

Economic evaluation of productive and reproductive indicators in dairy cows with different ages at first calving, in grazing systems

Valoración económica de indicadores productivos y reproductivos en vacas lecheras con diferentes edades al primer parto, en sistemas basados en pastoreo

R. Fernández², P. Biga^{1,2}, R.J. Di Masso² and P.R. Marini^{1,2,3}

¹Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario

²Centro Latinoamericano de Estudios de Problemáticas Lecheras (CLEPL)

³Carrera del Investigador Científico (CIC-UNR)

Email: pmarini@unr.edu.ar

R. Fernández: <https://orcid.org/0000-0003-2763-8429>

P. Biga: <https://orcid.org/0000-0002-0883-1509>

R. J. Di Masso: <https://orcid.org/0000-0001-6221-5523>

P. R. Marini: <https://orcid.org/0000-0003-0826-0387>

In livestock activity, profitability can be evaluated by calculating zootechnical indices, because of their relation with production and, consequently, to the main income source for the farmer. The aim of this study was to evaluate the importance of a group of productive-reproductive indicators, not always valued, in the economic results of milk production in system based on grazing. Retrospective data was used, corresponding to lactations of 1,785 primiparous Holstein cows, American-Canadian biotype, collected between 1999-2016 in two establishments located in Entre Ríos province, Argentina. Fifty members from each of the following three age groups at first calving were randomly chosen: Group 1: 750 days (24 months), Group 2: 840 days (27 months) and Group 3: 1,098 days (32 months). Group characterization was based on values of the following indicators: total productive life, total milk production, milk index, productive days, number of calvings, production per lactation and mean calving interval. Significant differences between groups ($p < 0.05$) were only observed for total productive life. Although all three groups produced similar amounts of milk, cows in the late calving age group resulted in higher incomes. It is concluded that indicators calving interval, efficiency in rearing, age at first calving and longevity, all of which are easy to register, acquire relevance when evaluating their impact while modeling the final economic result of the establishment, thus enabling the technical and managerial decision making, aimed to improve system profitability.

Key Words: *dairy cows, age at first calving, calving interval, longevity*

Dairy system in Argentina is based on grazing. Feeding consists, on average, of 56 % forage, 17 % whole corn plant silo and 27 % balanced feed or grains. Holstein breed is the most widely used and is found in 98 % of the establishments (Capellini 2011). It is the result, mainly, of artificial insemination with semen from the USA and Canada (Etcheverry 2012). In most dairy establishments of the country, farmers are unaware of the values of productive and reproductive indicators and, therefore, it is difficult to estimate their impact on the final economic result.

La rentabilidad de la actividad ganadera se puede evaluar a partir del cálculo de índices zootécnicos, ya que están relacionados con la producción y, en consecuencia, con la principal fuente de ingresos para el productor. El objetivo del trabajo fue evaluar la importancia de un conjunto de indicadores productivo-reproductivos, no siempre valorados, en los resultados económicos de un sistema de producción de leche en pastoreo. Se utilizaron datos retrospectivos, correspondientes a las lactancias de 1785 vacas primíparas de raza Holstein, biotipo americano-canadiense, recolectados entre los años 1999-2016, en dos establecimientos ubicados en la provincia de Entre Ríos, Argentina. Se eligieron al azar 50 integrantes de cada uno de los siguientes tres grupos de edad al primer parto: grupo I) 750 días (24 meses), grupo II) 840 días (27 meses) y grupo III) 1098 días (32 meses). Se les caracterizó en función de los valores correspondientes a los indicadores vida productiva total, producción total de leche, índice de leche, días productivos, número de partos, producción por lactancia e intervalo parto-parto promedio. Solo se observaron diferencias significativas entre grupos ($P < 0,05$) para vida productiva total. A pesar de que los tres grupos produjeron similar cantidad de leche, las vacas del grupo con edad al parto tardía generaron mayores ingresos. Se concluye que los indicadores intervalo parto-parto, eficiencia en la cría y recría, edad al primer parto y longevidad, todos de fácil registro, adquieren relevancia al evaluar su impacto, cuando se modela el resultado económico final del establecimiento, lo que posibilita la toma de decisiones técnicas y gerenciales, dirigidas a mejorar la rentabilidad del sistema.

Palabras clave: *vacas lecheras, edad al primer parto, intervalo parto-parto, longevidad*

El sistema lechero en Argentina está basado en pastoreo. La alimentación está compuesta, como promedio, por 56 % de forraje, 17 % de silo de maíz de planta entera y 27 % de alimento balanceado o granos. La raza Holstein es la más utilizada y se encuentra en 98 % de los establecimientos (Capellini 2011). Es el resultado, principalmente, de la inseminación artificial con semen de EEUU y Canadá (Etcheverry 2012). En la mayoría de los establecimientos lecheros del país, los productores desconocen los valores de los indicadores productivos y reproductivos y, por ende, se torna difícil estimar el

Milk production per cow is one of the main factors influencing economics of dairy cattle production (Nemeckova *et al.* 2015 and Krpalkova *et al.* 2016). High milk yields can mean high incomes, but they can also affect health and fertility of cows and, as a result, contribute to an increase of the percentage of culled cows (Horvath *et al.* 2017a). Profitability of dairy establishments also depends, to a large extent, on reproductive efficiency, calving interval length, age at first calving and other indicators that are not always considered (Dono *et al.* 2013). Involuntary culling cows, before the optimal time, reduces profitability (de Vries 2004). Likewise, longevity is another factor that affects the economic results of dairy establishments (Horvath *et al.* 2017b). This fact makes it difficult to make decisions aimed at improving the expected economic results.

