas Holando produjeron mayor cantidad de leche, grasa y proteína pero menor porcentaje de grasa y proteína que vacas Normando ( $p < 0,05$ ). La diferencia entre ambas razas no fue significativa para puntaje de células somáticas ( $p = 0,3725$ ), ni para días al parto desde el primer parto de cada estación ( $p = 0,2302$ ). Para edad al primer parto la diferencia entre razas estuvo cerca del clásico nivel de significancia ( $p = 0,0569$ ). Vacas Normando presentaron menor intervalo parto concepción, menor intervalo inter parto y mayor proporción de vacas con dos partos en años consecutivos que vacas Holando ( $p < 0,05$ ). Los márgenes brutos anuales fueron de U\$S 153.830 y U\$S 180.844 para Holando y Normando, respectivamente. Los resultados indican que analizando la producción individual de cada vaca, la raza Holando supera económicamente a la raza Normando debido principalmente a su mayor producción de grasa y proteína. Por el contrario, la evaluación del sistema en su conjunto, combinando los resultados productivos y reproductivos por año, resulta en que la raza Normando surja como más rentable en el sistema de producción imperante en el noreste de Uruguay.

Palabras clave: comparación racial, producción lechera, sistema pastoril

## SUMMARY

Holstein and Normande: performance in a milk production system limiting the use of supplements in northeast Uruguay

Genetic improvement through selection of the Holstein breed for milk production has contributed to significant increases in this trait, generating in turn a deterioration in the reproductive characters of the animals. Dual-purpose breeds have lower milk production but exhibit a higher concentration of solids and are characterized by their ability to adapt to production systems entailing low levels of supplementation. The objective of this work was to evaluate the productive and reproductive performance of Holstein and Normande cows in a grassland system with limited use of supplements, as well as the gross margin of each breed in this type of system. Data from 6517 monthly dairy controls and 587 lactations of 233 cows in production were used. Linear mixed models and generalized linear mixed models were fitted. The annual gross margin was estimated for each of the breeds through the analysis of the system's income and variable costs. Holstein cows produced greater amounts of milk, fat and protein but lower fat and protein percentage than Normande cows ( $p < 0.05$ ). The difference between both breeds was not significant for somatic cell score ( $p = 0.3725$ ) nor for days to calving from the first calving of each season ( $p = 0.2302$ ). For age at first calving the difference between breeds was close to the classic level of significance ( $p = 0.0569$ ). Normande cows had a shorter calving to conception interval, a shorter calving interval and a higher proportion of cows with two calvings in consecutive years than Holstein cows ( $p < 0.05$ ). Annual gross margins were US\$ 153,830 and US\$ 180,844 for Holstein and Normande, respectively. The results indicate that analyzing individual cow production, the Holstein breed economically outperforms the Normande breed mainly due to its greater fat and protein production. By contrast, the evaluation of the system as a whole, combining the productive and reproductive results per year, results in the Normande breed emerging as the most profitable in the prevailing production system in the northeast of Uruguay.

Keywords: breed comparison, dairy production, grassland system

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de leche por vaca se ha incrementado en las últimas décadas debido principalmente a la mejora genética de la raza Holando por selección (Shook, 2006). Dicha selección ha resultado también en otros cambios, como incremento de los requerimientos alimenticios de los animales de alto potencial genético (Mackey et al., 2007), deterioro en características de la ubre, mayor incidencia de mastitis, y disminución de la tasa reproductiva (Woolaston y Shephard 2011, Simm 1998).

Desde la década de 1990, en Uruguay la industria comenzó a otorgar un mayor valor económico a los sólidos de la leche en lugar del fluido, especialmente a la proteína (Ibarra, 1997), resultando en una menor ventaja de Holando frente a otras razas (Weigel y Barlass 2003, Simm 1998).

La producción de leche y sus componentes son caracteres cuantitativos que presentan una variación continua dentro de la población de vacas lecheras. Es altamente influenciada por el ambiente y sujeta a interacción genotipo por ambiente (López-Villalobos, 2012), por lo que, los animales más productivos en un ambiente, no tienen por qué serlo en otro.

El presente trabajo compara el desempeño físico y económico de las razas Holando y Normando en la región noreste de Uruguay, en un sistema de producción con limitado uso de suplementos.

### 1.1 EVOLUCIÓN DE LA GANADERÍA LECHERA EN URUGUAY

Históricamente la producción lechera en Uruguay se localizó en la cuenca sur (Colonia, San José, Florida y Canelones) debido a la cercanía a los principales centros de consumo y a la disponibilidad de suelos fértiles, zona considerada de muy buena a buena aptitud pastoril (DIEA 2019a, DIEA 2017).

En la década de 1990 el uso generalizado de tanques de frío en tambos y camiones cisterna para el transporte de leche quitó importancia a la ubicación geográfica de la producción, permitiéndole expandirse a otras zonas del país (DIEA, 2017). Actualmente la principal zona lechera sigue siendo la cuenca sur, seguida por



el litoral oeste (Soriano, Río Negro, Paysandú y Salto) y una pequeña cuenca en el noreste del país (Cerro Largo, Tacuarembó y Rivera) (DIEA, 2019a). Recientemente ha ocurrido un avance en la instalación de grandes empresas de avanzada tecnología, llamadas “mega tambos”, ubicadas en los departamentos de Durazno, Maldonado y Rocha (DIEA, 2017).

En los últimos años han disminuido la superficie total y el número de tambos, principalmente los predios lecheros de menor tamaño. Actualmente existen 3688 establecimientos especializados en lechería, de los cuales 2662 remiten a la industria. Ocupan un área de 754.000 ha, representando el 4,3% del total de la superficie del país (DIEA, 2019a).

La intensificación del rubro se refleja en diferentes indicadores que se mencionan a continuación. La producción de leche por hectárea aumentó exponencialmente en los últimos 35 años, de 750 L/ha/año a 4000 L/ha/año (INALE, 2014), mientras que el volumen de leche diario por remitente aumentó 8 veces (DIEA, 2019a). El porcentaje de grasa más proteína en leche aumentó linealmente, de 6,75% a 7,15% durante los últimos 20 años (DIEA, 2019a). En el ejercicio 2017/2018 la producción de leche por vaca masa (VM) fue de 5029 L/VM/año (DIEA, 2019a).

## 1.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN GANADERÍA LECHERA

En Uruguay se han caracterizado diferentes sistemas de producción lechera, desde “extensivo”, con muy baja producción de base forrajera y baja capacidad de carga, hasta “planificado”, con alta producción de alimento y mayor capacidad de carga (Durán, 2004). Existe una amplia variabilidad entre predios en cuanto a tamaño y nivel de producción, la superficie promedio es de 210 ha (el 50% de los cuales presenta una superficie menor a 100 ha). En promedio tienen 120 VM (el 50% tiene menos de 70 VM). Producen en promedio 1600 L/d de leche (el 50% produce menos de 700 L/d) (INALE, 2014).

Vacas de alto mérito genético para la producción de leche son más capaces de hacer uso de dietas ricas en concentrado, pero no expresan su potencial cuando el forraje es un componente importante del alimento (Kolver 2003, Kolver et al. 2002).

Por esta razón, no todas las razas podrían adaptarse a los diferentes tipos de sistemas lecheros descritos por Durán (2004).

El presente trabajo se basa en un sistema lechero ubicado en la cuenca noreste de Uruguay, la cual presenta modelos de producción pastoril extensivos a mejorados. Tienen como base el campo natural con introducción de pasturas permanentes y forrajes anuales, y escaso uso de reservas (Vieira, 2007). Las altas temperaturas de verano inciden sobre la base forrajera y los animales, provocando que sufran estrés por calor, ya que se supera el límite crítico de la raza Holando (García y Cristiano, 1993). Temperaturas por encima de 25 °C, junto con humedad relativa de 50% o más, provocan estrés calórico en vacas lecheras (Saravia et al. 2011, Armstrong 1994).

### 1.3 COMPOSICIÓN RACIAL

La composición racial del rodeo lechero uruguayo es: 83% Holando Americano, 6% Holando Neozelandés, 1% Jersey, 1% Normando, y 9% cruza (INALE, 2014). En Francia el porcentaje de la raza Holando es de 66%, ya que otras razas doble propósito como Montbéliarde y Normando también son de importancia (IDELE 2019, Simm 1998). Al igual que en Uruguay, mundialmente el porcentaje de la raza Holando es muy alto, 83% en Australia (Malcolm y Grainger, 2005) y 94% en EEUU (Simm, 1998). Esta predominancia de la raza Holando se debe, por lo menos en parte, a la ventaja que tiene en mérito genético para producción de leche respecto a otras razas (Goddard y Wiggans, 1999).

### 1.4 PASOS A SEGUIR PARA UN ADECUADO USO DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DISPONIBLES

Diferentes autores (Ponzoni 2017, Gama 2002) coinciden al plantear los pasos en el diseño e implementación de un programa de mejoramiento genético: 1) descripción o desarrollo del (o los) sistema(s) de producción y comercialización; 2) elección y uso del (o los) recurso(s) genético(s) (elección de la(s) raza(s), cría en raza pura, cruzamientos); 3) formulación del objetivo de la mejora genética; 4) desarrollo de criterios de selección; 5) diseño del sistema de evaluación genética; 6) selección de animales y del sistema de apareamiento; 7) diseño del sistema de expansión y de

diseminación de los animales; 8) seguimiento del programa y comparación de programas alternativos.

En el presente documento, se llevarán a cabo los pasos 1 y 2, para que sirva como base de futuros trabajos que concluyan el programa de mejoramiento genético.

#### 1.4.1 Descripción del sistema de producción y comercialización

El primer paso involucra la información del ambiente de producción, alimentación, importancia relativa de cada producto, edad y sexo de los animales comercializados, mercado y ambiente social. La identificación del tipo de sistema de producción es fundamental, ya que es posible que un único genotipo no sea el mejor en los diferentes ambientes de producción (Ponzoni, 2017).

En este trabajo se analizará el sistema lechero de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (EEBR), ubicado en la cuenca noreste de Uruguay. Se caracteriza por ser más pequeña y extensiva que la tradicional cuenca sur, presentando menores niveles de desarrollo (Grau 2016, García y Cristiano 1993).

En la encuesta realizada por Álvarez et al. (2019), los productores de la cuenca consideran como principales problemas los altos costos de producción, carencia de capital para invertir y escasa superficie de producción.

El área que ocupa la cuenca es de 35.700 ha, representando el 4,7% de la superficie de los establecimientos lecheros del país. Está compuesta por 114 productores lecheros, que representan el 3,1% del total en el país y producen el 1,0 % del total de leche (DIEA, 2019b).

La producción de leche a nivel nacional aumentó 345% entre los años 1970 y 2011, mientras que en la cuenca noreste el aumento fue de 134% (Grau, 2016).

La productividad de los establecimientos se encuentra muy por debajo de la registrada en la cuenca sur (García y Cristiano, 1993), siendo 531 L/ha/año en Tacuarembó, 497 L/ha/año en Cerro Largo y 1174 L/ha/año en Rivera (DIEA, 2019b). Esta baja productividad se debe, según Uriarte (citado por García y Cristiano, 1993),

a la base forrajera desfavorable y a la baja relación vaca ordeñe sobre vaca masa (VO/VM).

Para determinar el pago al productor, las industrias que compran la leche se basan en la calidad de la materia prima. Se realizan mediciones de contenido de grasa y proteína, conteos microbianos como unidades formadoras de colonias (ufc) y conteos de células somáticas (ccs). Se bonifica la leche de la más alta calidad, que no supere las 300.000 cs/mL ni 50.000 ufc/mL (CONAPROLE, 2019). La industria no recibe leche que supere las 400.000 cs/mL o 100.000 ufc/mL (DIEA, 2019b).

Dentro de la industria, la leche tiene dos destinos: leche fluida (7%) o leche industria (93%) para su transformación en otros productos. Los principales productos lácteos elaborados son leche en polvo, quesos y manteca, en su mayoría exportados (DIEA, 2019a).

#### 1.4.2 Elección y uso del recurso genético

No todas las razas tienen las mismas características ni la habilidad para cumplir diferentes papeles en los diversos sistemas de producción, lograr buenos índices de productividad, y en definitiva, asegurar una aceptable rentabilidad al productor (Ponzoni 2017, Washburn y Mullen 2014). Por esta, razón es necesario tener en cuenta las características y requerimientos de cada una.

##### 1.4.2.1 Breve descripción de ambas razas

La raza Holando es originaria de la región frisosajona (Baja Sajona y Schleswig-Holstein en Alemania, y Frisia en Holanda), una zona de clima templado-húmedo (Ferro et al., 1978). El primer ejemplar registrado en la Asociación Rural del Uruguay (ARU) fue importado en 1889. A partir de 1920 tuvo lugar un gran aumento del número de animales, siendo actualmente la principal raza lechera del país (ARU, 2009b). Se caracteriza por su alta producción de leche y bajo contenido de sólidos (Delaby et al. 2009, Dillon et al. 2003a, Ferro et al. 1978).

La raza Normando es originaria de Normandía, noroeste de Francia. Se introdujo en Uruguay en el año 1906, desarrollándose en varios departamentos (ARU,

2009a). Se considera raza de doble propósito por su producción de carne y leche con alto contenido de sólidos. Se adapta a diferentes tipos de ambiente, presentando estabilidad productiva frente a adversidades climáticas o condiciones limitantes de alimentación (ARU 2009a, Delaby et al. 2009, Dillon et al. 2003a, Ferro et al. 1978).

#### 1.4.2.2 Evaluación de las dos razas

La elección del recurso genético debería basarse en experimentos que permitan comparar las diferentes razas (Ponzoni 2017). El objetivo de cualquier programa de evaluación de razas es comparar animales y seleccionar aquellos que mejor se adaptan a cierto manejo productivo (Kahi et al. 1998, Hill 1974).

Varios estudios indican que vacas Holando producen más kg de leche, grasa, proteína y lactosa, y menor porcentaje de grasa, proteína y lactosa que vacas Normando (Jorge-Smeding 2017, Delaby et al. 2009, Dillon et al. 2003a). El pico de lactancia se encuentra alrededor de la séptima semana en ambas razas (Jorge-Smeding 2017, Dillon et al. 2003a), mientras que la raza Normando presenta mayor persistencia a lo largo de su lactancia respecto a la raza Holando (Dillon et al., 2003a).

Animales de alto mérito genético para producción de leche consumen mayor cantidad de materia seca (MS) por día en comparación con animales de bajo mérito genético (Buckley et al. 2000, Dillon et al. 2003a). Jorge-Smeding (2017) observó un efecto significativo de la raza sobre el consumo de energía metabolizable, siendo 9% mayor para Holando que para Normando. Beranger y Micol (1980), Dillon et al. (2003a) obtuvieron 13% más de consumo en Holando que en Normando. Jorge-Smeding (2017) indica que las razas no presentaron diferencias significativas en cuanto a su peso vivo (569 y 589 kg para Ho y No respectivamente).

Diversos estudios demuestran una disminución en la eficiencia reproductiva debido a la selección por alta producción de leche (Bedere et al. 2016, Walsh et al. 2008, Dillon et al. 2006, Dillon et al. 2003b, Lucy 2001, Pryce y Veerkamp 2001). La correlación genética entre ambas características es desfavorable (Piccardi et al. 2013, Bastin et al. 2011, Veerkamp et al. 2001). Razas de doble propósito se caracterizan por presentar mejor desempeño reproductivo que la raza Holando. Se han detectado

menores intervalos entre el parto y primer servicio, entre parto y concepción, y entre dos partos consecutivos, para vacas Normando respecto a vacas Holando (Barbat et al. 2005, Dillon et al. 2003b).

Un paso fundamental en el diseño de evaluación de razas, es el cálculo del número mínimo de animales necesario para generar resultados confiables, el cual puede ser a partir de animales independientes, o de familias (Ponzoni et al. 2011, Blasco y Sorensen 1991).

El tamaño experimental basándose en animales muestreados al azar se calcula de la siguiente manera (Snedecor y Cochran 1971):

$$n = 2(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 (\sigma/\delta)^2$$

Donde: n: número de animales por raza a partir de animales muestreados al azar;  $Z_{\alpha}$ : desviación normalizada y estandarizada referida a error tipo I (nivel de significancia);  $Z_{\beta}$ : desviación normalizada y estandarizada referida a error tipo II (poder de la prueba);  $\sigma$ : desvío estándar del rasgo;  $\delta$ : magnitud de la diferencia a detectar.

Valores típicos razonables son 5% de nivel de significancia y 80% de poder de la prueba, lo que corresponde a  $(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 = 7,9$  (Snedecor y Cochran, 1971).

De la ecuación que permite calcular n, se desprende que el número mínimo de animales requerido por raza se relaciona positivamente con el desvío estándar del rasgo, y negativamente con la magnitud de la diferencia a detectar.

Cuando se tiene en cuenta la estructura familiar, el tamaño experimental debe ser mayor que para animales independientes. Hill (citado por Ponzoni et al., 2011), relaciona el cálculo de tamaño experimental basado en animales independientes, con el tamaño experimental teniendo en cuenta la estructura familiar:

$$n_f = n[1 + t(k - 1)]$$

Donde:  $n_f$ : número de animales por raza teniendo en cuenta la estructura familiar; n: número de animales por raza a partir de animales muestreados al azar; t:

correlación intra clase entre hermanos; k: número de individuos por familia (cuando k = 1,  $n_f = n$ ).

$$t = rh^2 + c^2$$

Donde: t: correlación intra clase entre hermanos; r: parentesco aditivo entre hermanos (1/2 en hermanos enteros, 1/4 en medio hermanos);  $h^2$ : heredabilidad del rasgo;  $c^2$ : efecto en común a hermanos enteros ( $c^2 = 0$  en medios hermanos).

La heredabilidad del rasgo es función de la correlación intra clase, por lo que el número de animales requerido puede diferir entre rasgos (Ponzoni et al., 2011).

El número mínimo de animales necesarios para la evaluación de ambas razas se puede comparar con el número disponible de animales en la base de datos, y así obtener una interpretación más rigurosa de los resultados obtenidos.

La producción de leche estimada a partir de controles lecheros en diferentes etapas de la lactancia, y en diferentes lactancias, constituyen casos de medidas repetidas, en el que los registros son tomados a través del tiempo en la misma unidad experimental, el animal. El análisis de medidas repetidas permite obtener la correlación entre respuestas del mismo animal a través del tiempo; registros cercanos en el tiempo se encuentran más correlacionados entre sí, que aquellos más alejados (Macciotta et al. 2004, Littell et al. 1998).

El modelo lineal general mixto permite modelar la estructura de (co)varianza entre medidas repetidas (Macciotta et al. 2004, Littell et al. 1998):

$$y = X\beta + Zu + \mathcal{E}$$

Donde: X y Z son las matrices de incidencia conocida para efectos fijos y aleatorios, respectivamente;  $\beta$  y u son vectores de parámetros desconocidos para los efectos fijos y aleatorios, respectivamente;  $\mathcal{E}$  es el error residual. Con:  $u \sim N(0,G)$ ;  $\mathcal{E} \sim N(0,R)$ ;  $y \sim N(X\beta, ZGZ' + R)$ .

G y R son las matrices de dispersión de los efectos aleatorios y residuales, respectivamente. Generalmente son matrices cuadradas, no singulares y positivas, cuyos elementos son conocidos.

Una manera de ajustar el patrón de (co)varianza para medidas repetidas, es suprimir las matrices Z y G, permitiendo que la matriz residual R sea un bloque diagonal con submatrices idénticas  $R_i$  de dimensiones n por n, correspondiendo cada una a un animal, donde n es el número de medidas para cada uno de los animales.

El programa SAS permite analizar diferentes estructuras de (co)varianzas para las submatrices  $R_i$ , y así modelar las (co)varianzas dentro de los animales (Macciotta et al. 2004, Littell et al. 1998). La estructura simetría compuesta (CS) supone una varianza constante ( $\sigma^2$ ) para cada medida, y un valor fijo de covarianza para cada par de medidas en el tiempo.

## 1.5 HIPÓTESIS

- 1) Vacas de la raza Holando producen mayor volumen de leche, kg de grasa y kg de proteína que vacas de la raza Normando.
- 2) Vacas de la raza Normando producen mayor porcentaje de grasa y porcentaje de proteína que vacas de la raza Holando.
- 3) Vacas de la raza Normando presentan mejor comportamiento reproductivo que vacas de la raza Holando.
- 4) Sistemas de producción lechera pastoril con limitado uso de suplementos son más rentables económicamente al utilizar vacas Normando que vacas Holando.

