



## EVALUACIÓN HISTÓRICA DE INDICADORES PRODUCTIVOS EN VACAS LECHERAS EN SISTEMAS A PASTOREO

### HISTORICAL EVOLUTION OF PRODUCTIVE INDICATORS IN DAIRY COWS IN GRAZING SYSTEMS

Pablo Roberto Marini<sup>1,2\*</sup> y Ricardo José Di Masso<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Ovidio Lagos y Ruta 33, 2170 Casilda, Santa Fe, Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Rosario, Ovidio Lagos y Ruta 33, 2170 Casilda, Santa Fe, Argentina

\*Autor para correspondencia: [pmarini@fveter.unr.edu.ar](mailto:pmarini@fveter.unr.edu.ar)

Manuscrito enviado el 5 de enero de 2018. Aceptado, tras revisión, el 27 de marzo de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

#### Resumen

Se utilizaron datos retrospectivos correspondientes a las lactancias de 300 vacas primíparas y multíparas de raza Holstein, recolectados entre los años 1992-2012 en un lechería-cabaña ubicado de la localidad de Casilda, provincia de Santa Fe-Argentina. Los animales se dividieron en dos grupos: vacas puras (VP, n=120) y vacas con registro de cría (VRC, n=180). Se procedió a confeccionar, en primer término, los diagramas de dispersión resultantes de representar en forma conjunta los valores del índice de leche (Y) y la producción total de leche (X), correspondientes a cada individuo. Se realizaron diagramas de dispersión vinculando los mismos indicadores, pero restringiendo la asociación a las vacas puras y con registro de cría, dentro de cada categoría (baja, media y alta) de producción. Para las vacas puras: vacas de baja producción:  $r = 0,883$ ;  $P < 0,0001$ ; vacas de producción intermedia:  $r = 0,577$ ;  $P < 0,0001$  y vacas de alta producción:  $r = 0,391$ ;  $P = 0,0139$ . Para las vacas registro de cría: vacas de baja producción:  $r = 0,739$ ;  $P < 0,0001$ ; vacas de producción intermedia:  $r = 0,691$ ;  $P < 0,0001$  y vacas de alta producción:  $r = 0,568$ ;  $P < 0,0001$ . Las pendientes fueron positivas y significativas. Se observó una disminución del valor de la pendiente ( $P < 0,0001$ ) junto con un aumento de la variancia residual con el aumento de la producción de leche. Se concluye que además de los litros totales de leche, debería incorporarse la contribución de otras variables tales como longevidad, eficiencia en la recría y comportamiento reproductivo.

**Palabras claves:** vacas Holstein, eficiencia productiva, criterios de evaluación, sistema a pastoreo

---

**Abstract**

Retrospective data corresponding to the lactation of 300 primiparous and multiparous Holstein cows were used, collected during 1992-2012 in farms located in Casilda, Santa Fe province -Argentina. The animals were divided into two groups: pure cows (VP, n = 120) and cows with breeding registers (VRC, n = 180). The dispersion diagrams resulting from the values of the milk index (Y) and the total milk production (X), corresponding to each individual were first prepared. Dispersion diagrams were made linking the same indicators, but restricting the association to pure cows and with breeding registers within each production category (low, medium and high). For pure cows: low production cows:  $r = 0.883$ ;  $P < 0.0001$ ; cows of intermediate production:  $r = 0.577$ ;  $P < 0.0001$  and high production cows:  $r = 0.391$ ;  $P = 0.0139$ . For the cow breeding record: low production cows:  $r = 0.739$ ;  $P < 0.0001$ ; cows of intermediate production:  $r = 0.691$ ;  $P < 0.0001$  and high production cows:  $r = 0.568$ ;  $P < 0.0001$ . The slopes were positive and significant. A decrease in the value of the slope ( $P < 0.0001$ ) was observed along with an increase in the residual variance with the increase in milk production. It is concluded that in addition to the total liters of milk, the contribution of other variables such as longevity, efficiency in breeding and reproductive efficiency should be incorporated.

**Keywords:** Holstein cows, productive efficiency, evaluation criteria, grazing system

---

Forma sugerida de citar: Marini, P. R. y Di Masso, R. J. 2018. Evaluación histórica de indicadores productivos en vacas lecheras en sistemas a pastoreo. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 28(2):103-115. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.08>.

---

## 1 Introducción

Frente a los abordajes de tinte reduccionista habituales en la producción agropecuaria que focalizan su atención en unas pocas variables aisladas, la aplicación del enfoque de sistemas representa una visión totalizadora y macroscópica, que implica el reconocimiento de las interacciones entre sus elementos. La mirada sistémica posibilita comprender los mecanismos asociados a la productividad y a la eficiencia del conjunto, como así también la dinámica de sus propiedades a lo largo del tiempo.