The use of indexes has been a common practice to evaluate efficiency of dairy farming in different parts of the world (Lopes *et al.* 2009). Age at first calving, calving interval, mortality and birth and culling percentage constitute technical and managerial indexes of significant importance, as indicators of herd productivity, performance and evolution, as well as of milk production system profitability (Lopes *et al.* 2004, 2005).

Profitability of the livestock activity can be evaluated from the calculation of zootechnical indexes, because these are related to production and, consequently, to the main income source for the farmer. At the same time, farmers and technicians who advise this activity, must pay particular attention to the values of these zootechnical indexes, so that they can identify those aspects that threaten a better profitability of the activity, by not allowing to maximize production, minimize costs, or both (Lopes *et al.* 2009).

The objective of this study was to evaluate the importance of a group of indicators, not always valued, in the economic results of a milk production system based on grazing.

Materials and Methods

Retrospective data were used, corresponding to lactations of 1,785 primiparous Holstein cows, American-Canadian biotype, collected between 1999-2016, in two commercial establishments of the same company, located in Villa Elisa town, Colón department, Entre Ríos province, Argentina. Establishment 1 is located at 32°04'21.0" South and 58°38'13.8" West. Establishment 2 is located at 32°07'53.7" South and 58°36'22.7" West. During the cited period, all cows were subjected to the same management and the same milking facilities were used.

For the purposes of analysis, only those records corresponding to cows with information from their

impacto que estos tienen en el resultado económico final.

La producción de leche por vaca es uno de los principales factores que influyen en la economía de la producción de ganado lechero (Nemeckova *et al.* 2015 y Krpalkova *et al.* 2016). Si bien altos rendimientos de leche se traducen en altos ingresos, también pueden afectar el estado sanitario y la fertilidad de las vacas y, como resultado, contribuir al aumento del porcentaje de vacas de descarte (Horvath *et al.* 2017a). La rentabilidad de los establecimientos lecheros también depende, en gran medida, de la eficiencia reproductiva, de la duración del intervalo de parto, de la edad al primer parto y de otros indicadores que no siempre son tenidos en cuenta (Dono *et al.* 2013). El descarte de vacas involuntariamente, antes del tiempo óptimo, reduce la rentabilidad (de Vries 2004). Asimismo, la longevidad es otro de los factores que afectan los resultados económicos de los establecimientos lecheros (Horvath *et al.* 2017b). Este panorama hace que se dificulte la toma de decisiones destinadas a mejorar los resultados económicos esperados.

Una práctica común para evaluar la eficiencia en la ganadería lechera en distintos lugares del mundo ha sido el uso de índices (Lopes *et al.* 2009). La edad al primer parto, el intervalo parto-parto, la mortalidad y el porcentaje de natalidad y descarte, constituyen índices técnicos y gerenciales de importancia significativa, como indicadores de productividad, rendimiento y evolución de los rebaños, así como de la rentabilidad del sistema de producción de leche (Lopes *et al.* 2004, 2005).

La rentabilidad de la actividad ganadera se puede evaluar a partir del cálculo de índices zootécnicos, pues estos se relacionan con la producción y, en consecuencia, con la principal fuente de ingresos para el productor. Los productores como los técnicos que asesoran esta actividad deben prestar particular atención a los valores de estos índices zootécnicos, de modo que puedan identificar aquellos aspectos que atentan contra una mejor rentabilidad de la actividad, al no permitir maximizar la producción, minimizar los costos, o ambas (Lopes *et al.* 2009).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la importancia de un conjunto de indicadores, no siempre valorados, en los resultados económicos de un sistema de producción de leche basado en pastoreo.

Materiales y Métodos

Se utilizaron datos retrospectivos, correspondientes a las lactancias de 1785 vacas primíparas de raza Holstein, biotipo americano-canadiense, recolectados entre 1999-2016, en dos establecimientos comerciales de la misma empresa, ubicados en la localidad de Villa Elisa, departamento Colón, provincia de Entre Ríos, en Argentina. El establecimiento I se encuentra ubicado a 32°04'21.0" de latitud sur y 58°38'13.8" de longitud oeste. El establecimiento II se halla a 32°07'53.7" de latitud sur y 58°36'22.7" de longitud oeste. En el período citado, todas las vacas se sometieron a igual manejo y se utilizaron las mismas instalaciones de ordeño.

A los efectos del análisis, solo se incluyeron aquellos

birth to the date of their culling or death, and with a second calving, were included. This last criterion was included to ensure that comparison was not affected by the presence of cows with a failed first lactation.

Of the cows that met the inclusion criteria, those with less than 671 days or more than 1,098 days at first calving, with a first lactation less than 150 days, a first calving-second calving interval less than 310 days, or both, were excluded.

Out of the total number of cows that met inclusion and exclusion criteria, those that gave birth to their first calf at 24, 27 and 32 months of age were identified, and then 50 members of each of these groups were randomly chosen.

Each cow, belonging to the three established groups: group 1) age at first calving 750 d (24 months), group 2) age at first calving 840 d (27 months) and group 3) age at first calving 1,098 d (32 months), was characterized based on the values of the following indicators:

Productive indicators. Age at first calving (EPP): first calving date - birth date, d.