## 1.6 OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo y reproductivo de vacas Holando y Normando en un sistema de producción lechera pastoril con limitado uso de suplementos, así como el margen bruto de sistemas con una u otra raza.



### 1.6.1 Objetivos específicos

- 1) Comparar vacas Holando y Normando en términos de:
  - Producción de leche, grasa y proteína;
  - Porcentaje de grasa y proteína;
  - Puntaje de células somáticas;
  - Edad al primer parto, días al parto, intervalo parto concepción de vacas que conciben, intervalo inter parto y proporción de vacas con dos partos en años consecutivos.
- 2) En base a los resultados obtenidos en el punto 1) arriba descrito, comparar en términos económicos, sistemas de producción con vacas Holando y con vacas Normando.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en la Unidad de Lechería de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt (EEBR) de la Facultad de Agronomía – Universidad de la República, ubicada en el noreste de Uruguay (32°21'S, 54°26'W). La misma tiene como base productiva animales de las razas Holando (Ho) y Normando (No).

La EEBR se encuentra sobre la Unidad de suelos Fraile Muerto, grupos CONEAT 13.32, 8.5 y 3.51, caracterizados por fertilidad alta a baja y vegetación estival (MGAP 2018, RENARE 2018).

La Unidad de Lechería ocupa 193 ha, de las cuales el 75% son praderas permanentes y verdeos anuales (52 y 23%, respectivamente), 22% campo natural y 3% campo natural mejorado. Las praderas permanentes están compuestas principalmente por *Festuca arundinacea* o *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens* y *Medicago sativa* o *Lotus tenuis*, y los verdeos anuales por *Avena sativa* y *Lolium multiflorum* en invierno, y *Sorghum* sp. en verano. Las especies que integran el campo natural, según Do Carmo (2013), son *Axonopus affinis*, *Oxalis* sp., *Cyperus* sp., *Cynodon dactylon*, *Eryngium nudicaule*, *Gaudinia fragilis*, *Chevreulia sarmentosa*, *Stipa setigera*, *Paspalum notatum* y *Coelorhachis selleana*.

La cría y recría se realizan sobre praderas y verdeos durante el primer año, y campo natural en el segundo año. La dieta de las vacas en ordeño (VO) se basa en pasturas sembradas, tanto praderas como verdeos, y afrechillo de arroz durante el ordeño en un promedio anual de 3 kg/d/VO de materia seca (MS). En invierno se suplementa con 4 a 6 kg/d/VO de MS de planta entera de sorgo ensilado. Durante el pre parto, las vacas secas (VS) se encuentran en campo natural, ofreciéndoles 2 kg/d/VS de MS de afrechillo de arroz.

Las vaquillonas son servidas cuando alcanzan un peso vivo (PV) de 320 a 340 kg, lo cual ocurre entre los 2 y 3 años de vida. El período de servicios dura tres meses (15 de junio a 14 de setiembre), de modo de lograr partos concentrados en otoño (15 de marzo a 14 de junio). Las vacas y vaquillonas que no quedan preñadas dentro de ese período, no tienen oportunidad de volver a hacerlo hasta el año siguiente.

## 2.1 REGISTROS

Los datos de producción de leche, conteo de células somáticas, porcentaje de grasa (pG) y porcentaje de proteína (pP), se obtuvieron a partir de los registros de controles lecheros mensuales de la Unidad de Lechería de la EEBR, durante el período 2009 a 2019. En base a diferentes planillas disponibles para ese período, se obtuvieron los datos reproductivos y genealógicos.

Con esta información, se calcularon variables y definieron efectos de importancia para la creación de la base de datos:

Largo de lactancia (LargoLact): diferencia entre la fecha de secado y la fecha de parto.

Días en lactancia (Días): diferencia entre la fecha de control y la fecha de parto.

Vida útil (VidaÚtil): diferencia entre la fecha del último control lechero mensual y la fecha del primer parto.

Número total de lactancias (nTotLact): número de la última lactancia.

Producción de leche por día (Ld): suma de los registros tomados durante el control lechero en la tarde y en la mañana, una vez al mes.

Producción de leche por lactancia (Llact): promedio de producción de leche por día (Ld) en cada lactancia, multiplicado por 305 días.

Producción de leche en vida útil (Lv): producción de leche por lactancia (Llact), multiplicado por el número total de lactancias (nTotLact).

Producción de leche por día de vida útil (Ldv): producción de leche en vida útil (Lv), dividido los días de vida útil (VidaÚtil).

Producción de grasa y proteína por día (kgGd y kgPd): multiplicación de la producción de leche por día (Ld), por el porcentaje de grasa (pG) y de proteína (pP), respectivamente.

Producción de grasa y proteína por lactancia (kgGlact y kgPlact): promedio de producción de grasa (kgGd) y de proteína (kgPd) por día en cada lactancia, multiplicado por 305 días.

Producción de grasa y proteína en vida útil (kgGv y kgPv): producción de grasa (kgGlact) y proteína (kgPlact) por lactancia, multiplicado por el número total de lactancias (nTotLact).

Producción de grasa y proteína por día de vida útil (kgGdv y kgPdv): producción de grasa (kgGv) y proteína (kgPv) en vida útil, dividido los días de vida útil (VidaÚtil).

Producción de grasa más proteína por día (kgGPd): suma de producción de grasa (kgGd) y de proteína (kgPd) por día.

Puntaje de células somáticas (scs): transformación logarítmica del conteo de células somáticas.  $scs = \log_2(ccs/100) + 3$

Edad al primer parto (epp): diferencia entre la fecha del primer parto, y fecha de nacimiento de la vaca.

Días al parto (dp): diferencia entre la fecha de parto, y la primera fecha de parto de la estación de partos correspondiente.

Intervalo parto concepción de vacas que conciben (ipcc): diferencia entre la fecha de concepción y la fecha de parto de la lactancia anterior. Sólo incluye a vacas que conciben en la primera estación de servicios luego del parto.

Intervalo inter parto (iip): diferencia entre la fecha de parto y la fecha de parto de la lactancia anterior.

Proporción de vacas con dos partos en años consecutivos (p2pc): variable binaria. 1: animales que vuelven a parir al año siguiente; 0: animales que no vuelven a parir al año siguiente.

Se contó con registros de 233 vacas en producción (143 Ho y 90 No), las cuales generaron 587 lactancias (361 Ho y 226 No) y 6517 controles lecheros (4555 Ho y 1962 No). Sólo el 45% de las vacas en producción presentó información de padre y

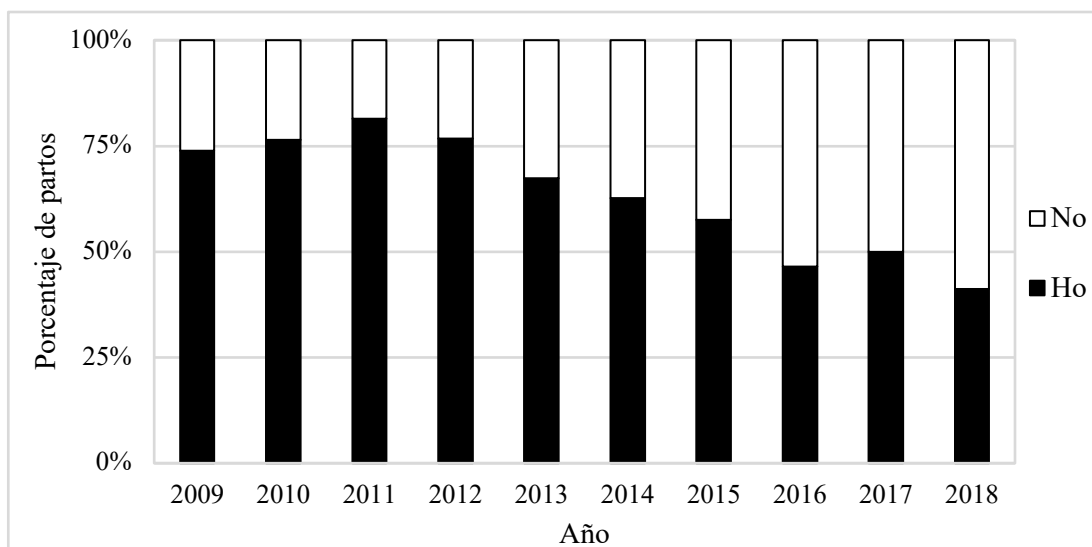
madre. El número total de padres conocidos fue de 43 (28 Ho y 15 No), con un promedio de 2,44 hijas por padre (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de registros genealógicos y su relación con registros productivos

Registro genealógico						
	Ho		No		Total	
no. hembras	285		213		498	
no. machos	114		112		226	
no. total	399		325		724	
Registro productivo - Registro genealógico						
	Ho		No		Total	
	no.	%	no.	%	no.	%
Padre y madre	68	48	37	41	105	45
Sólo madre	10	7	10	11	20	9
Ni madre ni padre	65	45	43	48	108	46
Total	143	100	90	100	233	100
Registro genealógico - Registro productivo						
	Ho		No		Total	
no. de padres	28		15		43	
no. de hijas por padre	2,43		2,47		2,44	
(min - max)	(1 - 9)		(1 - 6)		(1 - 9)	
no. de madres	64		37		101	
no. de hijas por madre	1,20		1,27		1,23	
(min - max)	(1 - 3)		(1 - 3)		(1 - 3)	

En cuanto a composición racial, la relación Ho/No ha disminuido a través de los años (Figura 1), manteniéndose en un porcentaje aproximado de 50% de cada raza desde el año 2016.

Figura 1. Porcentaje de partos según año



#### 2.1.1 Edición de la base de datos

Luego de creada, la base de datos fue editada con la finalidad de eliminar registros que no cumplieran con los requisitos establecidos.

Para las variables productivas se eliminaron lactancias de largo menor a 180 días o edad al primer parto menor a 24 o mayor a 72 meses. Se eliminaron registros de leche, grasa, proteína y puntaje de células somáticas con más de 305 días en lactancia, o menores al percentil 1% o mayores al percentil 99% de su distribución.

Para variables reproductivas se eliminaron registros de: edad al primer parto menor a 24 o mayor a 72 meses, días al parto mayor a 90 días, intervalo parto concepción de vacas que conciben mayor a 180 días, o intervalo inter parto menor al percentil 1% o mayor al percentil 99% de su distribución.

Para variables productivas y reproductivas se eliminaron partos que no fueran de otoño (desde mediados de marzo a mediados de junio).

Con los archivos editados, se calcularon estadísticas descriptivas (media, mínimo, máximo, desvío estándar, coeficiente de variación).

## 2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para cada variable se calculó el número mínimo de animales necesarios, a partir de animales muestreados al azar, para la evaluación de ambas razas (Snedecor y Cochran, 1971). Luego, estos números teóricamente necesarios se compararon con los disponibles en la base de datos, lo que permitió una adecuada interpretación de los análisis.

La distribución de los residuales de cada variable se analizó mediante su asimetría y la prueba de Shapiro-Wilk. Debido a que todas las variables presentaron una distribución que se aparta de la normal, se evaluaron las transformaciones logarítmica, raíz cuadrada, raíz cúbica e inversa.

Se ajustaron modelos lineales mixtos, suponiendo medidas repetidas en el tiempo cuando correspondía, y modelos lineales generalizados mixtos. Los datos fueron analizados con PROC MIXED (tanto para las variables originales como para sus transformaciones) y PROC GENMOD (en el caso de variables binomiales), del paquete Statistical Analysis System (v. 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC). En primera instancia, se ajustaron los modelos que se describen a continuación:

$$y_{ijklmno} = \mu + raza_i + año_j + mes_k + ncontrol_l + nlact_m + (raza \times año)_{ij} + (raza \times mes)_{ik} + (raza \times ncontrol)_{il} + (raza \times nlact)_{im} + A_n(nlact_m) + \mathcal{E}_{ijklmno}$$

Donde:  $y$ : variable de respuesta (producción de leche por día, porcentaje de grasa, porcentaje de proteína, producción de grasa por día, producción de proteína por día, producción de grasa más proteína por día, puntaje de células somáticas);  $\mu$ : media general; raza ( $i = 1$  a  $2$ ); año: año del control ( $j = 1$  a  $11$ ); mes: mes del control ( $k = 1$  a  $12$ ); ncontrol: número del control ( $l = 1$  a  $10$ ); nlact: número de lactancia ( $m = 1$  a  $7$ ); (raza  $\times$  año): interacción entre la raza y el año del control; (raza  $\times$  mes): interacción entre la raza y el mes del control; (raza  $\times$  ncontrol): interacción entre la raza y el número del control; (raza  $\times$  nlact): interacción entre la raza y el número de lactancia, como efectos fijos;  $A(nlact)$ : animal anidado al número de lactancia, como sujeto repetido a través de ncontrol;  $\mathcal{E}$ : efecto residual como efecto aleatorio.

$$y_{ijkl} = \mu + raza_i + nTotLact_j + anio1p_k + \beta(VidaÚtil_{ijkl} - \overline{VidaÚtil}) + \mathcal{E}_{ijkl}$$

Donde: y: variable de respuesta (producción de leche en vida útil, producción de grasa en vida útil, producción de proteína en vida útil);  $\mu$ : media general; raza (i = 1 a 2); nTotLact: número total de lactancias (j = 1 a 7); anio1p: año del primer parto (k = 1 a 10), como efectos fijos;  $\beta$ : coeficiente de regresión de y en VidaÚtil, ajustada como covariable;  $\mathcal{E}$ : efecto residual como efecto aleatorio.

$$y_{ijkl} = \mu + raza_i + nTotLact_j + anio1p_k + \mathcal{E}_{ijkl}$$

Donde: y: variable de respuesta (producción de leche por día de vida útil, producción de grasa por día de vida útil, producción proteína por día de vida útil);  $\mu$ : media general; raza (i = 1 a 2); nTotLact: número total de lactancias (j = 1 a 7); anio1p: año del primer parto (k = 1 a 10), como efectos fijos;  $\mathcal{E}$ : efecto residual como efecto aleatorio.

$$y_{ijklmn} = \mu + raza_i + año_j + mes_k + nlact_l + (raza \times año)_{ij} + (raza \times mes)_{ik} + (raza \times nlact)_{il} + A_m + \mathcal{E}_{ijklmn}$$

Donde: y: variable de respuesta (edad al primer parto, días al parto, intervalo parto concepción de vacas que conciben, intervalo inter parto, proporción de vacas con dos partos en años consecutivos);  $\mu$ : media general; raza (i = 1 a 2); año: año de parto (j = 1 a 10); mes: mes de parto (k = 1 a 4); nlact: número de lactancia (l = 1 a 7), (raza x año): interacción entre la raza y el año de parto; (raza x mes): interacción entre la raza y el mes de parto; (raza x nlact): interacción entre la raza y el número de lactancia, como efectos fijos; A: animal, como sujeto repetido a través de nlact;  $\mathcal{E}$ : efecto residual como efecto aleatorio.

En los casos de variables con medidas repetidas en el tiempo, para modelar las (co)varianzas de las submatrices R dentro de los animales, se utilizó la estructura de Simetría Compuesta (CS).

Se analizó la bondad de ajuste (AIC, BIC) de cada modelo y la significancia estadística de los efectos de manera de elegir el modelo final para cada variable.



La significancia estadística de cada efecto para las variables transformadas no difirió de la de las variables en escala original. Se presentan los resultados de las variables sin transformar, de manera de facilitar la interpretación de los resultados.

Las medias de mínimos cuadrados del efecto raza se compararon mediante la prueba Tukey. Se construyeron curvas dentro y entre lactancias, y dentro y entre años, graficando las medias de mínimos cuadrados de las interacciones (raza x ncontrol), (raza x nlact), (raza x mes) y (raza x año), respectivamente.

## 2.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se estimó el margen bruto anual para cada una de las razas a través del análisis de los ingresos y costos variables del sistema. Se utilizó información económica promedio nacional y resultados productivos del presente trabajo. La metodología utilizada fue una adaptación de casos en estudio revisados previamente (Dairy Australia 2016, Montenegro 2016, Murphy y Simpson 2011, Castignani et al. 2008).

En este trabajo no se midió el consumo de alimento por animal, ni el rendimiento a faena. La bibliografía indica que Holando presenta mayores niveles de consumo que Normando (Jorge-Smeding 2017, Dillon et al. 2003a), así como una menor condición corporal asociada positivamente al rendimiento en producción de carne (Jorge-Smeding 2017, Delaby et al. 2009, Dillon et al. 2003a).

### 2.3.1 Estructura del rodeo

Se supuso un rodeo estabilizado de 100 VM y dos escenarios, uno en el cual ambas razas consumen igual, y otro en el cual Holando consume mayor cantidad de alimento que Normando (ver Anexo 1, Cuadro 10). En este último, para el cálculo del número de VM se supuso un 10% de mayor consumo en Holando (Jorge-Smeding 2017, Dillon et al. 2003a, Beranger y Micol 1980), y por ende, una capacidad del predio de mantener más animales Normando:

$$VMHo = [(VMNo) (100)] / 110$$

Donde: VMHo: número de vacas masa Holando por año; VMNo: número de vacas masa Normando por año.

Para el cálculo de VO por año, se utilizó el intervalo inter parto:

$$VO = [(VM) (365)] / iip$$

Donde: VO: número de vacas en ordeño por año; VM: número de vacas masa por año; iip: intervalo inter parto.

A partir de las VO, se calculó el número de animales en cada una de las categorías:

$$Terneras0a1 = VO / 2; Terneros0a1 = VO / 2$$

Donde: Terneras0a1; Terneros0a1: número de terneras hembras y terneros machos nacidos por año, respectivamente; VO: número de vacas en ordeño por año, suponiendo que 50% de VO paren terneros machos y el otro 50% de VO paren terneras hembras.

$$Vaq1a2 = (Terneras0a1) (0,95)$$

Donde: Vaq1a2: número de vaquillonas de la categoría 1 a 2 años; Terneras0a1: número de terneras hembras nacidas por año; 0,95: proporción de terneras que sobreviven.

$$Vaq2a3 = (Vaq1a2) (0,97)$$

Donde: Vaq2a3: número de vaquillonas de la categoría 2 a 3 años; Vaq1a2: número de vaquillonas de la categoría 1 a 2 años; 0,97: proporción de vaquillonas de la categoría 1 a 2 años que sobreviven.

$VM3a4 = (VO) (0,25)$ ;  $VM4a5 = (VO) (0,23)$ ;  $VM5a6 = (VO) (0,20)$ ;  $VM6a7 = (VO) (0,15)$ ;  $VM7a8 = (VO) (0,10)$ ;  $VM8amás = (VO) (0,07)$

Donde: VO: número de vacas en ordeño por año; 0,25, 0,23, 0,20, 0,15, 0,10, 0,07: proporción de VO en cada una de las categorías (VM3a4, VM4a5, VM5a6, VM6a7, VM7a8, VM8a4más, respectivamente).

### 2.3.2 Ingresos del sistema

Los ingresos principales del sistema están dados por venta de leche (kg de grasa y proteína), terneros machos, vaquillonas excedentes y vacas de descarte.

El ingreso de grasa y de proteína se calculó a partir de los kg producidos por vaca por día, número de vacas en ordeño y precio por kg.

El precio del kg de grasa y proteína utilizado (Cuadro 2) fue el precio promedio entre los años 2012 a 2019 (INALE, 2020) (ver Anexo 2, Cuadro 11), al cual se le aplicó la bonificación correspondiente según el conteo de células somáticas (CONAPROLE, 2019).

$Ingreso\ Grasa\ (US\$) = (VO) (kgGd) (365) (US\$Grasa) (1 + \%bonif)$

$Ingreso\ Proteína\ (US\$) = (VO) (kgPd) (365) (US\$Proteína) (1 + \%bonif)$

Donde: Ingreso Grasa (US\$) e Ingreso Proteína (US\$): ingreso anual por venta de grasa y de proteína, respectivamente; VO: número de vacas en ordeño por año; kgGd y kgPd: producción de grasa y de proteína, respectivamente, por VO por día; US\$Grasa y US\$Proteína: ingreso por kg de grasa y de proteína, respectivamente; %bonif: porcentaje de bonificación según conteo de células somáticas.

El ingreso por venta de terneros machos se calculó en base al peso vivo por animal, número de animales y precio por kg de peso vivo. Se supuso que se venden a los 6 meses de edad.

El número de terneros machos vendidos fue calculado a partir del número de terneros machos nacidos por año y una tasa de mortalidad del 5%.

El precio de los terneros machos (Cuadro 2) se obtuvo a partir del precio promedio del período diciembre 2019 a marzo 2020 (últimos 120 días al 31 de marzo 2020) para el departamento de Cerro Largo, suponiendo que los Normando se comercializan como terneros carniceros (Rural, 2020).

$$\text{Ingreso terneros machos (U\$S)} = (PV) (NTern) (U\$STerneros)$$

Donde: Ingreso terneros machos (U\\$S): ingreso anual por venta de terneros machos; PV: peso vivo por animal (se supuso 130 kg de PV por animal); NTern: número de terneros machos vendidos por año; U\\$STerneros: precio por kg de ternero.

$$NTern = (\text{Terneros0a1}) (0,95)$$

Donde: NTern: número de terneros machos vendidos por año; Terneros0a1: número de terneros machos nacidos por año; 0,95: proporción de terneros que sobreviven.

El ingreso por venta de vaquillonas excedentes se calculó en base al peso vivo por animal, número de animales y precio por kg de peso vivo.

El número vaquillonas excedentes fue calculado a partir del número de vaquillonas disponibles, el número de vaquillonas necesarias para reposición del rodeo y una tasa de mortalidad del 3%.

El precio de las vaquillonas excedentes (Cuadro 2) se obtuvo a partir del precio promedio del período diciembre 2019 a marzo 2020 (últimos 120 días al 31 de marzo 2020) para el departamento de Cerro Largo (Rural, 2020).

$$\text{Ingreso vaquillonas excedentes (U\$S)} = (PV) (NVaq) (U\$SVaq)$$

Donde: Ingreso vaquillonas excedentes (U\\$S): ingreso anual por venta de vaquillonas excedentes; PV: peso vivo por animal (se supuso 300 kg de PV por animal); NVaq: número de vaquillonas excedentes por año; U\\$SVaq: precio por kg de vaquillona excedente.

$$NVaq = [(Vaq2a3) (0,97)] - VM3a4$$

Donde: NVaq: número de vaquillonas excedentes por año; Vaq2a3: número de vaquillonas de la categoría 2 a 3 años; 0,97: proporción de vaquillonas de la categoría 2 a 3 años que sobreviven; VM3a4: número de vacas masa de reposición que entran al rodeo por año (edad 3 a 4 años).

El ingreso por venta de vacas de descarte estuvo compuesto por el peso vivo por animal, número de animales y precio por kg de peso vivo.

El precio de las vacas de descarte (Cuadro 2) se obtuvo a partir del precio promedio del período diciembre 2019 a marzo 2020 (últimos 120 días al 31 de marzo 2020) para el departamento de Cerro Largo, suponiendo que las Normando se comercializan como vaca de internada (Rural, 2020). No se obtuvo información para Holando, pero en base a la relación de precios entre ambas razas en otras categorías, se supuso un precio por kg de PV para Holando del 70% del precio por kg de PV de Normando.

El número de vacas de descarte fue calculado a partir del número de vacas que se reponen como VM por año y una tasa de mortalidad del 3%.

$$\text{Ingreso vacas descarte (U\$S)} = (PV) (NVacasDescarte) (U\$SVacasDescarte)$$

Donde: Ingreso vacas descarte (U\\$S): ingreso anual por venta de vacas de descarte; PV: peso vivo por animal (se supuso 579 kg de PV por animal); NVacasDescarte: número de vacas que se descartan por año; U\\$SVacasDescarte: precio por kg de vaca de descarte.

$$NVacasDescarte = (VM3a4) (0,97)$$

Donde: NVacasDescarte: número de vacas que se descartan por año; VM3a4: número de vacas masa de reposición que entran al rodeo por año (edad 3 a 4 años); 0,97: proporción de vacas adultas que sobreviven.

Cuadro 2. Precio de los ingresos

Fuente de ingreso	Precio (U\$\$/kg)	
	Ho	No
U\$\$Grasa	4,91	4,91
U\$\$Proteína	4,91	4,91
U\$\$Terneros	1,50	2,33
U\$\$Vaq	1,63	1,63
U\$\$VacasDescarte	1,10	1,57

Los ingresos totales del sistema se calcularon a partir de la suma de cada uno de los ingresos principales:

$$\text{Ingresos del sistema (U\$\$)} = \text{Ingreso Grasa (U\$\$)} + \text{Ingreso Proteína (U\$\$)} + \text{Ingreso terneros machos (U\$\$)} + \text{Ingreso vaquillonas excedentes (U\$\$)} + \text{Ingreso vacas descarte (U\$\$)}$$

Donde: Ingresos del sistema (U\$\$): ingresos anuales; Ingreso Grasa (U\$\$): ingreso anual por venta de grasa; Ingreso Proteína (U\$\$): ingreso anual por venta de proteína; Ingreso terneros machos (U\$\$): ingreso anual por venta de terneros machos; Ingreso vaquillonas excedentes (U\$\$): ingreso anual por venta de vaquillonas excedentes; Ingreso vacas descarte (U\$\$): ingreso anual por venta de vacas de descarte.

### 2.3.3 Costos variables

Los principales costos del sistema están dados por la alimentación, sanidad, inseminación, mano de obra y electricidad.

No se calculó el costo de la alimentación, ya que el consumo se tuvo en cuenta para estimar el número de VM que tiene de capacidad el predio. Tampoco se calculó el costo de sanidad, ya que solo se obtuvo información de conteo de células somáticas, y el mismo está incluido en el ingreso por venta de grasa y proteína. Se supuso que el

resto de los costos sanitarios, mano de obra y electricidad fueron iguales para ambas razas.

El costo de inseminación estuvo compuesto por el número de dosis utilizadas y el precio de cada una de las dosis.

El número de dosis utilizadas se calculó a partir del número de servicios por vaca preñada, el número de vacas preñadas y el número de vacas no preñadas, suponiendo que estas últimas tuvieron 3 servicios cada una.

$$\text{Inseminación (U\$S)} = (\text{NDosisTotales}) (\text{U\$SDosis})$$

Donde: Inseminación (U\\$S): costo anual debido a la inseminación; NDosisTotales: número de dosis utilizadas por año; U\\$SDosis: precio de cada una de las dosis (se supuso U\\$S 12 por dosis, sin diferencia entre razas).

$$\text{NDosisTotales} = (\text{nserv}) (\text{VO}) + (3) (\text{VM} - \text{VO})$$

Donde: NDosisTotales: número de dosis utilizadas por año; nserv: número de servicios por vaca preñada (se supuso 1,2 servicios, sin diferencia entre razas); VM: número de vacas masa por año; VO: número de vacas en ordeño por año (vacas preñadas).

$$\text{Costos variables (U\$S)} = \text{Inseminación (U\$S)}$$

Donde: Costos variables (U\\$S): costos variables anuales; Inseminación (U\\$S): costo anual debido a la inseminación.

#### 2.3.4 Margen bruto

El margen bruto anual se calculó a partir de la diferencia entre los ingresos del sistema y los costos variables.

$$\text{Margen bruto (U\$S)} = \text{Ingresos del sistema (U\$S)} - \text{Costos variables (U\$S)}$$

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 PRODUCCIÓN

##### 3.1.1 Estadísticas descriptivas

A continuación, se presentan las estadísticas descriptivas de cada una de las variables productivas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadísticas descriptivas de las variables productivas

Variable	n	Media	Mediana	Min.	Max.	DE	CV (%)
Ld (L/d)	3625	15,3	15,0	5,2	27,8	4,52	30
nTotLact	148	2,5	2,0	1,0	7,0	1,36	54
Lv (L)	148	11295	9923	2262	29405	7082,3	63
Ldv (L/d)	148	11,6	11,3	5,1	27,4	3,46	30
pG (%)	3270	3,77	3,73	1,51	6,13	0,786	21
pP (%)	3268	3,22	3,20	2,47	4,24	0,326	10
kgGd (kg/d)	3175	0,57	0,54	0,16	1,21	0,179	32
kgPd (kg/d)	3187	0,49	0,47	0,19	0,88	0,132	27
kgGv (kg)	148	417,6	366,5	84,9	1232,3	253,17	61
kgPv (kg)	148	362,1	310,8	80,3	908,0	217,72	60
kgGdv (kg/d)	148	0,44	0,42	0,19	1,09	0,139	32
kgPdv (kg/d)	148	0,38	0,37	0,17	0,84	0,112	30
kgGPd (kg/d)	3112	1,05	1,02	0,37	1,96	0,287	27
scs	2988	3,85	4,00	1,00	8,00	1,553	40

DE: desvío estándar; CV: coeficiente de variación; Ld: producción de leche por día; nTotLact: número total de lactancias; Lv: producción de leche en vida útil; Ldv: producción de leche por día de vida útil; pG: porcentaje de gasa; pP: porcentaje de proteína; kgGd: producción de grasa por día; kgPd: producción de proteína por día; kgGv: producción de grasa en vida útil; kgPv: producción de proteína en vida útil; kgGdv: producción de grasa por día de vida útil; kgPdv: producción de proteína por día de vida útil; kgGPd: producción de grasa más proteína por día; scs: puntaje de células somáticas.



### 3.1.2 Cálculo del número mínimo de animales necesarios para la comparación de ambas razas

En el Cuadro 4 se observa el número mínimo de animales necesarios para cada una de las variables productivas, y el número disponible de animales de cada una de las razas.

Cuadro 4. Número mínimo de animales necesarios para las variables productivas

Variable	n teórico <sup>A</sup>	n disponible	
		Ho	No
Ld (L/d)	138	118	65
Lv (L)	621	89	59
Ldv (L/d)	71	89	59
pG (%)	69	118	65
pP (%)	16	118	65
kgGd (kg/d)	156	118	65
kgPd (kg/d)	115	118	65
kgGv (kg)	581	89	59
kgPv (kg)	571	89	59
kgGdv (kg/d)	158	89	59
kgPdv (kg/d)	137	89	59
kgGPd (kg/d)	118	118	65
scs	257	118	65

<sup>A</sup> Suponiendo una magnitud de la diferencia a detectar del 10% de la media; Ld: producción de leche por día; Lv: producción de leche en vida útil; Ldv: producción de leche por día de vida útil; pG: porcentaje de gasa; pP: porcentaje de proteína; kgGd: producción de grasa por día; kgPd: producción de proteína por día; kgGv: producción de grasa en vida útil; kgPv: producción de proteína en vida útil; kgGdv: producción de grasa por día de vida útil; kgPdv: producción de proteína por día de vida útil; kgGPd: producción de grasa más proteína por día; scs: puntaje de células somáticas.

### 3.1.3 Medias de mínimos cuadrados y significancia estadística de los efectos ajustados

Los modelos estadísticos originales fueron los que presentaron mejor ajuste para las variables producción de leche por día, producción de leche en vida útil, producción de leche por día de vida útil, producción de grasa en vida útil, producción de proteína en vida útil, producción de grasa por día de vida útil, producción de proteína por día de vida útil y puntaje de células somáticas. Para el porcentaje de grasa

el mejor modelo fue el que incluyó los efectos raza, año de control, mes de control, número de control y las interacciones entre raza y año de control, y entre raza y número de control. Para las variables porcentaje de proteína, producción de grasa, producción de proteína y producción de grasa más proteína, el modelo de mejor ajuste incluyó los mismos efectos que para porcentaje de grasa, con la adición del número de lactancia.

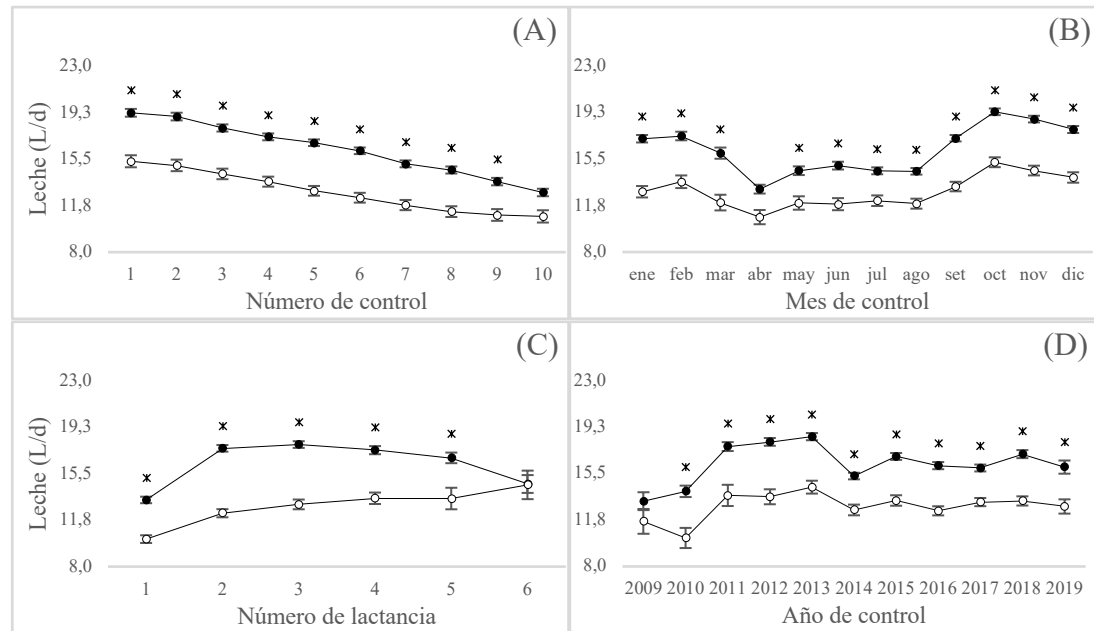
Cuadro 5. Efecto de la raza sobre las variables productivas

Variable	MMC (ee)		EED	Significancia (P ajustada)
	Ho	No		
Ld (L/d)	16,3 (0,18)	12,9 (0,30)	0,350	<0,0001
Lv (L)	18126 (617,0)	15301 (580,0)	326,0	<0,0001
Ldv (L/d)	12,3 (0,57)	9,4 (0,56)	0,503	<0,0001
pG (%)	3,71 (0,030)	4,01 (0,042)	0,050	<0,0001
pP (%)	3,08 (0,021)	3,35 (0,025)	0,020	<0,0001
kgGd (kg/d)	0,60 (0,010)	0,49 (0,012)	0,010	<0,0001
kgPd (kg/d)	0,50 (0,008)	0,40 (0,009)	0,007	<0,0001
kgGv (kg)	711,0 (19,70)	635,0 (18,50)	10,40	<0,0001
kgPv (kg)	580,0 (17,40)	513,0 (16,40)	9,20	<0,0001
kgGdv (kg/d)	0,46 (0,023)	0,37 (0,022)	0,020	<0,0001
kgPdv (kg/d)	0,39 (0,019)	0,32 (0,018)	0,020	<0,0001
kgGPd (kg/d)	1,10 (0,016)	0,89 (0,019)	0,016	<0,0001
scs	4,00 (0,098)	4,17 (0,161)	0,189	0,3725

MMC: media de mínimos cuadrados; ee: error estándar; EED: error estándar de la diferencia; Ld: producción de leche por día; Lv: producción de leche en vida útil; Ldv: producción de leche por día de vida útil; pG: porcentaje de grasa; pP: porcentaje de proteína; kgGd: producción de grasa por día; kgPd: producción de proteína por día; kgGv: producción de grasa en vida útil; kgPv: producción de proteína en vida útil; kgGdv: producción de grasa por día de vida útil; kgPdv: producción de proteína por día de vida útil; kgGPd: producción de grasa más proteína por día; scs: puntaje de células somáticas.

El efecto de raza fue estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) para las variables productivas (Cuadro 5), no así para puntaje de células somáticas ( $p = 0,3725$ ).

Figura 2. Medias de mínimos cuadrados y errores estándar de la producción de leche por día: dentro de la lactancia (A); dentro del año (B); entre lactancias (C); entre años (D)

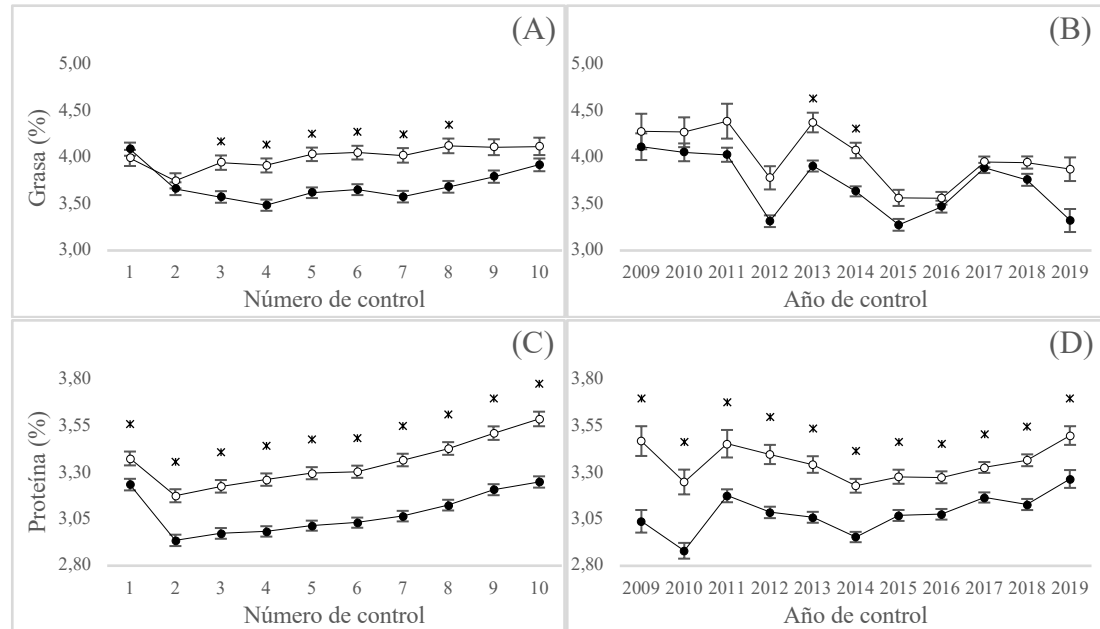


● Ho ○ No \*  $p < 0,05$

Los efectos número de control, número de lactancia, mes de control y año de control fueron estadísticamente significativos para la producción de leche por día, así como sus interacciones con la raza ( $p < 0,05$ ), excepto para la interacción entre raza y número de control ( $p = 0,1744$ ).

Las diferencias entre medias de mínimos cuadrados de ambas razas no fueron significativas en el control número 10 ( $p = 0,1004$ ), el mes de abril ( $p = 0,1257$ ), en la lactancia 6 ( $p = 1,0000$ ), en y en el año 2009 ( $p = 0,9996$ ) (Figura 2A, 2B, 2C y 2D, respectivamente).