Total Productive Life (VPT): culling or death date - birth date, period of time (days) from birth to culling or death.

Total milk production (PLT): \sum liters of milk per completed lactations, total liters of milk produced during the productive life.

Milk index (IL): total for their productive life, il: PLT / VPT (Marini and Oyarzabal 2002 a, b).

Productive days (PD): $VPT - EPP$, d.

Number of calvings (NP): $(DP / IPPp) + 1$

Production per lactation (PL): PLT / NP , L

Reproductive indicators. Mean calving interval (IPPP): age at culling or death, d - age at first calving, d / number of calvings - 1

Indicators and costs. For the analysis of the economic balance, an establishment with 100 cows was modeled from the results and the following indicators and costs were considered:

1. PL (L): $PL * 100$ cows

2. Births: estimate of births adjusted to one year, according to Magnasco (1998)

3. Born females: births / 2, the result of which was rounded towards the female

4. Percentage of losses (Hailiang Zhang *et al.* 2019)

5. Actual females: born females - 18% losses (from birth to first calving)

6. Suitable females: suitable females for replacement

In this indicator, 24 months was estimated as the expected optimum time (Krpalkova *et al.* 2017). The amount of 100 was established as value, and as values moved away, it was calculated as (value of EPP of each group in months * 100)/24 months as optimal value (Marini *et al.* 2018).

7. Replacement: $100 \text{ cows} / (NP * 100)$

8. Missing or surplus heifers: replacement - suitable

registros correspondientes a las vacas con información desde su nacimiento hasta la fecha de su descarte o muerte, y que además hubieran tenido un segundo parto. Este último criterio se incluyó para asegurar que la comparación no resultara viciada por la presencia de vacas con una primera lactancia fallida.

De las vacas que cumplieron los criterios de inclusión, se excluyeron aquellas con menos de 671 d o más de 1098 d al primer parto, con una primera lactancia menor a 150 d, un intervalo primer parto-segundo parto menor a 310 días, o ambos.

Del total de vacas que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, se identificaron aquellas que parieron su primer ternero a los 24, 27 y 32 meses de edad y, a continuación, se eligieron al azar 50 integrantes de cada uno de dichos grupos.

Cada una de las vacas pertenecientes a cada uno de los tres grupos establecidos: grupo I) edad al primer parto 750 d (24 meses), grupo II) edad al primer parto 840 d (27 meses) y grupo III) edad al primer parto 1098 d (32 meses) se caracterizó en función de los valores de los indicadores que se exponen seguidamente.

Indicadores productivos. Edad al primer parto (EPP): Fecha del primer parto - fecha de nacimiento, d.

Vida productiva total (VPT): Fecha de descarte o muerte - fecha de nacimiento, tiempo transcurrido (días) desde el nacimiento hasta el descarte o muerte.

Producción total de leche (PLT): \sum litros de leche por lactancias terminadas, litros totales de leche producidos en la vida productiva.

Índice de leche (IL): total para su vida productiva, il: PLT/VPT (Marini y Oyarzabal 2002 a, b).

Días productivos (DP): $VPT - EPP$, d.

Número de partos (NP): $(DP/IPPp) + 1$

Producción por lactancia (PL): PLT / NP , L

Indicadores reproductivos. Intervalo parto-parto promedio (IPPP): edad de descarte o muerte, d - edad al primer parto, d / número de partos - 1

Indicadores y costos. Para el análisis del balance económico, a partir de los resultados se modeló un establecimiento con 100 vacas totales y se consideraron los siguientes indicadores y costos:

1. PL (L): $PL * 100$ vacas

2. Nacimientos: estimación de nacimientos ajustados a un año, según Magnasco (1998)

3. Hembras nacidas: nacimientos / 2, cuyo resultado se redondeó hacia la hembra

4. Por ciento de pérdidas (Hailiang Zhang *et al.* 2019).

5. Hembras reales: hembras nacidas - 18 % de pérdidas (desde el nacimiento al primer parto)

6. Hembras aptas: hembras idóneas para reponer.

En este indicador se estimó 24 meses como el óptimo esperado (Krpalkova *et al.* 2017). Se estableció 100 como valor, y en la medida que los valores se alejaron se calculó (valor del EPP de cada grupo en meses*100)/24 meses como valor óptimo (Marini *et al.* 2018).

females

9. Milk: total PL * price of milk liter paid to the farmer. Price of a milk liter paid to the farmer \$ 19.10 (Mercado de Liniers 2020)

10. Culled cow: (weight of culled cow * replacement) * price per kg of culled cow

Discard cow weight: 550 kg

Price of a kilogram of culled cow \$ 55 (Mercado de Liniers 2020)

11. Calf: calf weight * price per kg of calf

Calf weight: 80 kg at weaning

Price per kilogram: \$ 80 (Mercado de Liniers 2020)

12. Heifers: number of heifers * heifer price \$ 120,000 (Mercado de Liniers 2020)

13. Expenses: need to purchase a category

14. Balance: Income (milk + culling + cow + calf + heifer) - Expenditure (heifer)

15. 1 dollar = 70 pesos (<https://www.lanacion.com.ar/economia/divisas>)

The effect of the age category at the first calving on the different variables was evaluated with an analysis of variance and a classification criterion followed by Tukey multiple comparison test. Statistical analyzes were performed using the JMP Program Statistical Discovery from SAS (JMP® 2003) version 5.0 for Windows.

Results

Table 1 shows values of productive and reproductive indicators registered and calculated in the three groups of cows, according to age at first calving.

Groups were obviously differentiated by their EPP (classification criterion). Out of the remaining

7. Reposición: 100 vacas / (NP*100)

8. Vaquillonas que faltan o sobran: reposición – hembras aptas

9. Leche: PL total * precio del litro de leche pagado al productor. Precio del litro de leche pagada al productor \$19.10 (Mercado de Liniers 2020).

10. Descarte vaca: (peso de la vaca de descarte* reposición) * precio del kg de vaca descarte.

Peso de la vaca de descarte: 550 kg

Precio del kilogramo de vaca descarte \$55 (Mercado de Liniers 2020).

11. Ternero: peso del ternero * precio del kg de ternero
Peso del ternero 80 kg al desleche

Precio por kilogramo \$80 (Mercado de Liniers, 2020).

12. Vaquillonas: número de vaquillona * precio de la vaquillona \$120 000 ((Mercado de Liniers 2020).

13. Egresos: necesidad de compra de alguna categoría

14. Balance: Ingresos (leche + descarte + vaca + ternero + vaquillona) – Egresos (vaquillona)

15. 1 dólar = 70 pesos (<https://www.lanacion.com.ar/economia/divisas>)

El efecto de la categoría de edad al primer parto en las diferentes variables se evaluó con un análisis de la variancia y un criterio de clasificación, seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa JMP Program Statistical Discovery From SAS (JMP®, 2003) version 5.0 for Windows.

Resultados

La tabla 1 muestra los valores de los indicadores productivos y reproductivos registrados y calculados en los tres grupos de vacas, según la edad al primer parto.

Table 1. Productive and reproductive indicators of Holstein cows, according to age at first calving

Variables	Age groups at first calving			
	Early 24 months	Ideal 27 months	Late 32 months	
Actual data	EPP (days)	749.0 ± 0.32 ^a	840.0 ± 0.31 ^b	982.0 ± 0.87 ^c
	VPT (days)	2.001 ± 66 ^a	2.212 ± 87 ^{ab}	2.368 ± 87 ^b
	IPPP (days)	566.0 ± 26.6 ^a	625.0 ± 38.3 ^a	532.0 ± 26.7 ^a
	PTL (liters)	25.961 ± 1.653 ^a	30.080 ± 2.059 ^a	32.150 ± 2.290 ^a
	IL (liters)	12.4 ± 0.45 ^a	12.9 ± 0.50 ^a	12.8 ± 0.57 ^a
Calculated data	DP(VPT-EPP) days	1.252	1.372	1.386
	NP(DP/IPPP) +1	3.0	3.0	4.0
	PL (PLT/NP) liters	8.082	9.414	8.918

All values correspond to the arithmetic mean ± standard error

Sample size, n = 50 cows per group

^{a, b, c} Values with different letters differ by at least 0.05 for comparisons among age groups at first calving (Tukey multiple comparison test)

PTL: total production of liters during its life

VPT: total productive life

IPPP: mean calving interval

EPP: age at first calving

DP: actual productive days

PN: number of calvings

PL: production per lactation

IL milk index

variables, only statistically significant differences ($P < 0.05$) were observed for VPT. Table 2 summarizes the results of economic analysis. Cows in the late calving age group had higher incomes. This group had more births, fewer suitable heifers, and required less replacement.

Los grupos se diferenciaron de manera obvia por su EPP (criterio de clasificación). De las variables restantes, solo se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) para VPT. La tabla 2 resume los resultados del análisis económico. Las vacas del grupo con edad al parto tardía tuvieron mayores ingresos. Este

Table 2. Economic calculation, according to cow category for a model of 100 cows with the analyzed indicators

Groups		Early 24 months	Ideal 27 months	Late 32 months
Model for 100 cows	Total PL (liters) ¹	808.247	941.412	891.752
	Births ²	45	29	55
	Born females ³	23	15	28
Constant	Percentage of losses ⁴	4	3	5
	Actual females ⁵	19	12	23
	Percentage of suitable females ⁶	98	85	66
	Definitive heifers	18	10	15
	Replacement ⁷	33	33	25
	Heifers to be replaced ⁸	-15	-23	-10
Incomes	Milk ⁹	15.437.513	17.98.0971	17.032.460
	Culled cow ¹⁰	998.250	998.250	756.250
	Calves ¹¹	145.137	93.552	174.863
	Heifers ¹²	0	0	0
		16.580.900	19.072.773	17.963.573
Expenditures ¹³	Heifers	1.780.348	2.733.856	1.229.687
Balance ¹⁴		14.800.551	16.338.917	16.733.886

Results are compared per row

1. PL (liters): PL * 100 cows

2. Births: estimate of births adjusted to one year, according to Magnasco (1998)

3. Born females: births / 2, the result of which was rounded towards the female

4. Percentage of losses (Hailiang Zhang *et al.* 2019)

5. Actual females: born females - 18% losses (from birth to first calving)

6. Suitable females: suitable females for replacement. The amount of 24 months was estimated as the expected optimum time (Krpalkova *et al.* 2017). As values moved away, it was calculated as (value of EPP of each group in months * 100) / 24 months as optimal value (Marini *et al.* 2018).