Figura 3. Medias de mínimos cuadrados y errores estándar del porcentaje de grasa a lo largo de la lactancia (A) y a través de los años (B); porcentaje de proteína a lo largo de la lactancia (C) y a través de los años (D)

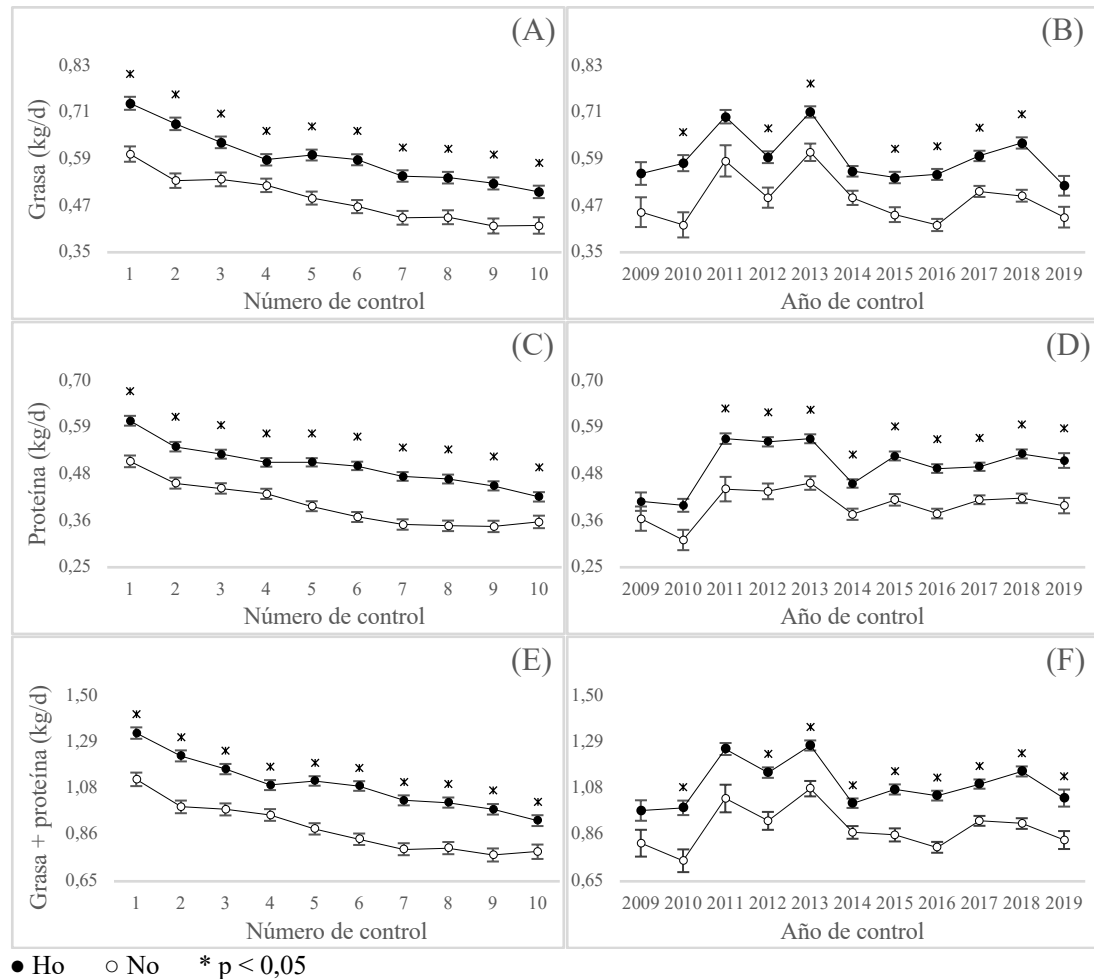


● Ho ○ No \* p < 0,05

Para las variables porcentaje de grasa y porcentaje de proteína los efectos número de control, mes de control y año de control, fueron estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ). El efecto de número de lactancia fue significativo ( $p < 0,05$ ) para la variable porcentaje de proteína, mientras que no se incluyó en el modelo de la variable porcentaje de grasa. La interacción entre raza y año de control fue significativa ( $p < 0,05$ ) para porcentaje de grasa, mientras que para porcentaje de proteína estuvo cerca de serlo ( $p = 0,0708$ ). La interacción entre raza y número de control fue significativa para ambas variables ( $p < 0,05$ ).

A lo largo de la lactancia, las medias de mínimos cuadrados para la variable porcentaje de grasa difirieron significativamente entre ambas razas ( $p < 0,05$ ) durante los controles 3 a 8 (Figura 3A). A través de los años, las diferencias fueron significativas en 2013 y 2014 (Figura 3B). Para la variable porcentaje de proteína, las diferencias entre medias de mínimos cuadrados de ambas razas fueron estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) durante toda la lactancia y todos los años (Figura 3C y 3D, respectivamente).

Figura 4. Medias de mínimos cuadrados y errores estándar de la producción de grasa a lo largo de la lactancia (A) y a través de los años (B); producción de proteína a lo largo de la lactancia (C) y a través de los años (D); producción de grasa más proteína a lo largo de la lactancia (E) y a través de los años (F)

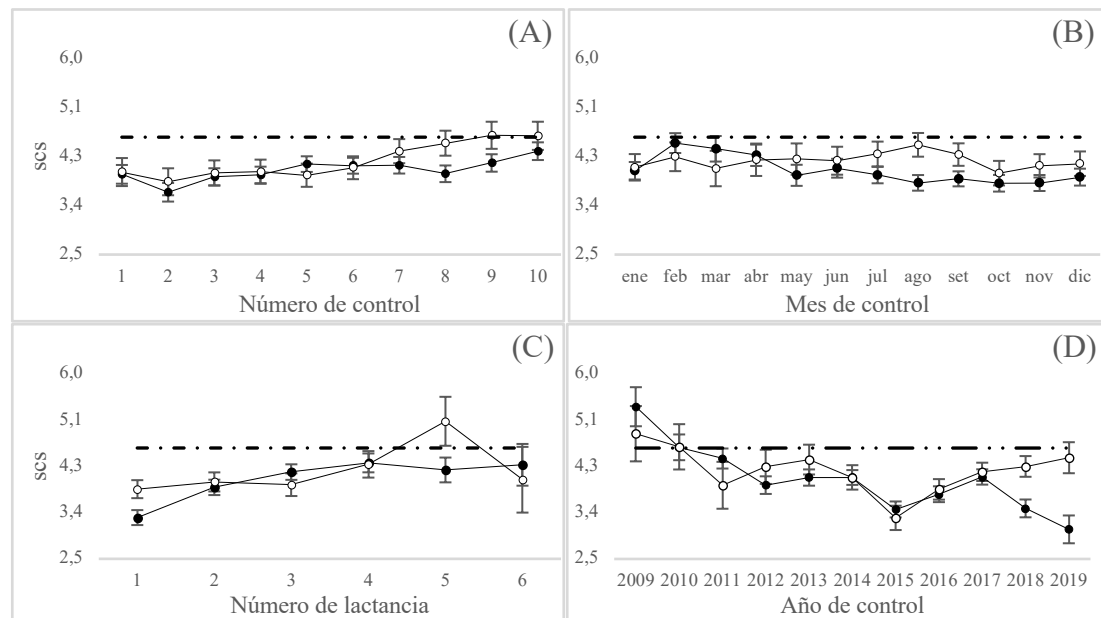


Los efectos número de control, número de lactancia, mes de control, año de control e interacción entre la raza y el número de control, fueron estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ) para producción de grasa, de proteína y de grasa más proteína. La interacción entre raza y año de control no fue significativa para ninguna de las tres variables ( $p = 0,1258$ ,  $p = 0,1394$  y  $p = 0,1267$ , para grasa, proteína y grasa más proteína, respectivamente).

A lo largo de toda la lactancia, las diferencias en medias de mínimos cuadrados entre ambas razas fueron estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en las tres variables

(Figura 4A, 4C, 4E). Mientras que, a través de los años, lo fueron en 2010, 2012, 2013 y 2015 a 2018, para la variable producción de grasa (Figura 4B), durante los años 2011 a 2019 para la variable producción de proteína (Figura 4D) y en los años 2010, 2012 a 2019 para la variable producción de grasa más proteína (Figura 4F).

Figura 5. Medias de mínimos cuadrados y errores estándar del puntaje de células somáticas: dentro de la lactancia (A); dentro del año (B); entre lactancias (C); entre años (D)



● Ho ○ No --- Límite del pago bonificado (300mil cs/mL)

Los efectos número de control, número de lactancia, año de control e interacción entre raza y año de control, fueron significativos ( $p < 0,05$ ) para el puntaje de células somáticas. El mes de control, y las interacciones entre raza y número de control, raza y número de lactancia, raza y mes de control, no presentaron efecto significativo para esta variable ( $p = 0,0907$ ,  $p = 0,2435$ ,  $p = 0,1216$  y  $p = 0,2290$ , respectivamente).

Las diferencias entre medias de mínimos cuadrados de ambas razas no fueron significativas ( $p > 0,05$ ) en ningún número de control, mes de control, número de lactancia ni año de control (Figura 5A, 5B, 5C y 5D, respectivamente).

## 3.2 REPRODUCCIÓN

### 3.2.1 Estadísticas descriptivas

En el Cuadro 6, se presentan las estadísticas descriptivas de cada una de las variables reproductivas.

Cuadro 6. Estadísticas descriptivas de las variables reproductivas

Variable	n	Media	Mediana	Min.	Max.	DE	CV (%)
epp (meses)	127	36	35	24	60	6,9	19
dp (días)	262	37	31	1	89	26,6	71
ipcc (días)	144	101	97	45	177	31,8	32
iip (días)	306	550	560	337	1149	171,8	31
p2pc	461	0,41	ND	0	1	0,492	120

DE: desvío estándar; CV: coeficiente de variación; epp: edad al primer parto; dp: días al parto; ipcc: intervalo parto concepción de vacas que conciben; iip: intervalo inter parto; p2pc: proporción de vacas con dos partos en años consecutivos; ND: no definida.

### 3.2.2 Cálculo del número mínimo de animales necesarios para la comparación de ambas razas

El Cuadro 7 muestra el número mínimo de animales necesarios para cada una de las variables reproductivas, y el número disponible de animales de cada una de las razas.

Cuadro 7. Número mínimo de animales necesarios para las variables reproductivas

Variable	n teórico <sup>A</sup>	n disponible	
		Ho	No
epp (meses)	58	69	58
dp (días)	817	98	75
ipc (días)	157	56	38
ipp (días)	154	92	58
p2pc	2275	124	84

<sup>A</sup> Suponiendo una magnitud de la diferencia a detectar del 10% de la media; epp: edad al primer parto; dp: días al parto; ipc: intervalo parto concepción de vacas que conciben; iip: intervalo inter parto; p2pc: proporción de vacas con dos partos en años consecutivos.

### 3.2.3 Medias de mínimos cuadrados y significancia estadística de los efectos ajustados

Para la variable edad al primer parto, el modelo con mejor ajuste incluyó los efectos raza, año de parto, y las interacciones entre raza y año de parto y entre raza y mes de parto. Para las variables días al parto, intervalo parto concepción e intervalo inter parto, el modelo original fue el que presentó mejor ajuste. Mientras que, para la variable proporción de vacas con dos partos en años consecutivos, el modelo con mejor ajuste fue el que incluyó los efectos raza, año de parto y mes de parto.

Cuadro 8. Efecto de la raza sobre las variables reproductivas

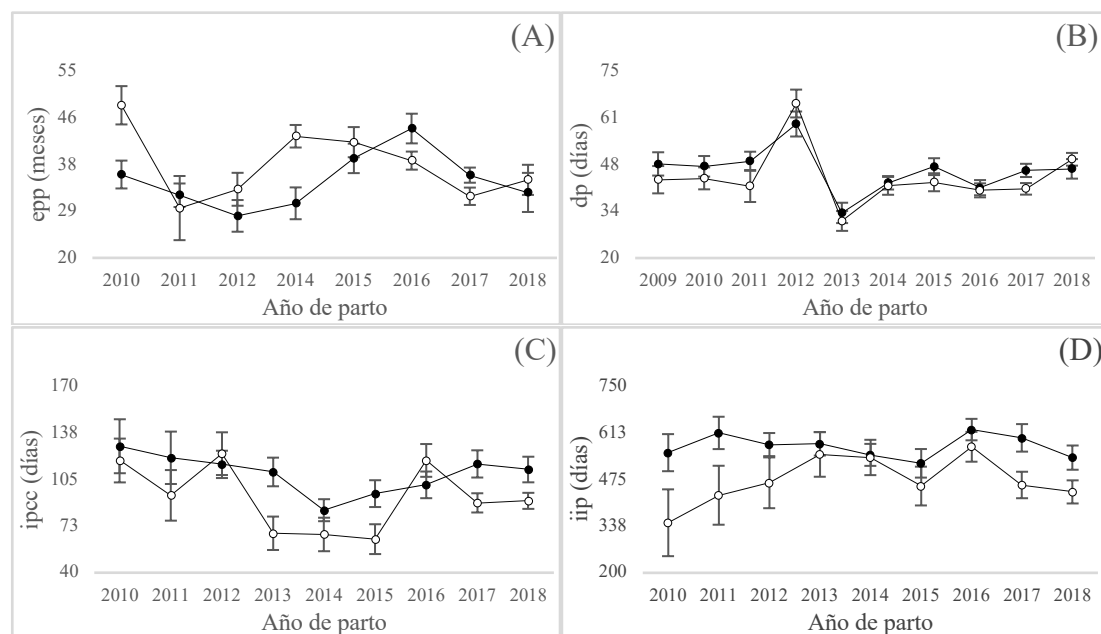
Variable	MMC (ee)		EED	Significancia (P ajustada)
	Ho	No		
epp (meses)	34,6 (0,98)	37,5 (1,19)	1,536	0,0569
dp (días)	45,9 (1,23)	43,8 (1,20)	1,717	0,2302
ipcc (días)	109,2 (5,48)	92,3 (5,09)	7,477	0,0266
iip (días)	573,4 (17,87)	473,3 (25,24)	30,930	0,0015
p2pc	0,33 (0,035)	0,53 (0,045)		<0,0001

MMC: media de mínimos cuadrados; ee: error estándar; EED: error estándar de la diferencia; epp: edad al primer parto; dp: días al parto; ipcc: intervalo parto concepción de vacas que conciben; iip: intervalo inter parto; p2pc: proporción de vacas con dos partos en años consecutivos.

La significancia de la diferencia de edad al primer parto entre ambas razas estuvo cerca del clásico 0,05 ( $p = 0,0569$ ), no así en el caso de días al parto ( $p = 0,2302$ ). El efecto raza fue estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) para las variables intervalo parto concepción, intervalo inter parto y proporción de vacas con dos partos en años consecutivos (Cuadro 8).



Figura 6. Medias de mínimos cuadrados y errores estándar de edad al primer parto (A); días al parto (B); intervalo parto concepción de vacas que conciben (C); intervalo inter parto (D), entre años



● Ho ○ No

El efecto año de parto fue estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) para las variables edad al primer parto, días al parto e intervalo parto concepción, mientras que para la variable intervalo inter parto, este efecto estuvo próximo a ser significativo ( $p = 0,0619$ ). El efecto mes de parto fue estadísticamente significativo ( $p < 0,05$ ) para todas las variables, mientras que el efecto número de lactancia lo fue para intervalo parto concepción e intervalo inter parto ( $p < 0,05$ ), y siendo cercano a significativo para días al parto ( $p = 0,0604$ ). La interacción entre raza y año de parto sólo tuvo efecto significativo sobre la variable edad al primer parto ( $p < 0,05$ ). El resto de las interacciones (raza por mes de parto, raza por número de lactancia) no fueron significativas para ninguna de las variables ( $p > 0,05$ ).

A través de los años, las diferencias en medias de mínimos cuadrados entre ambas razas no fueron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) en ninguna de las variables (Figura 6A, 6B, 6C y 6D).

### 3.3 MARGEN BRUTO

En el Cuadro 9 se presentan los resultados del análisis económico al comparar sistemas con una u otra raza (por más detalles ver Anexo 3).

Cuadro 9. Análisis económico del sistema

	Igual consumo		Holando 10% mayor consumo	
	Ho	No	Ho	No
<i>Ingresos (U\$S)</i>				
Grasa	81206	79728	73592	79728
Proteína	67534	65134	61327	65134
Terneros machos	5850	11207	5460	11207
Vaquillonas excedentes	1467	4890	1467	4890
Vacas de descarte	15286	21817	14012	21817
<i>Total ingresos</i>	<i>171343</i>	<i>182776</i>	<i>155858</i>	<i>182776</i>
<i>Costos variables (U\$S)</i>				
Inseminación	2220	1932	2028	1932
<i>Total costos variables</i>	<i>2220</i>	<i>1932</i>	<i>2028</i>	<i>1932</i>
<i>Margen bruto (U\$S)</i>	<i>169123</i>	<i>180844</i>	<i>153830</i>	<i>180844</i>

Al comparar las razas suponiendo que ambas consumen lo mismo, los ingresos por venta de sólidos en leche fueron similares. Las mayores diferencias se dieron por la venta de carne, tanto por terneros machos, como por vaquillonas excedentes y vacas de descarte. Los ingresos totales resultaron ser mayores para la raza Normando. Esto último, sumado a menores costos variables llevó a un mayor margen bruto en el sistema que utiliza vacas Normando.

Suponiendo que Holando consume mayor cantidad de alimento, los ingresos por venta de sólidos fueron mayores para Normando. Comparado con el escenario anterior, los ingresos por venta de carne para Holando fueron menores y la diferencia en ingreso total entre ambas razas fue mayor. Los costos variables para Holando fueron menores, pero esto no compensó el menor ingreso total. En este escenario, la diferencia en margen bruto entre ambas razas fue mayor que en el anterior.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 PRODUCCIÓN

El número de animales disponibles para el análisis de las variables productivas estuvo por debajo del número mínimo teórico para la correcta comparación de ambas razas, a excepción de las variables de contenido de sólidos, en las cuales el número mínimo fue alcanzado. Para las variables producción de leche, grasa y proteína a lo largo de la vida útil, el número mínimo teórico fue extremadamente alto. Estas variables fueron dependientes del número total de lactancias, el cual se encontró en el rango entre 1 y 7, generando un alto coeficiente de variación para estas tres variables. Se debe tener en cuenta que, debido a la poca información genealógica disponible, el número teórico fue calculado a partir de animales independientes y no a partir de la estructura familiar. Es por esto que, el número mínimo de animales necesarios para la comparación de ambas razas fue subestimado.

La producción media de leche por VO por día estuvo por debajo de los 17,6 L/d correspondientes al promedio nacional (DIEA, 2019a). Este resultado está dentro de lo esperado dadas las características del sistema de producción pastoril con limitado uso de suplementos.

Holando produjo 3,4 L/d de leche más que Normando, pero con menor concentración de sólidos (-0,30 y -0,27 % de grasa y proteína, respectivamente), lo que resultó en una ventaja de +0,21 kg de sólidos totales (grasa más proteína) por día a favor de Holando. Las diferencias entre razas se mantuvieron al analizar la producción a lo largo de la vida útil del animal. Esto coincide con resultados de estudios previos (Jorge-Smeding 2017, Bedere et al. 2017, Delaby et al. 2014, Delaby et al. 2009, Dillon et al. 2003a), donde Holando presentó mayor producción de leche, grasa y proteína, y menor porcentaje de grasa y proteína que Normando, reflejo de los diferentes objetivos de selección de cada raza.

En cuanto a las relaciones en las medias de mínimos cuadrados para porcentaje de grasa, porcentaje de proteína, producción de grasa y producción de proteína de Normando respecto a Holando, las mismas fueron de 1,08, 1,09, 0,82 y 0,80,

respectivamente, similares a las reportadas por IDELE (2019) y por Dillon et al. (2003a).

Dentro de la lactancia, la producción de leche fue máxima al comienzo de la misma, momento en que fue mínimo el contenido de sólidos, debido al efecto de dilución que caracteriza a las variables de composición.

Ambas razas tuvieron una menor producción de leche en la primera lactancia. Holando aumentó su producción en la segunda lactancia, la cual se mantuvo hasta la cuarta lactancia, momento en que comenzó a disminuir. Normando no presentó un aumento de producción tan marcado en su segunda lactancia, sino que el aumento fue paulatino a través de las lactancias, hasta que igualó a Holando en la sexta lactancia.

En el total de casos en los que las interacciones fueron estadísticamente significativas, se debió a efectos de escala y no por cambio de ordenamiento entre las razas. Para las variables producción de leche (L/d) y proteína por día (kg/d), las mayores diferencias entre ambas razas, ocurrieron en los años de mayor producción, y durante los meses de primavera para leche, y los controles 5 a 9 para proteína, los cuales coinciden aproximadamente con la primavera. Bedere et al. (2017), Delaby et al. (2014), Delaby et al. (2009) observaron las mayores diferencias entre razas para estas dos variables cuando los animales tuvieron acceso a alimentación alta en concentrados, y las menores diferencias cuando la alimentación fue baja en concentrados. Esto demuestra que Holando expresa su potencial en sistemas de alimentación con mayor cantidad y calidad de alimento.

Comparando ambas razas en diferentes sistemas de alimentación, Bedere et al. (2017) suponen que cada raza expresa una estrategia de sobrevivencia diferente. Cuando se alimentan con dietas altas en concentrado, Holando invierte su energía en producción de leche, mientras que Normando destina una mayor proporción de energía en reservas corporales. Cuando la dieta es baja en concentrado, Holando moviliza sus reservas corporales para mantener la producción de leche, mientras que Normando limita tanto la movilización de reservas como la producción de leche.

Respecto al puntaje de células somáticas, las razas no difirieron entre sí, manteniéndose en general por debajo del límite establecido por la industria para el pago bonificado (300.000 cs/mL) que corresponde a un puntaje de 4,59. Durante los controles número 9 y 10, y lactancia número 5, Normando superó levemente este límite, pero sin diferencias significativas respecto a Holando, mientras que durante los años 2009 y 2010 ambas razas superaron el límite.