7. Replacement: 100 cows / (NP * 100)

8. Missing or surplus heifers: replacement - suitable females

9. Milk: total PL * price of milk liter paid to the farmer. Price of a milk liter paid to the farmer \$ 19.10 (Mercado de Liniers 2020)

10. Culled cow: (weight of culled cow * replacement) * price per kg of culled cow. Discard cow weight: 550 kg. Price of a kilogram of culled cow \$ 55 (Mercado de Liniers 2020)

11. Calf: calf weight * price per kg of calf. Calf weight: 80 kg at weaning. Price per kilogram: \$ 80 (Mercado de Liniers 2020)

12. Heifers: number of heifers * heifer price \$ 120,000 (Mercado de Liniers 2020)

13. Expenses: need to purchase a category

14. Balance: Income (milk + culling + cow + calf + heifer) - Expenditure (heifer)

15. 1 dollar = 70 pesos (<https://www.lanacion.com.ar/economia/divisas>)

Discussion

Although health and animal welfare, together with sustainability and low input use, are necessary elements for current dairy production, during the last decades. In the case of dairy cows, the goal of maximizing individual yield of milk and early pregnancy of heifers has been pursued (Horn *et al.* 2012).

With the use of group criterion, according to age at

grupo presentó mayores nacimientos, menor número de vaquillonas aptas, y requirió menor reposición.

Discusión

Aunque la salud y el bienestar animal, unido a la sostenibilidad y el bajo uso de insumos, son elementos necesarios para la producción lechera actual, durante las últimas décadas, en el caso de las vacas lecheras, se persigue como meta la maximización del rendimiento

first calving, and considering the entire productive life of cow, it was observed that there were no differences among groups for the variables analyzed, with the exception of total productive life. However, after modeling three establishments, 100 cows each, their annual projection based on the evaluated indicators and the new derived variables, the highest incomes corresponded to the group of late age at first calving, despite the fact that they are comparatively similar in level of production and reproductive efficiency regarding the two remaining groups, although they present greater longevity (greater number of calvings). This performance evidenced the set of variables that are not usually taken into consideration when using pre-established economic calculations, which only consider income from milk sale.

Although the highest proportion of income (94 %) comes from milk sale, there are other components that contribute to the final result, such as sale of culled cows (5 %) and sale of male calves (1.7 %). Furthermore, a proportion of total income may be represented by the sale of surplus heifers, which is not presented in any of the three modeled cases.

Analyzing the variables with the greatest impact, fitting the analysis to a calendar year, as in this case, the first variable that arises is the calving interval. Meanwhile, for each month of delay in calving date, the impact on income is 8%, due to the lower number of annual births. This result agrees with what several authors suggest, who show that changes in the calving interval are directly reflected on production costs (Freitas *et al.* 2002, Marques *et al.* 2002, Giordano *et al.* 2012 and Galvao *et al.* 2013).

Losses that occur from birth to first calving, which mean fewer heifers to generate gains from milking or selling, were not an evaluated indicator, so their value (18 %) came from other published studies. A study in the United Kingdom concluded that 15 % of female calves born live never reached the first lactation, and only 19 % of them had one parturition (Brickell *et al.* 2009 and Brickell and Wathes 2011). Any heifer that dies or is slaughtered before calving, means a financial problem, as long as that involuntary outlay is not recovered, and must be covered by the income obtained in another area to equalize the loss (Boulton *et al.* 2017).

The third factor is the age at first calving, which would impact on final result by 4 % for each month of delay in the first calving due to the lower number of heifers available to replace, increase the stock or sell.

The previous information agrees with Lemos *et al.* (1992), who referred that the age at first calving is an index of reproductive efficiency due to its relationship with sexual precocity, which marks the beginning of the productive life of a dairy female and, therefore, has obvious economic significance. Its importance is linked

individual de leche y la preñez temprana de las vaquillonas (Horn *et al.* 2012).

Al utilizar el criterio de grupos, según la edad al primer parto, y al considerar toda la vida productiva de la vaca, se observó que no hubo diferencias entre los grupos para las variables analizadas, a excepción de la vida productiva total. Sin embargo, al modelar tres establecimientos, de 100 vacas cada uno y su proyección anual sobre la base de los indicadores evaluados y las nuevas variables derivadas, los mayores ingresos correspondieron al grupo de vacas con edad a primer parto tardío, pese a que las mismas son comparativamente similares en nivel de producción y eficiencia reproductiva con respecto a los dos grupos restantes, aunque presentan mayor longevidad (mayor número de partos). Este comportamiento pone en evidencia el juego de variables que habitualmente no se tienen en cuenta al utilizar cálculos económicos preestablecidos, que solo consideran el ingreso por venta de leche.

A pesar de que la mayor proporción del ingreso (94 %) proviene de la venta de leche, existen otros componentes que aportan al resultado final, entre los que se encuentran la venta de vacas de rechazo (5 %) y la venta de terneros machos (1,7 %). Además, una proporción del total de ingresos puede estar representada por la venta de vaquillonas sobrantes, que no se presenta en ninguno de los tres casos modelizados.

Al analizar las variables con mayor impacto, cuando el análisis se ajusta a un año calendario, como ocurre en este caso, la primera variable que surge es el intervalo parto-parto. En tanto, por cada mes de atraso en la fecha de parto el impacto en los ingresos es del 8 %, debido al menor número de nacimientos anuales. Este resultado concuerda con lo que plantean varios autores, quienes demuestran que los cambios en el intervalo entre partos se reflejan directamente en los costos de producción (Freitas *et al.* 2002, Marques *et al.* 2002, Giordano *et al.* 2012 y Galvao *et al.* 2013).