#### 4.2 REPRODUCCIÓN

Dentro de las variables reproductivas, solo en el caso de edad al primer parto el número de animales disponible alcanzó el mínimo teórico para la comparación de ambas razas, no así en el resto de las variables. Las variables días al parto y proporción de vacas con dos partos en años consecutivos, fueron las que presentaron mayor número mínimo de animales teórico, debido principalmente a su alto valor de coeficiente de variación. Al igual que para las variables productivas, se debe tener en cuenta que el número mínimo de animales necesarios para la comparación de ambas razas fue subestimado, debido a que fue calculado a partir de animales independientes y no a partir de la estructura familiar.

En cuanto a la variable días al parto, los resultados fueron similares a los obtenidos por Delaby et al. (2009), Walsh et al. (2008) y Dillon et al. (2003b), quienes encontraron que no había diferencia entre las dos razas.

La diferencia en intervalo parto concepción entre ambas razas, fue de 17 días a favor de Normando. Esta cifra es similar a la reportada por Dillon et al. (2003b), quienes encontraron que esta variable fue significativamente ( $p < 0,05$ ) mayor en Holando (99 días) que en Normando (83 días). A su vez, la diferencia entre razas para intervalo inter parto fue de 100 días menos en Normando que en Holando.

La proporción de vacas con dos partos en años consecutivos fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) para Normando que Holando. Esta variable, podría compararse con otras analizadas por diversos autores, como tasa de concepción y tasa de parición (Delaby et al., 2014) o tasa de preñez (Delaby et al. 2009, Dillon et

al. 2003b), para las cuales raza siempre tuvo efecto significativo ( $p < 0,05$ ) a favor de Normando respecto a Holando.

Diferentes variables reproductivas como intervalo parto primer servicio (Walsh et al. 2008, Dillon et al. 2003b) o número de servicios totales por concepción (Dillon et al., 2003b), han sido evaluadas en otros estudios en los cuales Normando siempre fue superior que Holando. Dillon et al. (2003b) afirman que Holando presenta globalmente un peor comportamiento reproductivo que razas doble propósito, lo que podría ser consecuencia de una respuesta correlacionada (negativa y desfavorable) a la intensa selección por producción de leche en esta raza (Woolaston y Shephard, 2011).

Bedere et al. (2017) y Pryce et al. (2001) indican que vacas de alto mérito genético para producción de leche, como Holando, presentan menor condición corporal y mayor pérdida de la misma en la lactancia temprana respecto a vacas de menor mérito genético para producción de leche, como Normando. Agregan que esta pérdida en la condición corporal, asociada al estado energético del animal, está correlacionada genéticamente de manera desfavorable con el comportamiento reproductivo, lo que explicaría las diferencias entre ambas razas.

#### 4.3 MARGEN BRUTO

Analizando la producción individualmente, es decir por vaca en producción, la raza Holando supera económicamente a la raza Normando debido a su mayor producción de grasa y proteína, ya sea por día o a lo largo de su vida productiva.

La evaluación del sistema en su conjunto, combinando los resultados productivos y reproductivos por año resulta en un menor número de vacas en ordeño de la raza Holando y mayor cantidad de vacas secas sin producir, debido a su mayor intervalo inter parto, lo que Uriarte (citado por García y Cristiano, 1993) destacaba de esta zona del país. Esto lleva a una menor diferencia en producción de grasa y proteína, y a un menor número de terneros machos y vaquillonas excedentes para venta. Este resultado concuerda con lo observado por Evans et al. (2004). Si se evalúa económicamente el sistema, se observa que, además, el ingreso anual es mayor al

utilizar la raza Normando debido a la diferencia en el pago por kg de carne. En este análisis, los costos variables no presentan grandes diferencias entre razas, por lo que el margen bruto es mayor para la raza Normando.

Las diferencias a favor de Normando son aún mayores cuando en el análisis se plantea que la raza Holando consume mayor cantidad de alimento. El número de vacas masa es menor, al igual que el número de vacas en ordeño. Esto lleva a una menor producción de grasa y proteína por parte de la raza Holando, algo difícil de deducir al analizar individualmente la producción por vaca.

En síntesis, la combinación de ventajas de Normando sobre Holando en cuanto a concentración de sólidos en la leche, tasa reproductiva, consumo de alimento y venta de mayor número de animales de descarte a mejor precio, resulta en que surja como más rentable en el sistema de producción imperante en el noreste de Uruguay.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos coinciden con la literatura, por lo que se pueden aceptar las hipótesis referidas a que vacas Holando producen mayor cantidad de leche, grasa y proteína, pero menor porcentaje de esos componentes que vacas Normando.

Este mayor contenido de sólidos en Normando resulta en una ventaja para la industria, ya que la mayoría de sus productos son leche en polvo, manteca y quesos. Cuanto menor contenido de agua tenga la leche, menores serán los costos de su transporte y de transformación a otros productos.

El pago al productor también se basa en la calidad (del punto de vista sanitario) de la leche remitida. La bonificación máxima se obtiene cuando no se superan las 300.000 cs/mL. Ambas razas mostraron satisfacer este requisito y obtener esta bonificación, estando por debajo del límite establecido.

En cuanto a reproducción, Normando muestra ventajas frente a Holando. El período en el cual las vacas no se encuentran preñadas, medido como intervalo parto concepción, es menor, así como el tiempo transcurrido entre dos partos consecutivos. Esto, sumado a la mayor proporción de vacas con dos partos en años consecutivos, lleva a que, para un número dado de vacas en el rodeo, Normando tenga mayor proporción de vacas en ordeño en un periodo dado que Holando, y por ende, que estén mayor tiempo en producción a lo largo de su vida.

Frente a este complejo conjunto de resultados, con la intención de dar un mensaje claro al sector productivo, se evaluó económicamente el sistema de producción en un periodo de un año. Si bien el análisis tuvo varios supuestos, sirve para demostrar que la raza mundialmente más utilizada no es la más rentable en este tipo de sistemas caracterizado por un limitado uso de suplementos y suelos de baja productividad. Esto debe llevar a que los productores se planteen seriamente la elección de la raza a utilizar según su sistema de producción.

Trabajos futuros deberían enfocarse en refinar estudios económicos, examinando detalladamente cada una de las fuentes de ingreso y costos, de manera de



obtener resultados ciertos que sirvan de apoyo para la toma de decisiones de los técnicos y productores del rubro.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez J, Grau M, Astigarraga, L. 2019. Relevamiento censal de los productores del Noreste [En línea]. En: Sistemas de producción lechera para el Noreste del país; FPTA (Fondo de Promoción Tecnológica Agropecuaria) no. 176. Montevideo, Uruguay: INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). Consultado: 20 setiembre 2019. Disponible en: [www.ainfo.inia.uy](http://www.ainfo.inia.uy) > [Inia-Fpta-76-proyecto-176-2019](http://www.ainfo.inia.uy/Inia-Fpta-76-proyecto-176-2019)
- Armstrong DV. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science*. 77(7): 2044-2050.
- ARU (Asociación Rural del Uruguay). 2009a. Educa Prado [En línea]. Consultado 13 mayo 2018. Disponible en: <http://www.duplex.com.uy/educaprado/41b.htm>
- ARU (Asociación Rural del Uruguay). 2009b. Educa Prado [En línea]. Consultado 13 mayo 2018. Disponible en: <http://www.duplex.com.uy/educaprado/holando.htm>
- Barbat A, Druet T, Bonaiti B, Guillaume F, Colleau JJ, Boichard D 2005. Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises. En: Rencontres Recherches Ruminants (12<sup>o</sup>, 2005, Paris. France). Proceedings. París, Francia. INRA. 137-140.
- Bastin C, Berry DP, Coffey MP, Strandberg E, Urioste JI, Veerkamp RF, Gengler N. 2011. Consequences of selection for milk quality and robustness traits. En: Interbull Bulletin (44<sup>o</sup>, 2011, Stavanger, Norway). Proceedings. Uppsala, Suecia. 195-199.
- Bedere N, Disenhaus C, Ducrocq V, Leurent-Collete S, Delaby L. 2017. Ability of dairy cows to ensure pregnancy according to breed and genetic merit for production traits under contrasted pasture-based systems. *Journal of Dairy Science*. 100(4): 1-16.
- Bedere N, Delaby L, Ducrocq V, Leurent-Colette S, Disenhaus C. 2016. Toward improved postpartum cyclicity of primiparous dairy cows; effects of genetic

- merit for production traits under contrasting feeding systems. *Journal of Dairy Science*. 99(2): 1266-1276.
- Beranger C, Micol D. 1980. Intake in relation to the animal. *Annales de Zootechnie. INRA/EDP Sciences*. 29: 209-230.
- Blasco A, Sorensen D. 1991. Diseños de comparación de líneas, razas o cruces en especies prolíficas. *Información Técnica Económica Agraria*. 87A(2-3): 84-89.
- Buckley F, Dillon P, Crosse S, Flynn F, Rath M. 2000. The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. *Livestock Production Science*. 64(2): 107-119.
- Castignani MI, Osan O, Castignani H, Cursack AM. 2008. Umbrales económicos de operación en sistemas lecheros de la provincia de Santa Fe, Argentina. En: Congreso Panamericano de la Leche (10º, 2008, San José de Costa Rica). Proceedings.
- CONAPROLE (Cooperativa Nacional de Productores de Leche). 2019. Nuestros campos y productores [En línea]. Consultado 01 diciembre 2019. Disponible en: <https://www.conaprole.com.uy/institucional/nuestros-campos-y-productores/>
- Dairy Australia. 2016. Dairy Farm Monitor Project; Western Australia annual report 2015-16. Victoria, Australia. Dairy Australia Limited. 53 p.
- Delaby L, Hennessy D, Gallard Y, Buckley F. 2014. Animal choice for grass-based system. En: General Meeting of the European Grassland Federation; EGF at 50, the future of European Grasslands (25º, 2014, Aberystwyth, Wales). Proceedings. IBERS, Aberystwyth University. 795-797.
- Delaby L, Faverdin P, Michel G, Disenhaus C, Peyraud JL. 2009. Effect of different feeding strategies on lactation performance of Holstein and Normande dairy cows. *Animal*. 3(6): 891-905.
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2019a. Producción [En línea]. En: Anuario Estadístico Agropecuario 2019. Montevideo, Uruguay: MGAP

(Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Consultado 25 setiembre 2019.

Disponible en:

<https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2019/Anuario2019.pdf>

DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2019b. Estadísticas del Sector Lácteo 2018; Serie Trabajos Especiales no. 360 [En línea]. Montevideo, Uruguay: MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Consultado 15 noviembre 2019. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/estadisticas-del-sector-lacteo-2018>

DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2017. La lechería comercial según departamentos; Año 2016 [En línea]. En: Estadísticas de la Producción de Leche 2016; Serie de Trabajos Especiales no. 347. Montevideo, Uruguay: MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Consultado 25 setiembre 2019. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/estadisticas-produccion-leche-2016>

Dillon P, Berry DP, Evans RD, 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.

Dillon P, Buckley F, O'Connor P, Hegarty D, Rath M. 2003a. A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livestock Production Science*. 83(1): 21-33.

Dillon P, Snijders S, Buckley F, Harris B, O'Connor P, Mee JF. 2003b. A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production 2. Reproduction and survival. *Livestock Production Science*. 83(1): 35-42.

- Do Carmo M. 2013. Efecto de la oferta de forraje y genotipo vacuno sobre la productividad de la cría vacuna en campos de Uruguay. Tesis MSc. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 78 p.
- Durán H. 2004. Cambios tecnológicos e intensificación en los sistemas pastoriles de producción de leche en Uruguay [En línea]. En: Resultados Experimentales en lechería; Actividades de difusión no. 361. Montevideo, Uruguay: INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). Consultado 17 agosto 2018. Disponible en:  
<http://inia.uy/en/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219210807181425.pdf>
- Evans RD, Dillon P, Shalloo L, Wallace M, Garrick DJ. 2004. An economic comparison of dual-purpose and Holstein-Friesian cow breeds in a seasonal grass-based system under different milk production scenarios. Irish Journal of Agricultural and Food Research. 43(1): 1-16.
- Ferro RH, García MC, López MJ, Platero FE, Soler AJ, Traibel CM. 1978. Sistemas de producción lechera en Estación Experimental de Bañado Medina (Dpto. de Cerro Largo); Tomo I. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía.
- Gama LT. 2002. Melhoramiento Genético Animal. Lisboa, Portugal. Escolar Editora. 301 p.
- García JR, Cristiano A. 1993. Identificación de los factores que determinan la productividad física de los sistemas de producción lecheros de la cuenca Coleme. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 141 p.
- Goddard ME, Wiggans GR. 1999. Genetic improvement of sairy cattle. En: Fries R, Ruvinsky A. (Eds.) The Genetics of Cattle. Wallingford, UK. CABI. 511-537.
- Grau M. 2016. Antecedentes históricos y socioeconómicos de la lechería en la región Noreste [En línea]. En: Sistemas de producción lechera para el Noreste del país; FPTA (Fondo de Promoción Tecnológica Agropecuaria) no. 176. Montevideo, Uruguay: INIA (Instituto Nacional de Investigación

- agropecuaria). Consultado: 20 setiembre 2019. Disponible en:  
[www.ainfo.inia.uy](http://www.ainfo.inia.uy) › [Inia-Fpta-76-proyecto-176-2019](#)
- Hill WG. 1974. Size of experiment for breed or strain comparisons. En: Working Symposium on breed evaluation and crossing experiments. Proceedings. Zeist, Países Bajos. 43-54.
- Ibarra AA. 1997. Sistemas de pago de leche. En: Seminario Regional de Calidad de Leche (1997, Atlántida). Trabajos presentados. Montevideo, Uruguay. Instituto Plan Agropecuario. 40-54.
- IDELE (Institut De L'Élevage). 2019. Résultats du contrôle laitier - Espèce bovine; France 2018 [En línea]. Consultado 23 setiembre 2019. Disponible en:  
[http://idele.fr/?eID=cmis\\_download&oID=workspace://SpacesStore/b5b00745-d04a-475e-9817-c789c3381777](http://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace://SpacesStore/b5b00745-d04a-475e-9817-c789c3381777)
- INALE (Instituto Nacional de la Leche). 2020. Precio al productor y composición de la leche [En línea]. Consultado 30 marzo 2020. Disponible en:  
<https://www.inale.org/estadisticas/precio-al-productor-y-composicion-de-la-leche/>
- INALE (Instituto Nacional de la Leche). 2014. Encuesta Lechera INALE 2014; Resultados preliminares [En línea]. Consultado 02 abril 2018. Disponible en:  
<http://www.inale.org/innovaportal/file/4086/1/encuesta-lechera-2014--presentacion-resultados-preliminares-foro-a.pdf>
- Jorge-Smeding E. 2017. Caracterización del ciclo productivo de vacas lecheras de dos razas contrastantes en un sistema pastoril de baja dependencia de insumos externos; aspectos productivos, fisiológicos y emisiones de metano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 74 p.
- Kahi AK, Kosgey IS, Cardoso VL, Van Arendonk JA. 1998. Influence of production circumstances and economic evaluation criteria on economic comparison of breeds and breed crosses. *Journal of Dairy Science*. 81(8): 2271-2279.
- Kolver ES. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62(2): 291-300.

- Kolver ES, Roche JR, De Veth MJ, Thorne PL, Napper AR. 2002. Total mixed rations versus pasture diets; Evidence for a genotype x diet interaction in dairy cow performance. En: New Zealand Society of Animal Production (62°, 2002, Palmerston North). Proceedings. Wellington, Nueva Zelanda. 246-251.
- Littell RC, Henry PR, Ammerman CB. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*. 76(4): 1216-1231.
- López-Villalobos N. 2012. Analysing the genetic basis of milk production traits. *CAB Reviews*. 7(028): 1-18.
- Lucy MC. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle; Where will it end? *Journal of Dairy Science*. 84(6): 1277-1293.
- Macciotta NP, Cappio-Borlino A, Pulina G. 2004. Growth and lactation curves. En: Saxton AM (Ed.). *Genetic Analysis of Complex Traits Using SAS®*. Cary, NC. SAS Institute Inc. 97-147.
- Mackey DR, Gordon AW, McCoy MA, Verner M, Mayne CS. 2007. Associations between genetic merit for milk production and animal parameters and the fertility performance of dairy cows. *Animal*. 1(1): 29-43.
- Malcolm B, Grainger C. 2005. Implications of changing a Friesian dairy system to a Friesian-Jersey crossbred dairy system. *Extension Farming Systems Journal*. 1(1): 37-44.
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). 2018. Descripción de Grupos de Suelos CONEAT [En línea]. Consultado 06 octubre 2018. Disponible en: [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/descripcion\\_de\\_grupos\\_de\\_suelos\\_coneat.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/descripcion_de_grupos_de_suelos_coneat.pdf)
- Montenegro I. 2016. Análisis económico productivo de una empresa agropecuaria. Tesis Doctoral. Esperanza, Argentina. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Veterinarias. 46 p.

- Murphy R, Simpson G. 2011. Balancing dairy production and profits in Northern Australia. Queensland, Australia. Department of Employment, Economic Development and Innovation. 26 p.
- Piccardi M, Capitaine Funes A, Balzarini M, Bó GA. 2013. Some factors affecting the number of days open in Argentinean dairy herds. *Theriogenology*. 79(5): 760-765.
- Ponzoni RW. 2017. Lineamientos generales para el asesoramiento en uso de recursos genéticos ovinos. Montevideo, Uruguay. Central Lanera Uruguay. 70 p.
- Ponzoni RW, Nguyen NH, Khaw HL. 2011. Fundamental considerations about design and sample size in strain comparisons and their implications. *Aquaculture Research*. 42(12): 1855-1858.
- Pryce JE, Veerkamp RF. 2001. The incorporation of fertility indices in genetic improvement programmes. *The British Society of Animal Science Occasional Publication*. 26(1): 237-250.
- Pryce JE, Coffet MP, Simm G. 2001. The relationship between body condition score and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*. 84(6): 1508-1515.
- RENARE (Dirección General de Recursos Naturales Renovables). 2018. CONEAT [En línea]. Consultado 06 octubre 2018. Disponible en: <http://web.renare.gub.uy/js/visores/coneat/>
- Rural. 2020. Calculadora de mercado [En línea]. Consultado 31 marzo 2020. Disponible en: <https://www.rural.com.uy/calculadora-mercados>
- Saravia C, Astigarraga L, Van Lier E, Bentancur O. 2011. Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). *Agrociencia Uruguay*. 15(1): 93-102.
- SAS (Statistical Analysis System) Institute Inc. 2009. SAS/STAT® 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC. SAS Institute Inc. 7869 p.
- Shook GE. 2006. Major advances in determining appropriate selection goals. *Journal of Dairy Science*. 89(4): 1349-1361.



- Simm G. 1998. Genetic improvement of cattle and sheep. Ipswich, United Kingdom. Farming Press. 433 p.
- Snedecor GW, Cochran WG. 1971. Comparación de dos muestras. En: Snedecor GW, Cochran WG (Eds.). Métodos Estadísticos. México DF, México. Compañía Editorial Oriental. 123-156.
- Veerkamp RF, Koenen AP, De Jong G. 2001. Genetic correlations among body condition score, yield, and fertility in first-parity cows estimated by random regression models. *Journal of Dairy Science*. 84(10): 2327-2335.
- Vieira X. 2007. Estudio de caso: análisis de los factores que afectan la producción y el relacionamiento cooperario en la cuenca de COLEME (Dpto. de Cerro Largo). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 118 p.
- Walsh S, Buckley F, Pierce K, Byrne N, Patton J, Dillon P. 2008. Effects of breed and feeding system on milk production, body weight, body condition score, reproductive performance, and postpartum ovarian function. *Journal of Dairy Science*. 91(11): 4401-4413.
- Washburn SP, Mullen KAE. 2014. Invited review: Genetic considerations for various pasture-based dairy systems. *Journal of Dairy Science*. 97(10): 5923-5938.
- Weigel KA, Barlass KA. 2003. Results of a producers survey regarding crossbreeding on US dairy farms. *Journal of Dairy Science*. 86(12): 4148-4154.
- Woolaston R, Shephard R. 2011. Improvement of the reproductive performance of Victorian dairy herds. Melbourne, VIC. Gardiner Foundation. 69 p.