Las pérdidas que ocurren desde el nacimiento al primer parto, que se traducen en menor número de vaquillonas para ingresar al ordeño o vender, no fue un indicador evaluado, por lo que su valor (18 %) proviene de trabajos publicados. Un estudio en el Reino Unido concluyó que 15 % de las terneras nacidas vivas nunca alcanzaron la primera lactancia, y que solo 19 % parió una vez (Brickell *et al.* 2009 y Brickell y Wathes 2011). Cualquier vaquillona que muere o se sacrifica antes de parir, se traduce en un problema financiero, en tanto ese desembolso involuntario no se recupere, y debe estar cubierto por los ingresos logrados en otro rubro para equiparar la pérdida (Boulton *et al.* 2017).

El tercer factor es la edad al primer parto, que impactaría en el resultado final en 4 % por cada mes de retraso en el primer parto por el menor número de vaquillonas disponibles para reponer, aumentar el stock o vender.

Lo anterior se corresponde con lo planteado por Lemos *et al.* (1992), quienes refieren que la edad al primer parto es un índice de la eficiencia reproductiva por su relación con la precocidad sexual, que marca el inicio de la vida

to the impact on replacement costs.

Lastly, cow longevity should be mentioned, expressed in number of calvings. The decrease in a calving would represent between 5 and 30 % of annual replacement and, consequently, a smaller number of heifers available for sale.

Shafer (2006) argued that farmers have known, for a long time, that cow longevity is an important piece of the profitability puzzle. Lopes *et al.* (2009), after analyzing the influence of different zootechnical indices on composition and evolution of dairy herds over the years, concluded that the calving interval has the greatest influence, and is followed by age at first calving and mortality rate.

Results of this study coincide with previous studies carried out by Marini and Oyarzabal (2002b), for whom the highest milk production would not be enough to guarantee higher income. They also agree with reports of Marini *et al.* (2018), which showed that economic efficiency of groups of Holstein cows is not only determined by milk production, but by other variables such as longevity and reproduction.

These results also coincide with those published by Horn *et al.* (2012). According to these authors, a decrease in milk production does not necessarily lead to lower earnings, if it is accompanied by increased longevity. The economic advantage of longevity lies primarily in retaining productive cows for as long as possible. And it ensures, in turn, that less productive cows are replaced as soon as possible, from an economic point of view (Rogers *et al.* 1988).

According to Rogers *et al.* (1988), the reduction of involuntary slaughter causes replacement costs to be reduced and production to increase, due to a lower frequency of low-yielding cows, and a longer productive life of high-yielding cows.

Although the presented analysis is not a traditional economic balance, it demonstrated the influence of different indicators that, despite their ease of recording, are not always valued. It is emphasized that global productive efficiency of a dairy farm is not always related to milk production, but to the performance of other variables, related to reproductive field and longevity, that is, to the adaptation of cows to specific conditions of the grazing system.

For grazing-based systems, it would be helpful to have cows that, as defined by Mancuso (2017), produce the highest amounts of solids from the lowest amounts of financial and physical inputs, with the ability to walk and graze, with the aptitude for be milked with a minimum of labor and greater reproductive efficiency. This type of animal would allow the genuine growth of dairy herds, with better inclusion of heifers to the herd, without involuntary culling, an essential aspect for sustainability of this type of establishment.

productiva de una hembra lechera y, por lo tanto, es de evidente trascendencia económica. Su importancia se vincula con el impacto en los costos de reemplazo.

Por último, se debe mencionar la longevidad de la vaca, expresada en número de partos. La disminución en un parto representaría entre 5 y 30 % de la reposición anual y, por lo tanto, un número menor de vaquillonas disponibles para la venta.

Shafer (2006) plantea que los productores saben, desde hace mucho tiempo, que la longevidad de las vacas es una pieza importante del rompecabezas de la rentabilidad. Lopes *et al.* (2009), después de analizar la influencia de diferentes índices zootécnicos en la composición y evolución de los rodeos lecheros a lo largo de los años, concluyeron que el intervalo parto-parto tiene la mayor influencia, y le sigue la edad en el primer parto y la tasa de mortalidad.

Los resultados de este estudio coinciden con los de trabajos previos, realizados por Marini y Oyarzabal (2002b), para quienes la mayor producción de leche no sería suficiente para garantizar mayores ingresos. También concuerdan con los informes de Marini *et al.* (2018), que muestran que la eficiencia económica de los grupos de vacas Holstein no sólo está determinada por la producción de leche, sino por otras variables como la longevidad y la reproducción.

Estos resultados también coinciden con los publicados por Horn *et al.* (2012). De acuerdo con estos autores, una disminución en la producción de leche no conduce necesariamente a menores ganancias, si va acompañada del aumento de la longevidad. La ventaja económica de la longevidad radica, principalmente, en retener las vacas productivas durante el mayor tiempo posible. Y garantiza, a su vez, que las vacas menos productivas sean reemplazadas tan pronto como sea posible, desde el punto de vista económico (Rogers *et al.* 1988).