## 7. ANEXOS

### 7.1 ESTRUCTURA DEL RODEO SUPUESTO

Cuadro 10. Estructura del rodeo

Edad (años)	Categoría	Igual consumo		Holando 10% mayor consumo	
		Ho	No	Ho	No
0 a 1	Terneras	32	39	29	39
1 a 2	Vaq>1	30	37	28	37
2 a 3	Vaq>2	29	36	27	36
3 a 4	VM	25	25	23	25
4 a 5	VM	23	23	21	23
5 a 6	VM	20	20	18	20
6 a 7	VM	15	15	14	15
7 a 8	VM	10	10	9	10
8 a más	VM	7	7	6	7
VM		100	100	91	100
VO		64	77	58	77
iip (días)		573	473	573	473

Vaq>1: vaquillonas de 1 a 2 años; Vaq>2: vaquillonas de 2 a 3 años; VM: vacas masa; VO: vacas en ordeño; iip: intervalo inter parto.

## 7.2 PRECIOS DE GRASA Y PROTEÍNA

Cuadro 11. Precios promedios de grasa y proteína durante el periodo 2012 a 2019

Año	\$/kg sólidos	\$/US\$	US\$/kg sólidos
2012	109,73	20,31	5,40
2013	127,26	20,48	6,21
2014	139,61	23,25	6,01
2015	113,97	27,33	4,17
2016	119,86	30,16	3,97
2017	137,63	28,67	4,80
2018	138,89	30,72	4,52
2019	148,68	35,26	4,22
Promedio			4,91

Fuente: INALE (2020)

### 7.3 MARGEN BRUTO

Cuadro 12. Cálculo detallado del margen bruto

	Igual consumo		Holando 10% mayor consumo	
	Ho	No	Ho	No
<i>Ingresos</i>				
Bonificación CCS (%)	18	18	18	18
Grasa				
kg/VO/d	0,60	0,49	0,60	0,49
VO	64	77	58	77
kg/d	38,4	37,7	34,8	37,7
kg/año	14016	13761	12702	13761
U\$S/kg	4,91	4,91	4,91	4,91
U\$S	81206	79728	73592	79728
Proteína				
kg/VO/d	0,50	0,40	0,50	0,40
VO	64	77	58	77
kg/d	32,0	30,8	29,0	30,8
kg/año	11680	11242	10568	11242
U\$S/kg	4,91	4,91	4,91	4,91
U\$S	67534	65134	61327	65134
Terberos machos				
número	30	37	28	37
kg/ternero	130	130	130	130
kg	3900	4810	3640	4810
U\$S/kg	1,50	2,33	1,50	2,33
U\$S	5850	11207	5460	11207
Vaquillonas excedentes				
número	3	10	3	10
kg/vaq	300	300	300	300
kg	900	3000	900	3000
U\$S/kg	1,63	1,63	1,63	1,63
U\$S	1467	4890	1467	4890
Vacas de descarte				
número	24	24	22	24
kg/VM	579	579	579	579
kg	13896	13896	12738	13896
U\$S/kg	1,10	1,57	1,10	1,57
U\$S	15286	21817	14012	21817
<i>Total ingresos</i>	<i>171343</i>	<i>182776</i>	<i>155858</i>	<i>182776</i>

Cuadro 12. Cálculo detallado del margen bruto (cont.)

<i>Costos variables</i>				
<i>Inseminación</i>				
número de servicios por vaca preñada	1,2	1,2	1,2	1,2
VO	64	77	58	77
número de servicios totales por vaca preñada	77	92	70	92
número de servicios por vaca no preñada	3	3	3	3
número de vacas no preñadas	36	23	33	23
número de servicios totales por vaca no preñada	108	69	99	69
número de servicios totales	185	161	169	161
U\$\$/dosis	12	12	12	12
U\$\$	2220	1932	2028	1932
<i>Total costos variables</i>	<i>2220</i>	<i>1932</i>	<i>2028</i>	<i>1932</i>
<i>Margen bruto (U\$\$)</i>	<i>169123</i>	<i>180844</i>	<i>153830</i>	<i>180844</i>

7.4 COMPARISON OF HOLSTEIN AND NORMANDE IN A SUPPLEMENTS  
LIMITED PRODUCTION SYSTEM: PRODUCTION TRAITS

**Comparison of Holstein and Normande in a  
supplements limited production system:  
production traits<sup>1</sup>**

---

**Comparación de Holando y Normando en un  
sistema productivo limitado en suplementos:  
rasgos productivos**

---

**Comparaçãõ de Holstein e Normande em um  
sistema produtivo limitado em suplementos:  
traços produtivos**

André, M<sup>1</sup>; Astigarraga, L<sup>2</sup>; Saravia, C<sup>3</sup>; Ponzoni, RW<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas, Montevideo, Uruguay. ORCID <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>.

<sup>2</sup>Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas, Montevideo, Uruguay. ORCID <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>.

<sup>3</sup>Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Sistemas Ambientales, Salto, Uruguay. ORCID <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>.

<sup>4</sup>Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Colegio de Posgrados, Montevideo, Uruguay. ORCID <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>.

---

<sup>1</sup> Artículo con formato de revista Agrocienza

## Abstract

Not all breeds are equally adapted to different dairy production systems. While high-genetic merit cows for milk production better utilize high-concentrate diets, low-genetic merit cows for milk production may be better adapted to grassland production systems with limited use of supplements. The objective of this work was to evaluate the productive behavior of Holstein and Normande cows in a grassland production system with limited use of supplements. Data from 6517 monthly dairy controls and 587 lactations of 233 cows in production were used. Linear mixed models were fitted. Holstein cows produced higher amounts of milk, fat and protein but lower fat and protein percentage than Normande cows ( $p < 0.05$ ). Between breeds, differences in milk and protein production were greatest in years of high production and during the spring months. This suggests that Holstein expresses its potential when feed availability is greater in quantity and quality. There were no significant differences between breeds in somatic cell score ( $p = 0.3725$ ). An assessment of the profitability of Holstein and Normande breeds in this production system must also take into account reproductive traits. In this way, the whole production system should be economically evaluated for a given period of time, in order to identify the advantages of each breed in a dairy production system with limited use of supplements.

**Keywords:** breed comparison, dairy production, grassland system

## Resumen

No todas las razas están igualmente adaptadas a diferentes sistemas de producción lechera. Mientras que vacas de alto mérito genético para la producción de leche utilizan mejor las dietas con alto concentrado, vacas de bajo mérito genético para la producción de leche pueden adaptarse mejor a sistemas productivos pastoriles con limitado uso de suplementos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de las vacas Holando y Normando en un sistema productivo pastoril con limitado uso de suplementos. Se utilizó datos de 6517 controles lecheros mensuales y 587 lactancias de 233 vacas en producción. Se ajustaron modelos lineales mixtos. Vacas Holando produjeron mayor cantidad de leche, grasa y proteína, pero menor porcentaje de grasa y proteína que vacas Normando ( $p < 0.05$ ). Entre razas, las diferencias en producción de leche y proteína fueron mayores en los años de alta producción y durante los meses de primavera. Esto sugiere que Holando expresa su potencial cuando la disponibilidad de alimento es mayor en cantidad y calidad. No hubo diferencias significativas entre razas para puntaje de células somáticas ( $p = 0,3725$ ). Una evaluación de la rentabilidad de las razas Holando y Normando en este sistema de producción también debe tener en cuenta los rasgos reproductivos. De esta manera, el sistema de producción en su conjunto debería ser evaluado económicamente por un período de tiempo determinado, con el fin de identificar las ventajas de cada raza en un sistema de producción lechera con uso limitado de suplementos.

**Palabras clave:** comparación de razas, producción lechera, sistema pastoril

## Resumo

Nem todas as raças são igualmente adaptadas a diferentes sistemas de produção leiteira. Enquanto vacas de alto mérito genético para a produção de leite utilizam melhor dietas de alto

concentrado, vacas de baixo mérito genético para a produção de leite podem se adaptar melhor a sistemas de produção pastoril com uso limitado de suplementos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento produtivo das vacas Holstein e Normande em um sistema de produção pastoril com uso limitado de suplementos. Foram utilizados dados de 6517 controles lácteos mensais e 587 lactações de 233 vacas em produção. Modelos lineares mistos foram ajustados. As vacas Holstein produziram maiores quantidades de leite, gordura e proteína, mas menor percentagem de gordura e proteína do que a vacas Normande ( $p < 0,05$ ). Entre raças, as diferenças na produção de leite e proteína foram maiores em anos de alta produção e durante os meses de primavera. Isso sugere que Holstein expressa seu potencial quando a disponibilidade de alimentos é maior em quantidade e qualidade. Não houve diferenças significativas entre as raças para o escore de células somáticas ( $p = 0,3725$ ). Uma avaliação da rentabilidade das raças Holstein e Normande neste sistema de produção também deve levar em consideração as características reprodutivas. Desta forma, o sistema de produção como um todo deve ser avaliado economicamente por um determinado período de tempo, a fim de identificar as vantagens de cada raça em um sistema de produção leiteira com uso limitado de suplementos.

**Palavras-chave:** comparação de raça, produção de leite, sistema pastoril



## 1. Introduction

Dairy production in Uruguay is mainly located in the south of the country because of the proximity to the main consumption centers and the availability of highly fertile soils. There are smaller concentrations of dairy cattle in the west littoral and in the northeast of the country<sup>(1)(2)</sup>. Dairy production systems located in the northeast of Uruguay, rely on natural grasslands, introduced permanent and annual pastures, and a low use of supplements<sup>(3)</sup>. Farmers in this region cite high production costs, lack of capital and small production area as key limiting factors<sup>(4)</sup>. Uruguayan dairy herd is mainly composed of the Holstein breed<sup>(5)</sup>.

Not all breeds are equally adapted to different dairy production systems. Cows of high genetic merit for milk production better utilize high concentrate diets, but they cannot express their potential when forage is an important component of the diet<sup>(6)(7)</sup>. By contrast, cows of lower genetic merit for milk production may be better adapted to the latter type of environment.

Holstein cows produce more milk, fat and protein than Normande cows but their milk has a lower concentration of the latter two traits<sup>(8)(9)(10)</sup>. The lactation peak is around the seventh week in both breeds<sup>(8)(10)</sup> but Normande cows have greater persistence<sup>(10)</sup>.

In this paper we report the results of an analysis of milk production traits in Holstein (Ho) and Normande (No) cows in a production system based on pastures with limited use of supplements in the northeast of Uruguay.

## 2. Materials and methods

### 2.1 The environment

The work was carried out in the Dairy Unit of the "Estación Experimental Bernardo

Rosengurt" (EEBR) of the Facultad de Agronomía – Universidad de la República, located in the northeast of Uruguay (32°21'S, 54°26'W).

Soils are generally characterized by low fertility and aestival vegetation<sup>(11)(12)</sup>.

The Dairy Unit occupies 193 ha, of which 75% are permanent and annual pastures (52 and 23%, respectively), 22% natural grassland and 3% improved natural grassland. The permanent pastures are mainly composed by *Festuca arundinacea* or *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens* and *Medicago sativa* or *Lotus tenuis*, and the annual pastures by *Avena sativa* and *Lolium multiflorum* in winter, and *Sorghum sp.* in summer. The natural grassland is composed of *Axonopus affinis*, *Oxalis sp.*, *Cyperus sp.*, *Cynodon dactylon*, *Eryngium nudicaule*, *Gaudinia fragilis*, *Chevreulia sarmentosa*, *Stipa setigera*, *Paspalum notatum* and *Coelorhachis selleana*<sup>(13)</sup>.

Rearing of female calves and heifers is carried out on permanent and annual pastures during the first year, and on natural grassland in the second year. The diet of milking cows (MC) is based on permanent and annual pastures. Rice bran is provided during milking at an annual average of 3 kg/day dry matter per MC. In winter a supplement of whole plant sorghum silage is provided, at a rate of 4 to 6 kg/day dry matter per MC. During the pre calving period, the dry cows (DC) are on natural grassland and receive 2 kg/day dry matter per DC of rice bran.

Heifers are served with a minimum of 320 kg live weight, at 2 to 3 years of age. The service period lasts three months (June 15 to September 14) in order to achieve calvings concentrated in late autumn (March 15 to June 14). Cows and heifers that do not conceive during this period do

not have the opportunity to do so until the following year.

## 2.2 Data

Milk yield, fat and protein percentage and somatic cell count data were obtained from the monthly dairy control records of the

EEBR Dairy Unit, for the period 2009 to 2019. Complete pedigree information was not available.

This information was used to calculate effects and variables to create the database (Table 1).

Table 1. Description of the effects and variables calculated

Effects	
Lactation length	Difference between the drying off date and the calving date
Age at first calving	Difference between the first calving date and the cow's date of birth
Day of lactation	Difference between the test date and the calving date
Variables	
Milk production per day	Sum of the milk yield records taken during the dairy control in the afternoon and in the morning, once a month
Fat and protein production per day	Multiplication of milk production per day, by the fat percentage and the protein percentage, respectively
Fat plus protein production per day	Sum of fat and protein production per day
Somatic cell score (scs)	Logarithmic transformation of somatic cell count(scc): $scs = \log_2(scc/100) + 3$

There were records of 233 cows in production (143 Ho and 90 No), that generated 587 lactations (361 Ho and 226 No) and 6517 monthly milking controls (4555 Ho and 1962 No). Only 45% of the cows in production had information of sire and dam. Regarding breed composition, the Ho/No ratio was 3.0 in 2009, it has decreased over the years, reaching approximately 1.0 in 2016.

Lactation lengths shorter than 180 days, and ages at first calving out of the range 24 to 72 months, were eliminated. Records of milk, fat, protein and somatic cell scores with more than 305 days of lactation, out of the range between 1% and 99% percentile of their distribution, were eliminated. Non-autumn calvings were eliminated (out of the period between mid March to mid June).

## 2.3 Statistical analysis

The distribution of the residuals of each variable was analyzed by its asymmetry and the Shapiro-Wilk test. Because all the variables had a distribution deviating from the normal, logarithmic, square root, cube root and inverse transformation were tried.

Linear mixed models were fitted, assuming repeated measurements over time when appropriate. The data were analyzed with the PROC MIXED statistical procedure of the software SAS® (version 9.2, SAS Institute, Cary, NC)<sup>(14)</sup>, for both the original variables and their transformations. Initially, the following models were fitted:  $y_{ijklmno} = \mu + breed_i + year_j + month_k + control_n + lactn_m + (breed \times year)_{ij} + (breed \times month)_{ik} + (breed \times control)_{in} + (breed \times lactn)_{im} + A_n(lactn_m) + \mathcal{E}_{ijklmno}$ , where: y: response

variable (milk production per day, fat percentage, protein percentage, fat production per day, protein production per day, fat plus protein production per day, somatic cell score);  $\mu$ : overall mean; breed ( $i = 1$  to 2); year: year of control ( $j = 1$  to 11); month: month of control ( $k = 1$  to 12); controln: control number ( $l = 1$  to 10); lactn: lactation number ( $m = 1$  to 7); (breed x year): interaction between breed and year of control; (breed x month): interaction between breed and month of control; (breed x controln): interaction between breed and control number; (breed x lactn): interaction between breed and lactation number, as fixed effects; A(lactn): animal nested within lactation number, and control number as a repeated measure;  $\mathcal{E}$ : random residual effect.

In the cases of repeated measures variables, to model the (co)variances of the R sub-matrices within the animals, the Compound Symmetry (CS) structure was used.

The goodness of fit (AIC, BIC) of each model and the statistical significance of the effects were analyzed in order to select the final best model for each variable.

The significance of each effect for the transformed variables did not differ from that of the variables on the original scale. The results of the untransformed variables are presented, in order to facilitate the interpretation of the results.

The least squares means of the breed effect were compared using the Tukey test. Curves were constructed within and between lactations, and within and between years, graphing the least squares means of the interactions (breed x controln), (breed x lactn), (breed x month) and (breed x year), respectively.

### 3. Results

#### 3.1 Descriptive statistics

Table 2 shows the descriptive statistics for variables analyzed in this study.

Table 2. Descriptive statistics

Variable	n	Mean	Min.	Max.	SD	CV (%)
Milk (L/day)	3625	15.3	5.2	27.8	4.52	30
Fat (%)	3270	3.77	1.51	6.13	0.786	21
Protein (%)	3268	3.22	2.47	4.24	0.326	10
Fat (kg/day)	3175	0.57	0.16	1.21	0.179	32
Protein (kg/day)	3187	0.49	0.19	0.88	0.132	27
Fat plus protein (kg/day)	3112	1.05	0.37	1.96	0.287	27
Somatic cell score	2988	3.85	1.00	8.00	1.553	40

SD: standard deviation; CV: coefficient of variation.

#### 3.2 Models fitted to different variables

Table 3 shows the effects included in the models fitted to different variables, and their significances.

The effect of the breed was statistically significant ( $p < 0.05$ ) for all the production variables (Table 3, Table 4). By contrast, the breed effect was not statistically significant for somatic cell score ( $p = 0.3725$ ).

Table 3. Significance of the effects

Variable	Adjusted P								
	breed	year	month	controln	lactn	breed x year	breed x month	breed x controln	breed x lactn
Milk (L/day)	***	***	***	***	***	*	*	NS	***
Fat (%)	***	***	***	***	-	*	-	***	-
Protein (%)	***	***	***	***	***	NS	-	***	-
Fat (kg/day)	***	***	***	***	***	NS	-	*	-
Protein (kg/day)	***	***	***	***	***	NS	-	***	-
Fat plus protein (kg/day)	***	***	***	***	***	NS	-	**	-
Somatic cell score	NS	***	NS	*	***	*	NS	NS	NS

year: year of control; month: month of control; controln: control number; lactn: lactation number; breed x year: interaction between breed and year of control; breed x month: interaction between breed and month of control; breed x controln: interaction between breed and control number; breed x lactn: interaction between breed and lactation number.

-: Effect not included in the model.

NS: not significant ( $p > 0.05$ ); \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; \*\*\*:  $p < 0.001$

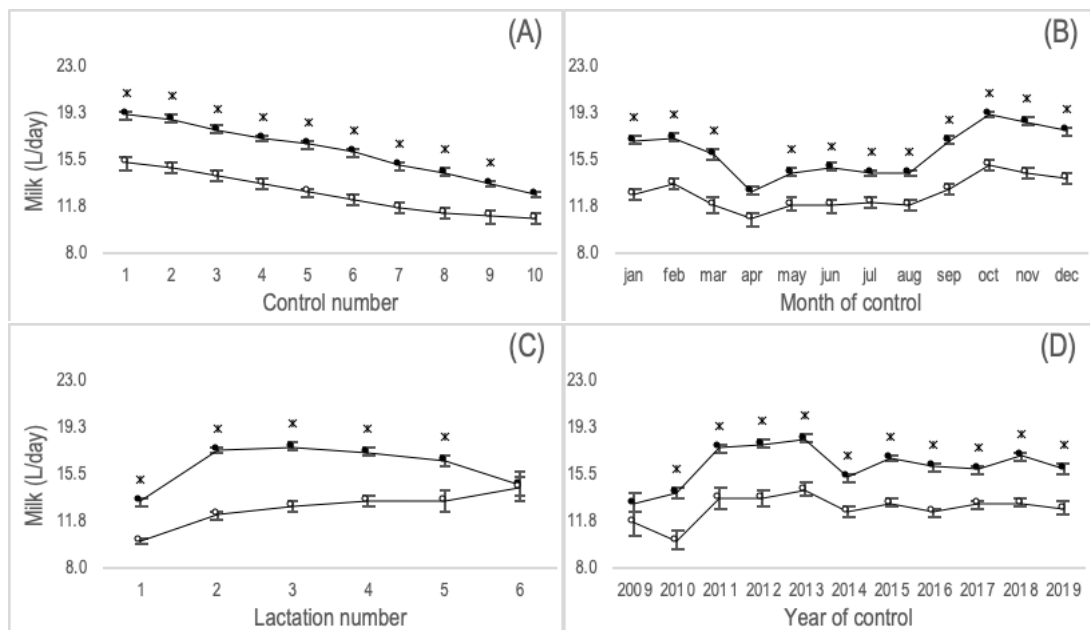
### 3.3 Breed least squares means

Table 4. Breed least squares means (LSM), standard error of the difference (SED) and P value

Variable	LSM (se)		SED	Significance (adjusted P)
	Ho	No		
Milk (L/day)	16.3 (0.18)	12.9 (0.30)	0.350	***
Fat (%)	3.71 (0.030)	4.01 (0.042)	0.050	***
Protein (%)	3.08 (0.021)	3.35 (0.025)	0.020	***
Fat (kg/day)	0.60 (0.010)	0.49 (0.012)	0.010	***
Protein (kg/day)	0.50 (0.008)	0.40 (0.009)	0.007	***
Fat plus protein (kg/day)	1.10 (0.016)	0.89 (0.019)	0.016	***
Somatic cell score	4.00 (0.098)	4.17 (0.161)	0.189	NS

NS: not significant ( $p > 0.05$ ); \*\*\*:  $p < 0.001$

Figure 1. Breed least squares means and standard errors of milk production per day between control number, month of control, lactation number and year of control



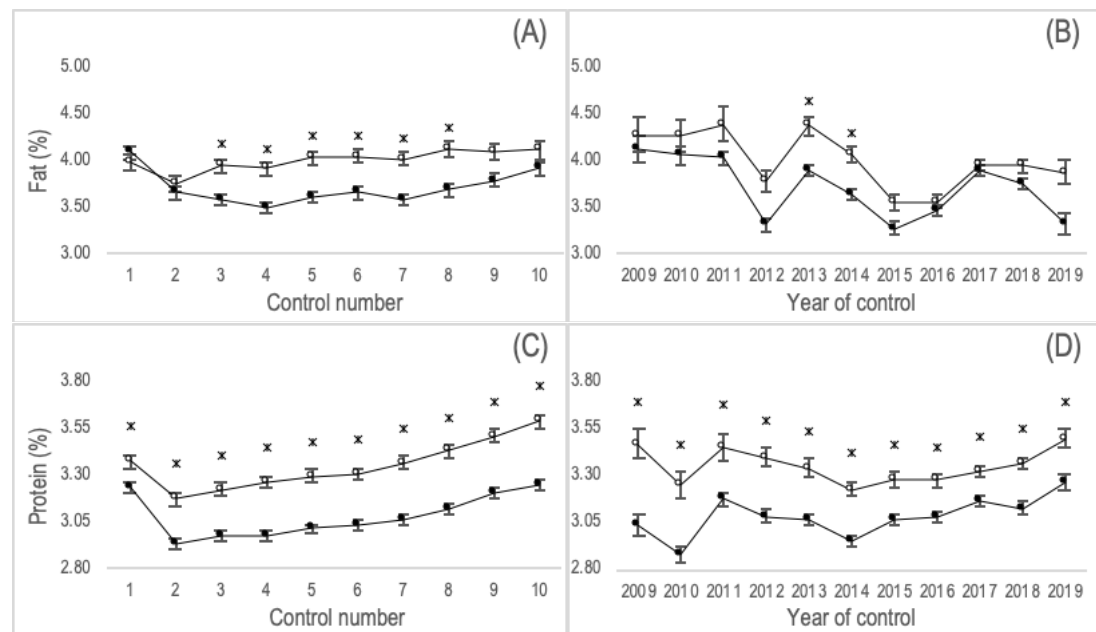
● Ho ○ No \*  $p < 0.05$

Between breed, differences in milk production (Figure 1) were not significant in control number 10 ( $p = 0.1004$ ), month of control April ( $p = 0.1257$ ), lactation number 6 ( $p = 1.0000$ ), and in year of control 2009 ( $p = 0.9996$ ).

Within lactation, least squares means for fat percentage differed significantly between

breeds ( $p < 0.05$ ) in controls number 3 to 8 (Figure 2A). Between the years, the differences were significant in 2013 and 2014 (Figure 2B). For protein percentage differences between breeds were statistically significant ( $p < 0.05$ ) throughout lactation and every year (Figure 2C and 2D, respectively)).

Figure 2. Breed least squares means and standard errors of fat and protein percentage (%) by control number and year of control

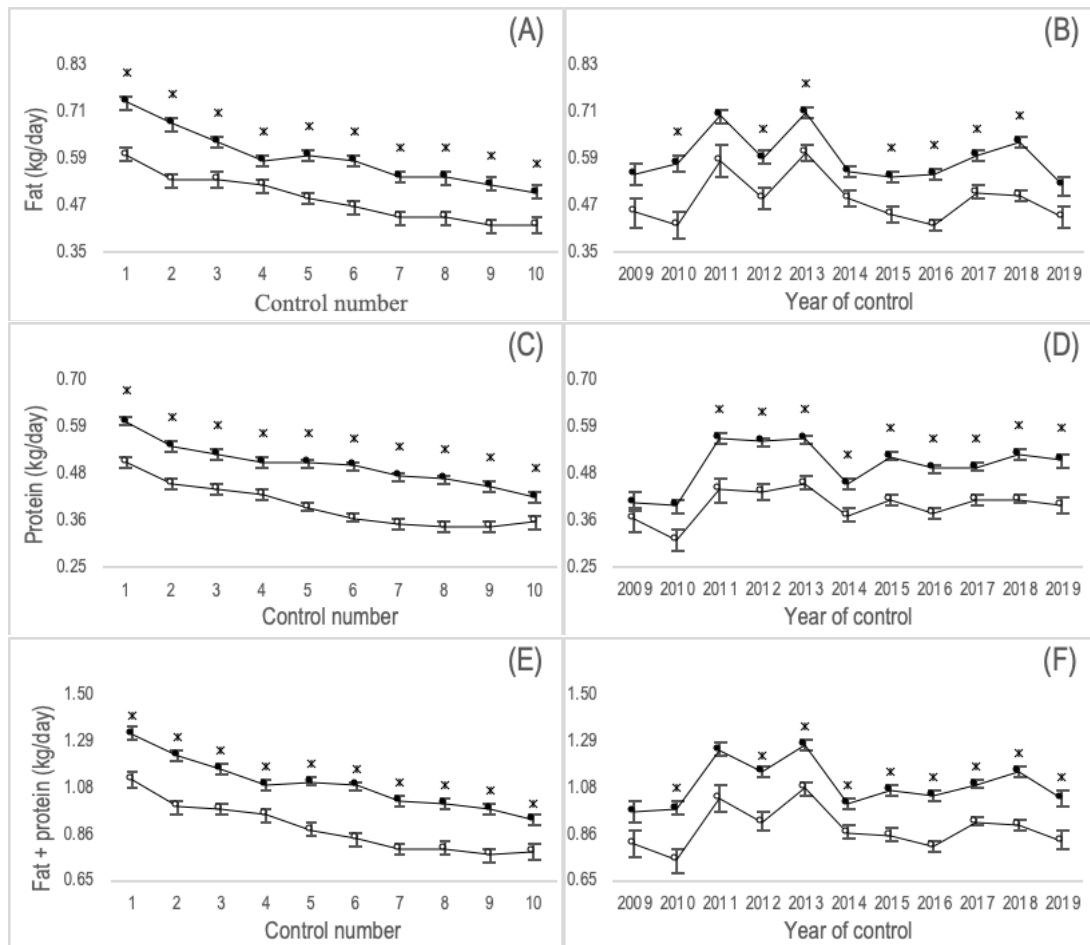


● Ho ○ No \*  $p < 0.05$

Throughout lactation differences between breeds were statistically significant ( $p < 0.05$ ) in the three variables (Figure 3A, 3C and 3E). Differences were statistically significant ( $p < 0.05$ ) in 2010, 2012, 2013

and 2015 to 2018 for fat production per day (Figure 3B), in 2011 to 2019 for protein production per day (Figure 3D), and in 2010, 2012 to 2019 for fat plus protein production per day (Figure 3F).

Figure 3. Breed least squares means and standard errors of fat production per day, protein production per day and fat plus protein production per day, by control number and year of control

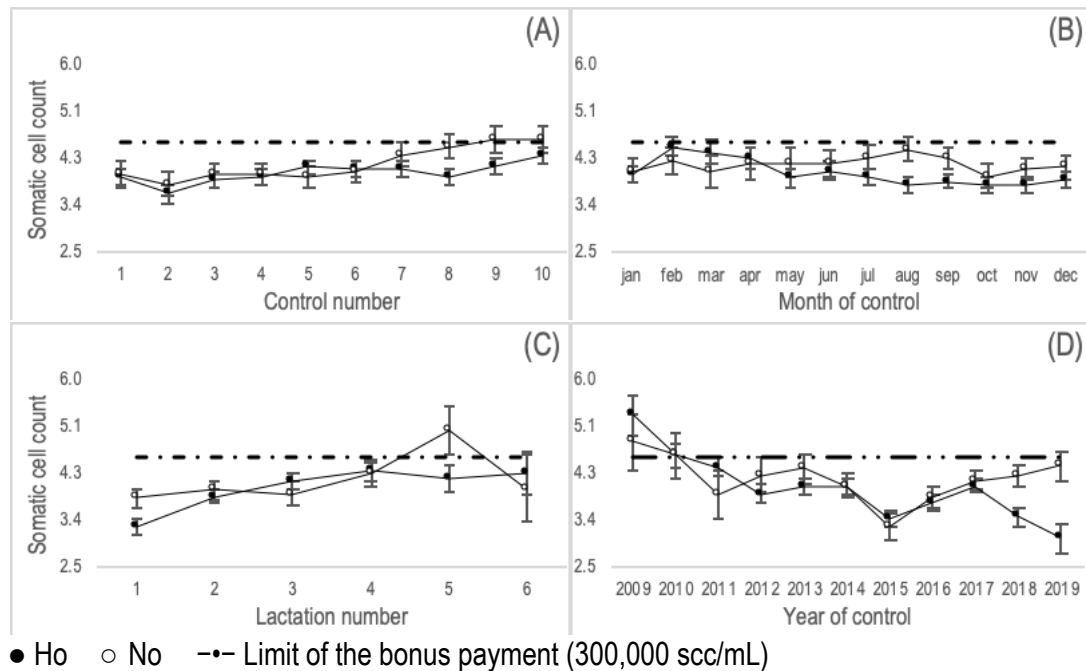


● Ho ○ No \* p < 0,05

Differences between breeds were not significant ( $p > 0.05$ ) in any control number, month of control, lactation number or year

of control (Figure 4A, 4B, 4C and 4D, respectively)).

Figure 4. Breed least squares means and standard errors of somatic cell score by control number, month of control, lactation number and year of control



#### 4. Discussion

The average milk yield per MC per day was below the 17.6 L/day national average<sup>(1)</sup>. This result is consistent with expectations given the characteristics of the production system, mainly based on grazing with low use of concentrates.

Holstein produced 3.4 L/day of milk more than Normande, but with a lower percentage of solids (-0.30 and -0.27 % fat and protein, respectively), which resulted in an advantage of +0.21 kg of solids production (fat plus protein) per day in favor of Holstein. This is in agreement with the results of Jorge-Smeding<sup>(8)</sup>, Bedere and others<sup>(15)</sup>, Delaby and others<sup>(16)(9)</sup> and Dillon and others<sup>(10)</sup>.

The ratios No/Ho of the least squares means for fat and protein percentage, and fat and protein production were 1.08, 1.09, 0.82 and 0.80, respectively, similar to those

reported by IDELE<sup>(17)</sup> and by Dillon and others<sup>(10)</sup>.

Milk production was maximum at the beginning of the lactation period. At that time solid percentages were at a minimum due to a dilution effect.

Milk production was lower for both breeds in the first lactation. Holstein increased its production in the second lactation, it remained unchanged until the fourth lactation, when it began to decrease. Normande did not show an increase in production in the second lactation, the increase was gradual until it equaled Holstein in milk production in the sixth lactation.

Between breed, differences in milk and protein production were greatest in years of high production and during the spring months (Figure 1, Figure 2). Bedere and others<sup>(15)</sup>, Delaby and others<sup>(16)(9)</sup>, studying



the same breeds, also observed that differences were greatest for these two variables when the animals had access to feed high in concentrates, whereas they were smallest when the feed was low in concentrates. This suggests that Holstein expresses its potential when feed availability is greater in quantity and quality.

Bedere and others<sup>(15)</sup> postulate that Holstein and Normande express different survival strategies. When fed high concentrate diets, Holstein invests its energy in milk production, whereas Normande assigns a greater proportion of energy to body reserves. When the diet is low in concentrate, Holstein would mobilize body reserves to maintain milk production, whereas Normande would limit both reserve mobilization and milk production.

There were no significant differences between breeds in somatic cell score, which mostly remained below the limit established by industry for the bonus payment (300,000 scc/mL, that corresponds to a score of 4.59). In control number 9 and 10 and in lactation 5, Normande exceeded this limit but the difference with Holstein was not statistically significant. In 2009 and 2010 both breeds exceeded the limit.

## 5. Conclusions

Our results were in good agreement with those reported in the literature: milk, fat and protein production per cow were greater in Holstein than in Normande, but the concentration of the latter two was greater in Normande. There was no difference between breeds regarding somatic cell score.

The greater concentration of solids in Normande may be an advantage from an industry viewpoint. Most of the milk produced is processed into milk powder, butter and cheeses. The lower water

content of the milk may result in lower transport costs.

An assessment of the profitability of Holstein and Normande breeds in the production system must also take into account reproductive traits, the results for which will be reported in a separate paper.

## Author contribution statement

MA collected and analyzed the data and wrote the manuscript. RWP designed the data analysis, contributed to the interpretation of results, and contributed to write the manuscript. LA and CS contributed to the interpretation of results and contributed to write the manuscript.

## References

1. DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). Producción [Internet]. Anuario Estadístico Agropecuario 2019. Montevideo (UY): MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca); 2019 [cited 2019 Sep 25]. Available from: <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2019/Anuario2019.pdf>
2. DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). La lechería comercial según departamentos; Año 2016 [Internet]. Estadísticas de la Producción de Leche 2016, Serie de Trabajos Especiales 347. Montevideo (UY): MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca); 2017 [cited 2019 Sep 25]. Available from: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/estadisticas-produccion-leche-2016>
3. Vieira X. Estudio de caso: análisis de los factores que afectan la producción y el relacionamiento cooperario en la cuenca de Coleme (Dpto. de Cerro Largo) [grade's thesis]. Montevideo (UY):

- Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2007. 118 p.
4. Álvarez J, Grau M, Astigarraga L. Relevamiento censal de los productores del Noreste. [Internet]. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), editor. Sistemas de producción de leche para el Noreste del país; FPTA (Fondo de Promoción Tecnológica Agropecuaria) 176). Montevideo (UY); 2019 [cited 2019 Sep 20]. Available from: [www.ainfo.inia.uy](http://www.ainfo.inia.uy) › Inia-Fpta-76-proyecto-176-2019
  5. INALE (Instituto Nacional de la leche). Encuesta Lechera Inale 2014; Resultados preliminares [Internet]. 2014 [cited 2018 Apr 2]. Available from: <http://www.inale.org/innovaportal/file/4086/1/encuesta-lechera-2014--presentacion-resultados-preliminares-foro-a.pdf>
  6. Kolver E. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proc Nutr Soc.* 2003;62(2):291–300.
  7. Kolver E, Roche J, De Veth M, Thorne P, Napper A. Total mixed rations versus pasture diets; Evidence for genotype x diet interaction in dairy cow performance. *Proc New Zeal Soc Anim Prod.* 2002;62:246–51.
  8. Jorge-Smeding E. Caracterización del ciclo productivo de vacas lecheras de dos razas contrastantes en un sistema pastoril de baja dependencia de insumos externos; aspectos productivos, fisiológicos y emisiones de metano [grade's thesis]. Montevideo (UY): Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2017. 74 p.
  9. Delaby L, Faverdin P, Michel G, Disenhaus C, Peyraud J. Effect of different feeding strategies on lactation performance of Holstein and Normande dairy cows. *Animal.* 2009;3(6):891–905.
  10. Dillon P, Buckley F, O'Connor P, Hegarty D, Rath M. A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production. 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livest Prod Sci.* 2003;83(1):21–33.
  11. MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca). Descripción de Grupos de Suelos CONEAT [Internet]. 2018 [cited 2018 Oct 6]. Available from: [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/descripcion\\_de\\_grupos\\_de\\_suelos\\_coneat.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/descripcion_de_grupos_de_suelos_coneat.pdf)
  12. RENARE (Dirección General de Recursos Naturales Renovables). CONEAT [Internet]. 2018 [cited 2018 Oct 6]. Available from: <http://web.renare.gub.uy/js/visores/coneat/>
  13. Do Carmo M. Efecto de la oferta de forraje y genotipo vacuno sobre la productividad de la cría vacuna en campos de uruguay [master's thesis]. Montevideo (UY): Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2013. 78 p.
  14. SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. 2nd ed. SAS Institute Inc, editor. Cary (NC); 2009. 7869 p.
  15. Bedere N, Disenhaus C, Ducrocq V, Leurent-Colette S, Delaby L. Ability of dairy cows to ensure pregnancy according to breed and genetic merit for production traits under contrasted pasture-based systems. *J Dairy Sci* [Internet]. 2017;100(4):1–16. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11588>
  16. Delaby L, Hennessy D, Gallard Y, Buckley F. Animal choice for grass-

based system. In: Proceedings of the 25th General Meeting of the European Grassland Federation; EGF at 50, the future of European Grasslands (September 7-11, 2014). Aberystwyth (Wales): IBERS, Aberystwyth University; 2014. p. 795–7.

17. IDELE (Institut de l'Élevage). Résultats De Contrôle Laitier - Espece Bovine France 2018 [Internet]. 2019 [cited 2019 Sep 23]. Available from: [http://idele.fr/?eID=cmis\\_download&oID=workspace://SpacesStore/b5b00745-d04a-475e-9817-c789c3381777](http://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace://SpacesStore/b5b00745-d04a-475e-9817-c789c3381777)

7.5 COMPARISON OF HOLSTEIN AND NORMANDE IN A SUPPLEMENTS  
LIMITED PRODUCTION SYSTEM: REPRODUCTION TRAITS

**Comparison of Holstein and Normande in a  
supplements limited production system:  
reproduction traits<sup>2</sup>**

---

**Comparación de Holando y Normando en un  
sistema productivo limitado en suplementos:  
rasgos reproductivos**

---

**Comparaçãõ de Holstein e Normande em um  
sistema produtivo limitado em suplementos:  
traços reprodutivos**

André, M<sup>1</sup>; Astigarraga, L<sup>2</sup>; Saravia, C<sup>3</sup>; Ponzoni, RW<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas, Montevideo, Uruguay. ORCID <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>.

<sup>2</sup>Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas, Montevideo, Uruguay. ORCID <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>.

<sup>3</sup>Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Sistemas Ambientales, Salto, Uruguay. ORCID <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>.

<sup>4</sup>Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Colegio de Posgrados, Montevideo, Uruguay. ORCID <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>.

---

<sup>2</sup> Artículo con formato de revista Agrocienza

## Abstract

Genetic improvement through selection for high milk production has generated a decrease in reproductive efficiency of the animals. The objective of this work was to evaluate the reproductive behavior of Holstein and Normande cows in a grassland production system with limited use of supplements. Data from 587 lactations of 233 cows in production were used. Linear mixed and generalized linear models were fitted. The differences between breeds were not significant for age at first calving ( $p = 0.0569$ ) neither for days to calving ( $p = 0.2302$ ). Normande cows had a shorter calving conception interval, a shorter calving interval and a higher proportion of cows with two calvings in consecutive years than Holstein cows ( $p < 0.05$ ). This suggests that, for a given number of cows in the herd at a particular time, Normande would have a greater proportion of milking than Holstein. The whole production system should be economically evaluated for a given period of time, in order to identify the advantages of each breed in a dairy production system with limited use of supplements.

**Keywords:** breed comparison, dairy production, grassland system

## Resumen

La mejora genética a través de la selección por alta producción de leche ha generado una disminución en la eficiencia reproductiva de los animales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento reproductivo de vacas Holando y Normando en un sistema productivo pastoril con limitado uso de suplementos. Se utilizó datos de 587 lactancias de 233 vacas en producción. Se ajustaron modelos lineales mixtos y lineales generalizados. Las diferencias entre razas no fueron significativas para la edad al primer parto ( $p = 0.0569$ ) ni para días al parto ( $p = 0.2302$ ). Las vacas Normando tuvieron un intervalo parto concepción más corto, un intervalo interparto más corto y una mayor proporción de vacas con dos partos en años consecutivos que vacas Holando ( $p < 0.05$ ). Esto sugiere que, para un número dado de vacas en un rodeo durante un tiempo determinado, Normando tendría una mayor proporción de vacas en ordeño que Holando. El sistema de producción en su conjunto debería ser evaluado económicamente por un periodo de tiempo determinado, con el fin de identificar las ventajas de cada raza en un sistema de producción lechera con limitado uso de suplementos.