Según Rogers *et al.* (1988), la reducción del sacrificio involuntario hace que los costos de reemplazo se reduzcan y la producción aumente, debido a una menor frecuencia de vacas de bajo rendimiento, y mayor vida productiva de las vacas de alto rendimiento

Aunque el análisis presentado no es un balance económico tradicional, demostró la influencia de diferentes indicadores que, pese a la facilidad de su registro, no siempre son valorados. Se destaca que la eficiencia productiva global de un establecimiento lechero no siempre está relacionada con la producción de leche, sino con el comportamiento de otras variables, vinculadas con la esfera reproductiva y la longevidad, es decir, con la adaptación de las vacas a las condiciones particulares del sistema a pastoreo.

Para los sistemas basados en pastoreo, sería de ayuda una vaca que, como la define Mancuso (2017), produzca las mayores cantidades de sólidos a partir de las menores cantidades de insumos financieros y físicos, con habilidad para caminar y pastorear, con aptitud para ser ordeñada con un mínimo de trabajo y con mayor eficiencia reproductiva.

Conclusions

The inclusion of productive-reproductive indicators, such as the calving interval, rearing efficiency, age at first calving and longevity, all of which can be easily recorded in an elementary model that exceeds the simple consideration of milk production, makes it possible to evaluate its impact on the final economic result, and enables technical and managerial decision making, which tend to improve profitability of dairy farms from a systemic perspective.

Este tipo de animal posibilitaría el crecimiento genuino de los rodeos lecheros, con mayor incorporación de vaquillonas al rodeo, sin descarte involuntario, aspecto esencial para la sustentabilidad de este tipo de establecimiento.

Conclusiones

La inclusión de indicadores productivo-reproductivos, como el intervalo parto-parto, la eficiencia en la cría y recría, la edad al primer parto y la longevidad, todos de fácil registro en un modelo elemental que excede la simple consideración de la producción de leche, permite evaluar su impacto en el resultado económico final, y posibilita la toma de decisiones técnicas y gerenciales, que tienden a mejorar la rentabilidad de las explotaciones lecheras desde una perspectiva sistémica de las mismas.

References

- Brickell, J.S., McGowan, M.M., Pfeiffer, D.U. & Wathes, D.C. 2009. "Mortality in Holstein-Friesian calves and replacement heifers in relation to body weight and IGF-I concentration, on 19 farms in England". *Animal*, 3(8): 1175–1182, ISSN: 1751-7311, DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173110900456X>.
- Brickell, J.S. & Wathes, D.C. 2011. "A descriptive study of the survival of Holstein Friesian heifers through to third calving on English dairy farms". *Journal of Dairy Science*, 94(4): 1831–1838, ISSN: 0022-0302, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3710>.
- Boulton, A.C. Rushton, J. & Wathes, D.C. 2017. "An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs". *Animal*, 11(8): 1372–1380, ISSN: 1175–1182, DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731117000064>.
- Cappellini, O.R. 2011. "Dairy development in Argentina". Food and Agriculture Organization Of The United Nations (FAO). Rome, Italy. Available: <http://www.fao.org/3/al744e/al744e00.pdf>.
- de Vries A. 2004. "Economics of delayed replacement when cow performance is seasonal". *Journal of Dairy Science*, 87(9): 2947–2958, ISSN: 0022-0302, DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73426-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73426-8).
- Dono, G., Giraldo, L. & Nazzaro, E. 2013. "Contribution of the calving interval to dairy farm profitability: results of a cluster analysis of FADN data for a major milk production area in southern Italy". *Spanish Journal of Agricultural Research*, 11(4): 857–868, ISSN: 2171-9292, DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2013114-3873>.
- Etcheverry, J. 2012. "Situación y evolución del mercado de la genética bovina en la Argentina y el mercado internacional. Cámara Argentina de Biotecnología de la Reproducción e Inseminación Artificial. Jornada CABIA 40 años". Available: <http://181.119.20.20/cabia/Etcheverry>.
- Freitas, M.S., Cavalcanti, H., Costa, C.N., Freitas, A.F., Torres, R.A., Rennó, F.P. & Araújo, C.V. 2002. Idade ao primeiro parto, intervalo de partos, produção na primeira lactação e produção por dia de intervalo de partos de vacas girolando. In: 39a Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia. Anais das Reunioes. Recife, Pernambuco, Brasil.
- Galvao, K.N., Federico, P., De Vries, A. & Schuenemann, G.M. 2013. "Economic comparison of reproductive programs for dairy herds using estrus detection, timed artificial insemination, or a combination". *Journal of Dairy Science*, 96(4): 2681–2693, ISSN: 0022-0302, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5982>.
- Giordano, J.O., Kalantari, A.S., Fricke, P.M., Wiltbank, M.C. & Cabrera, V.E. 2012. "A daily herd Markov-chain model to study the reproductive and economic impact of reproductive programs combining timed artificial insemination and estrus detection". *Journal of Dairy Science*, 95(9): 5442–5460, ISSN: 0022-0302, DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4972>.
- Hailiang, Z., Yachun, W., Yao, Ch., Hanpeng, L., Brito, L.F., Yixin, D., Rui, S., Yajing, W., Ganghui, D. & Lin, L. 2019. "Mortality-Culling Rates of Dairy Calves and Replacement Heifers and Its Risk Factors in Holstein Cattle". *Animals*, 9(10): 730, ISSN: 2076-2615, DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9100730>.
- Horn, M., Knaus, W., Kirner, L. & Steinwider, A. 2012. "Economic Evaluation of Longevity in Organic Dairy Farming". *Organic Agriculture*, 2: 127–143, ISSN: 1879-4246, DOI: <https://doi.org/10.1007/s13165-012-0027-6>.
- Horvath, J., Toth, Z. & Miko, E. 2017a. "The analysis of production and culling rate with regard to the profitability in a dairy herd". *Advanced Research in Life Sciences*, 1(1): 48–52, ISSN: 2543-8050, DOI: <https://doi.org/10.1515/arls-2017-0008>.
- Horvath, J., Tóth, Z. & Miko, E. 2017b. "The economic importance of productive lifetime in dairy cattle breeding". *LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE, SERIA I*, 19(2): 73–78, ISSN: 2069-6727.
- Krpalkova, L., Cabrera, V.E., Kvapilik, J. & Burdych, J. 2016. "Dairy farm profit according to the herd size, milk yield, and number of cows per worker". *Agricultural Economics (Czech Republic)*, 62(5): 225–234, ISSN: 1805-9295, DOI: <https://doi.org/10.17221/126/2015-AGRICECON>.
- Krpalkova, L., Syrucek, J., Kvapilik, J. & Burdych, J. 2017. "Analysis of milk production, age of first calving, calving interval and economic parameters in dairy cattle management". *Mljekarstvo: časopis za unapređenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 67(1): 58–70, ISSN: 1846-4025, DOI: <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2017.0107>.
- Lemos, A.M., Madalena, F.E., Teodoro, R.L., Barbosa, R.T. & Monteiro, J.B.N. 1992. "Comparative performance of six Holstein-