**Palabras clave:** comparación de razas, producción lechera, sistema pastoril

## Resumo

O melhoramento genético por meio da seleção para alta produção de leite tem gerado uma diminuição na eficiência reprodutiva dos animais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento reprodutivo das vacas Holstein e Normande em um sistema de produção pastoril com uso limitado de suplementos. Foram utilizados dados de 587 lactações de 233 vacas em produção. Modelos lineares mistos e lineares generalizados foram ajustados. As diferenças entre as raças não foram significativas para a idade no primeiro parto ( $p = 0,0569$ ) nem por dias para o parto ( $p = 0,2302$ ). As vacas Normande tiveram um intervalo parto concepção mais curto, um intervalo interparto mais curto e uma maior proporção de vacas com dois partos em anos consecutivos do que as vacas Holstein ( $p < 0,05$ ). Isso sugere que, para um determinado número de vacas no rebanho durante um determinado período de tempo,

Normande teria uma proporção maior de vacas ordenhando que Holstein. O sistema de produção como um todo deve ser avaliado economicamente por um determinado período de tempo, a fim de identificar as vantagens de cada raça em um sistema de produção leiteira com uso limitado de suplementos.

**Palavras-chave:** comparação de raça, produção de leite, sistema pastoril

## 1. Introduction

Many studies have found a the decrease in reproductive efficiency due to selection for high milk production<sup>(1)(2)(3)(4)(5)(6)</sup>. The genetic correlation between both characteristics is unfavorable<sup>(7)(8)</sup>. Dual purpose breeds are characterized by better reproductive performance than the Holstein breed. Lower intervals between calving and first service, between calving and conception, and between two consecutive calvings have been reported for Normande cows than for Holstein cows<sup>(9)(4)</sup>.

The high mobilization of body reserves is one of the main risk factors for the restart of luteal activity<sup>(1)</sup>. Animals with lower body condition (BC) have lower reproductive performance than animals with higher BC<sup>(3)(10)(8)</sup>. The better reproductive efficiency of the Normande breed, could be associated with its higher BC compared to the Holstein breed. In turn, this could be due to the fact that dual purpose breeds are less able to mobilize reserves at the beginning of lactation compared to animals selected for high milk production<sup>(11)(12)(4)</sup>.

Dairy production in Uruguay is mainly located in the south of the country because of the proximity to the main consumption centers and the presence of highly fertile soils. There are smaller clusters of dairy production in west littoral region and the northeast of the country<sup>(13)(14)</sup>. The latter dairy production systems rely on natural grasslands with the introduction of permanent and annual pastures, and a low use of supplements<sup>(15)</sup>. Farmers in this region cite high production costs, lack of capital to invest and limited production area as key problems<sup>(16)</sup>.

In this paper we report the results of an analysis of reproductive traits in Holstein

and Normande cows in a production system based on pastures with limited use of supplements in the northeast of Uruguay.

## 2. Materials and methods

### 2.1 The environment

The work was carried out in the Dairy Unit of the “Estación Experimental Bernardo Rosengurt” (EEBR) of the Facultad de Agronomía – Universidad de la República. Full details are provided in a companion paper<sup>3</sup>.

### 2.2 Data

Reproductive data were obtained from available files in the EEBR Dairy Unit, from 2009 to 2019. Complete pedigree information was not available.

This information was used to calculate variables to create the database (Table 1).

There were records of 233 cows in production (143 Ho and 90 No), that generated 587 lactations (361 Ho and 226 No). Only 45% of the cows in production had information of sire and dam. Regarding breed composition, the Ho/No ratio was 3.0 in 2009, it has decreased over the years, reaching approximately 1.0 in 2016.

Records of age at first calving out of the range between 24 and 72 months, days at calving higher than 90 days, calving to conception interval of cows that conceive higher than 180 days, or calving interval out of the range between 1% and 99% percentile of their distribution, were eliminated. Non-autumn calvings were eliminated (out of the period between mid March to mid June).

### 2.3 Statistical analysis

The distribution of the residuals of each variable was analyzed by its asymmetry

---

<sup>3</sup> André et al. 2020. Artículo sin publicar

and the Shapiro-Wilk test. Because all the variables had a distribution deviating from

the normal, logarithmic, square root, cube root and inverse transformation were tried.

Table 1. Description of the variables calculated

Variables	
Age at first calving (afc)	Difference between the first calving date and the cow's date of birth
Days to calving (dc)	Difference between the calving date and the first calving date of the corresponding calving season
Calving to conception interval of cows that conceive (ccic)	Difference between the conception date and the calving date of the previous lactation. It only includes cows that conceive in the first service period after calving
Calving interval (ci)	Difference between the calving date and the calving date of the previous lactation
Proportion of cows with two calvings in consecutive years (recalving)	Binary variable. 1: animals that have again a calving in the following year; 0: animals that do not have again a calving in the following year

Lineal mixed models and generalized lineal models were fitted, assuming repeated measurements over time when appropriate. The data were analyzed with the PROC MIXED and PROC GENMOD statistical procedure of the software SAS® (version 9.2, SAS Institute, Cary, NC)<sup>(20)</sup>. Initially, the following model was fitted:  $y_{ijklmn} = \mu + breed_i + year_j + month_k + lactn_l + (breed \times year)_{ij} + (breed \times month)_{ik} + (breed \times lactn)_{il} + A_m + \mathcal{E}_{ijklmn}$ , where:  $y$ : response variable (age at first calving, days to calving, calving to conception interval of cows that conceive, calving interval, proportion of cows with two calvings in consecutive years);  $\mu$ : overall mean; breed ( $i = 1$  to 2); year: year of calving ( $j = 1$  to 10); month: month of calving ( $k = 1$  to 4); lactn: lactation number ( $l = 1$  to 7), (breed  $\times$  year): interaction between breed and year of calving; (breed  $\times$  month): interaction between breed and month of calving; (breed  $\times$  lactn): interaction between breed and lactation number, as fixed effects;  $A$ : animal, and lactation number as a repeated measure;  $\mathcal{E}$ : random residual effect.

In the cases of repeated measures variables, to model the (co)variances of the R sub-matrices within the animals, the Compound Symmetry (CS) structure was used.

The goodness of fit (AIC, BIC) of each model and the statistical significance of the effects were analyzed in order to select the final best model for each variable.

The significance of each effect for the transformed variables, did not differ from that of the variables on the original scale. The results of the untransformed variables are presented, in order to facilitate the interpretation of the results.

The least squares means of the breed effect were compared using the Tukey test. Curves were constructed between years, graphing the least squares means of the interaction (breed  $\times$  year).

### 3. Results

#### 3.1 Descriptive statistics

Table 2 shows the descriptive statistics for variables analyzed in this study.



Table 2. Descriptive statistics

Variable	n	Mean	Min.	Max.	SD	CV (%)
afc (months)	127	36	24	60	6.9	19
dc (days)	262	37	1	89	26.6	71
ccic (days)	144	101	45	177	31.8	32
ci (days)	306	550	337	1149	171.8	31
recalving	461	0.41	0	1	0.492	120

SD: standard deviation; CV: coefficient of variation; afc: age at first calving; dc: days to calving; ccic: calving to conception interval of cows that conceive; ci: calving interval; recalving: proportion of cows with two calvings in consecutive years.

### 3.2 Models fitted to different variables

Table 3 shows the effects included in the

models fitted to different variables, and their significances.

Table 3. Significance of the effects

Variable	Adjusted P						
	breed	year	month	lactn	breed x year	breed x month	breed x lactn
afc (months)	NS	***	-	-	**	NS	-
dc (days)	NS	***	***	NS	NS	NS	NS
ccic (days)	*	***	***	*	NS	NS	NS
ci (days)	**	NS	***	*	NS	NS	NS
recalving	***	**	***	-	-	-	-

year: year of calving; month: month of calving, lactn: lactation number, breed x year: interaction between breed and year of calving; breed x month: interaction between breed and month of calving; breed x lactn: interaction between breed and lactation number; afc: age at first calving; dc: days to calving; ccic: calving to conception interval of cows that conceive; ci: calving interval; recalving: proportion of cows with two calvings in consecutive years.

-: Effect not included in the model.

NS: not significant ( $p > 0.05$ ); \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; \*\*\*:  $p < 0.001$

### 3.3 Breed least squares means

The effect of the breed was also included in the models fitted to different variables (Table 3, Table 4). The difference in age at first calving between both breeds was close

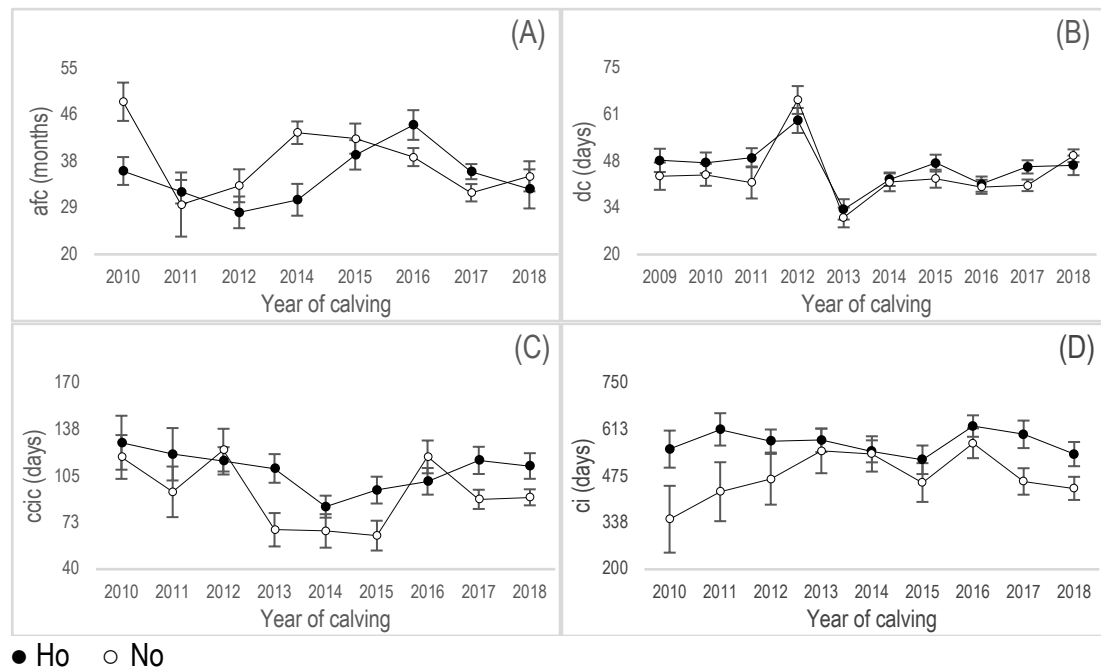
to the classic 0.05 ( $p = 0.0569$ ), but not so in the case of days to calving ( $p = 0.2302$ ). The breed effect was statistically significant ( $p < 0.05$ ) for: calving to conception interval, calving interval and proportion of cows with two calvings in consecutive years.

Table 4. Breed least squares means (LSM), standard error of the difference (SED) and P value

Variable	LSM (se)		SED	Significance (adjusted P)
	Ho	No		
afc (months)	34.6 (0.98)	37.5 (1.19)	1.536	NS
dc (days)	45.9 (1.23)	43.8 (1.20)	1.717	NS
ccic (days)	109.2 (5.48)	92.3 (5.09)	7.477	*
ci (days)	573.4 (17.87)	473.3 (25.24)	30.930	**
recalving	0.33 (0.035)	0.53 (0.045)		***

afc: age at first calving; dc: days to calving; ccic: calving to conception interval of cows that conceive; ci: calving interval; recalving: proportion of cows with two calvings in consecutive years  
 NS: not significant ( $p > 0.05$ ); \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; \*\*\*:  $p < 0.001$

Figure 1. Breed least squares means and standard errors of age at first calving; days to calving; calving to conception interval of cows that conceive; calving interval, by year



In any particular year, the differences in least squares means between breeds were not statistically significant ( $p > 0.05$ ) for any of the variables (Figure 1A, 1B, 1C and 1D).

#### 4. Discussion

There was no between breed difference in days to calving. The result was consistent

with reports by Delaby and others<sup>(12)</sup>, Walsh and others<sup>(2)</sup> and Dillon and others<sup>(4)</sup>.

The difference in calving to conception interval between the two breeds was 17 days in favor to Normande. This value is similar to that reported by Dillon and others<sup>(4)</sup>, who found that this variable was significantly ( $p < 0.05$ ) greater in Holstein (99 days) than in Normande (83 days). The difference between breeds for the calving interval was 100 days less in Normande than in Holstein.

The proportion of cows with two calvings in consecutive years was significantly higher ( $p < 0.05$ ) in Normande than in Holstein. This variable could be compared with some other analyzed by different researchers, such as conception rate and recalving rate<sup>(21)</sup> or pregnancy rate<sup>(12)(4)</sup>. In all cases, the breed had a significant effect ( $p < 0.05$ ) in favor of Normande relative to Holstein.

Different reproductive variables such as calving to first service interval<sup>(2)(4)</sup> or total number of services per pregnant cow<sup>(4)</sup>, have been evaluated in other studies. In all cases Normande was superior to Holstein. Dillon and others<sup>(4)</sup> suggest that Holstein has a poorer reproductive performance than dual purpose breeds, probably resulting from a negative correlated response to the intense selection for milk production in this breed<sup>(22)</sup>.

Bedere and others<sup>(23)</sup> and Pryce and others<sup>(10)</sup> note that cows with high genetic merit for milk production, such as Holstein, have poorer body condition and suffer a greater deterioration of this trait during early lactation, compared to cows with lower genetic merit for milk production, such as Normande. They indicate that this loss in body condition, associated with the energy balance of the animal, is genetically

(unfavorably) correlated with reproductive performance, which would explain the different reproductive rate of both breeds.

## 5. Conclusions

Our results were in good agreement with those reported in the literature, namely, that Normande shows advantages over Holstein in terms of reproduction.

The end result is that for a given number of cows in the herd at a particular time, Normande has a greater proportion of milking than Holstein.

Used in conjunction with the results on milk production traits<sup>4</sup>, the present account on reproductive traits can be used in an economic analysis to assist producers choose the breed that best fits their production system.

### Author contribution statement

MA collected and analyzed the data and wrote the manuscript. RWP designed the data analysis, contributed to the interpretation of results, and contributed to write the manuscript. LA and CS contributed to the interpretation of results and contributed to write the manuscript.

## References

1. Bedere N, Delaby L, Ducrocq V, Leurent-Colette S, Disenhaus C. Toward improved postpartum cyclicity of primiparous dairy cows; effects of genetic merit for production traits under contrasting feeding systems. *J Dairy Sci* [Internet]. 2016;99(2):1266–76. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9843>
2. Walsh S, Buckley F, Pierce K, Byrne N, Patton J, Dillon P. Effects of breed and feeding system on milk production, body

---

<sup>4</sup> André et al. 2020. Artículo sin publicar

- weight, body condition score, reproductive performance, and postpartum ovarian function. *J Dairy Sci* [Internet]. 2008;91(11):4401–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2007-0818>
3. Dillon P, Berry D, Evans R, Buckley F, Horan B. Consequences of genetic selection for increased milk production in European seasonal pasture based systems of milk production. *Livest Sci*. 2006;99(2–3):141–58.
  4. Dillon P, Snijders S, Buckley F, Harris B, O'Connor P, Mee JF. A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production 2. Reproduction and survival. *Livest Prod Sci*. 2003;83(1):35–42.
  5. Lucy MC. Reproductive loss in high-producing dairy cattle; Where will it end? *J Dairy Sci* [Internet]. 2001;84(6):1277–93. Available from: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70158-0](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0)
  6. Pryce JE, Veerkamp RF. The incorporation of fertility indices in genetic improvement programmes. *BSAP Occas Publ*. 2001;26(1):237–50.
  7. Bastin C, Berry DP, Coffey MP, Strandberg E, Urioste JI, Veerkamp RF, et al. Consequences of selection for milk quality and robustness traits. In: *Proceedings of the 44th Interbull Bulletin* (August 26-29, 2011). Uppsala (SE): INTERBULL; 2011. p. 195–9.
  8. Veerkamp RF, Koenen EPC, De Jong G. Genetic correlations among body condition score, yield, and fertility in first-parity cows estimated by random regression models. *J Dairy Sci* [Internet]. 2001;84(10):2327–35. Available from: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74681-4](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74681-4)
  9. Barbat A, Druet T, Bonaiti B, Guillaume F, Colleau JJ, Boichard D. Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises. In: *Proceedings of the 12th Rencontre Recherche Ruminant* (July 7-8, 2005) [Internet]. Paris (FR): INRA; 2005. p. 137–40. Available from: [http://ieparis5.inst-elevage.asso.fr/html28/IMG/pdf/2005\\_reproduction\\_02\\_barbat.pdf](http://ieparis5.inst-elevage.asso.fr/html28/IMG/pdf/2005_reproduction_02_barbat.pdf)
  10. Pryce JE, Coffey MP, Simm G. The relationship between body condition score and reproductive performance. *J Dairy Sci* [Internet]. 2001;84(6):1508–15. Available from: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70184-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70184-1)
  11. Piccand V, Cutullic E, Meier S, Schori F, Kunz PL, Roche JR, et al. Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture-based, seasonal-calving dairy system. *J Dairy Sci* [Internet]. 2013;96(8):5352–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6444>
  12. Delaby L, Faverdin P, Michel G, Disenhaus C, Peyraud J. Effect of different feeding strategies on lactation performance of Holstein and Normande dairy cows. *Animal*. 2009;3(6):891–905.
  13. DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). *Producción* [Internet]. *Anuario Estadístico Agropecuario 2019*. Montevideo (UY): MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca); 2019 [cited 2019 Sep 25]. Available from: <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2019/Anuario2019.pdf>
  14. DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). *La lechería comercial según departamentos; Año 2016*

- [Internet]. Estadísticas de la Producción de Leche 2016, Serie de Trabajos Especiales 347. Montevideo (UY): MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca); 2017 [cited 2019 Sep 25]. Available from: <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/estadisticas-produccion-leche-2016>
15. Vieira X. Estudio de caso: análisis de los factores que afectan la producción y el relacionamiento cooperario en la cuenca de Coleme (Dpto. de Cerro Largo) [grade's thesis]. Montevideo (UY): Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2007. 118 p.
16. Álvarez J, Grau M, Astigarraga L. Relevamiento censal de los productores del Noreste. [Internet]. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), editor. Sistemas de producción de leche para el Noreste del país; FPTA (Fondo de Promoción Tecnológica Agropecuaria) 176). Montevideo (UY); 2019 [cited 2019 Sep 20]. Available from: [www.ainfo.inia.uy](http://www.ainfo.inia.uy) › Inia-Fpta-76-proyecto-176-2019
17. MGAP (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca). Descripción de Grupos de Suelos CONEAT [Internet]. 2018 [cited 2018 Oct 6]. Available from: [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/descripcion\\_de\\_grupos\\_de\\_suelos\\_coneat.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/descripcion_de_grupos_de_suelos_coneat.pdf)
18. RENARE (Dirección General de Recursos Naturales Renovables). CONEAT [Internet]. 2018 [cited 2018 Oct 6]. Available from: <http://web.renare.gub.uy/js/visores/coneat/>
19. Do Carmo M. Efecto de la oferta de forraje y genotipo vacuno sobre la productividad de la cría vacuna en campos de Uruguay [master's thesis]. Montevideo (UY): Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2013. 78 p.
20. SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. 2nd ed. SAS Institute Inc, editor. Cary (NC); 2009. 7869 p.
21. Delaby L, Hennessy D, Gallard Y, Buckley F. Animal choice for grass-based system. In: Proceedings of the 25th General Meeting of the European Grassland Federation; EGF at 50, the future of European Grasslands (September 7-11, 2014). Zurich (CH): Grassland Science in Europe; 2014. p. 795-7.
22. Woolaston R, Shephard R. Improvement of the Reproductive Performance of Victorian Dairy Herds. Woolaston R, Shephard R, editors. Melbourne (AU): Gardiner Foundation; 2011. 69 p.
23. Bedere N, Disenhaus C, Ducrocq V, Laurent-Colette S, Delaby L. Ability of dairy cows to ensure pregnancy according to breed and genetic merit for production traits under contrasted pasture-based systems. *J Dairy Sci* [Internet]. 2017;100(4):1-16. Available from: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11588>