- Friesian x Guzera grades in Brazil 5: age at first calving". *Revista Brasileira de Genética*, 15(1): 73-83, ISSN: 0100-8455.
- Lopes, M.A., Cardoso, M.G. & Demeu, F.A. 2009. "Influência de diferentes índices zootécnicos na composição e evolução de rebanhos bovinos leiteiros". *Ciência Animal Brasileira*, 10(2): 446-453, ISSN: 1518-2797.
- Lopes, M.A., Demeu, F.A., dos Santos, G. & Ghedini-Cardoso, M. 2009. "Impacto econômico do intervalo de partos em rebanhos bovinos leiteiros". *Comunicação. Ciência e Agrotecnologia*, 33(Edição Especial): 1908-1914, ISSN: 1413-7054, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000700036>.
- Lopes, M.A., Lima, A.L.R., Carvalho, F. de M., Reis, R.P., Santos, I.C. & Saraiva, F.H. 2004. "Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG)". *Ciência e Agrotecnologia*, 28(5): 1177-1189, ISSN: 1413-7054.
- Lopes, M.A., Lima, A.L.R., Carvalho, F. de M., Reis, R.P., Santos, I.C. & Saraiva, F.H. 2005. "Resultados econômicos de sistemas de produção de leite com diferentes níveis tecnológicos na região de Lavras (MG)". *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, 57(4): 485-493, ISSN: 1678-4162, DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352005000400009>.
- Magnasco, R.P. 1998. How to evaluate reproductive efficiency. *Producir XXI*. Año 7 No. 83: 45-52.
- Mancuso, W.A. 2017. Evaluación y comparación de grupos genéticos lecheros, en un sistema a pastoreo de la comarca lechera de Entre Ríos, Argentina. PhD Thesis. Facultad de veterinaria, Universidad de Santiago de Compostela, La Coruña, España, p. 175, Available: <http://hdl.handle.net/10347/15513>.
- Marques, V.M., Reis, R.P., Sáfadi, T. & Reis, A.J. 2002. "Custo e escala na pecuária leiteira: estudos de casos em Minas Gerais". *Ciência e Agrotecnologia*, 26(5): 1027-1034, ISSN: 1413-7054.
- Marini, P.R., Fernández, R. & Di Masso, R.J. 2018. "Non-traditional Economic Estimation of Dairy Cow Income in Grazing Systems". *Sustainable Agriculture Research*, 7(3): 21-27, ISSN: 1927-0518, DOI: <https://doi.org/10.5539/sar.v7n3p21>.
- Marini, P.R. & Oyarzabal, M.I. 2002a. "Patrones de producción en vacas lecheras. 1 Componentes de la producción y sus características según nivel de producción". *Revista Argentina de Producción Animal*, 22(1): 29-46, ISSN: 2314-324X.
- Marini, P.R. & Oyarzabal, M.I. 2002b. "Patrones de producción en vacas lecheras. 2 Descripción de la vaca promedio y estimación de los ingresos según categorías de producción". *Revista Argentina de Producción Animal*, 22(1): 47-60, ISSN: 2314-324X.
- Mercado de Liniers. 2020. Available: <http://www.mercadodeliniers.com.ar/indexnuevo.htm>.
- Nemeckova, D., Stadnik, L. & Citek J. 2015. "Associations between milk production level, calving interval length, lactation curve parameters and economic results in Holstein cows". *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 65(4): 243-250, ISSN: 1846-4025, DOI: <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2015.0404>.
- Rogers, G.W., Van Arendonk, J.A.M. & McDaniel, B.T. 1988. "Influence of Involuntary Cullin on Optimum Culling Rates and Annualised Net Revenue". *Journal of Dairy Science*, 71: 3463-3469, ISSN: 0022-0302, DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79952-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79952-X).
- Shafer, W. 2006. Implementation of a Stayability EPD: American Simmental Association perspective. American Simmental Association. Bozeman, Montana, USA, Available: <http://www.bifconference.com/bif2006/pdfs/Shafestay.pdf>.

Received: August 14, 2020

Accepted: 28 September 2020