Siguiendo el mandato cartesiano de dividir la realidad para hacerla comprensible y facilitar su interpretación, las disciplinas tradicionales han evolucionado dividiendo el proceso global de la producción agropecuaria en unidades cada vez menores. La adopción de esta estrategia analítica por parte de los investigadores, si bien contribuyó a un conocimiento más detallado de las partes, demoró la comprensión de los procesos integrales involucrados en el todo que no sólo las abarca, sino que también las excede (Bertalanffy, 1976; Viglizzo, 1989).

Un ejemplo de ello, es la búsqueda de la maximización del valor de una variable productiva en desmedro de las variables restantes, que ha alterado el equilibrio y deteriorado la eficiencia global de los sistemas productivos (Rabasa, 1980). Durante mucho tiempo el impacto y las consecuencias de este tipo de interacción fueron minimizados por algunos genetistas quienes aducían que sus efectos, de existir, deberían ser despreciables (Boettcher, 2001).

La evidencia experimental de la existencia de dicha interacción genotipo-ambiente no siempre es coincidente y, de hecho, es de esperar que se presente cuando existen grandes diferencias entre los genotipos y/o entre los ambientes, por lo cual los efectos están presentes especialmente en sistemas productivos con bajo o mediano control ambiental (Geay y Robelin, 1979; Molinuevo *et al.*, 1982; Oldham, Simm y Marsden, 1996). Todo sistema abierto recibe entradas a las que procesa y genera salidas. En el caso de los sistemas productivos, el concepto de eficiencia hace referencia a la manera más adecuada de utilizar los recursos, con la tecnología y los productos existentes.

Como resultante de este posicionamiento se considera que un proceso de producción es eficiente si se obtiene el máximo de salidas con las menores entradas posibles (Coelli *et al.*, 2005). En producción lechera, la expresión “maximizar las salidas” pue-

de presentar diferentes connotaciones: maximizar la producción individual por lactancia o maximizar la producción considerando la totalidad de la vida de la vaca lo que implica incluir en el análisis el éxito reproductivo. Los asesores de los establecimientos lecheros requieren de información actualizada y constante que les permita monitorear la actividad y planificar acciones que contribuyan a procesar las entradas de manera tal que impacten positivamente en las salidas del sistema.

Esta información, volcada en la forma de indicadores, debería reflejar adecuadamente lo que ocurre en el predio y servir de referencia para saber dónde se ubica cada establecimiento en cada momento. Los indicadores pretenden mostrar en forma simple y didáctica los logros derivados de la consecución de los objetivos asociados a las diferentes acciones que se proponen en un tambo, para que éstas puedan ser fácilmente entendibles y evaluadas. Los valores asociados a esos indicadores deben decir en qué medida se está cumpliendo con los objetivos planteados para la empresa (Piccardi, 2014; Carstensen, 2013) en tanto ayudan a comprender dónde se encuentra, hacia dónde va y cuán lejos está de las metas propuestas.

En tal sentido, son elementos de información que resumen las características de un sistema e “indican” lo que ocurre en el mismo. De acuerdo con el International Institute for Sustainable Development (IISD), un indicador permite cuantificar y simplificar fenómenos complejos mejorando nuestra comprensión de la realidad. Entre los indicadores más comunes en las explotaciones lecheras, se encuentran atributos de la producción de leche que pueden derivarse de las curvas de lactancia. Los parámetros que caracterizan a estas curvas y que, por tanto, se usan como elementos a evaluar son: la duración de la lactancia en días, los días en lactancia al pico de lactancia y los litros de leche al pico de lactancia (Keown *et al.*, 1986; Ludwick y Petersen, 1943). Los litros de leche ajustados a 305 días de lactancia, representan también un indicador productivo de uso frecuente que refiere a los litros de leche acumulados en una lactancia con esa duración teórica promedio (Piccardi, 2014).

Si bien los litros de leche producidos por una vaca pueden considerarse el indicador más trascendente en el marco de sistemas intensivos, no representan por sí solos el referente más apropiado para tornar operativa una variable compleja como la eficiencia productiva cuando se pretende aprove-

char las ventajas de los sistemas a pastoreo. En estos casos, se lo debería complementar, o incluso reemplazar, por otros indicadores más agregados que se constituyan en alternativas como medida más integral para valorar el comportamiento de la producción en aquellos sistemas en los que la pastura representa el componente básico de la dieta. Disponer de indicadores de esta naturaleza contribuiría a evitar la sobrevaloración de uno de los caracteres involucrados en la valoración de una buena vaca lechera por sobre otros también trascendentes y permitiría identificar los biotipos más adaptados a los distintos ambientes existentes en el lugar de la evaluación. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia biológica de dos poblaciones de vacas lecheras, en un sistema a pastoreo, mediante el uso de dos indicadores productivos registrados a lo largo de 21 años.

## 2 Materiales y Métodos

Se utilizaron datos retrospectivos correspondientes a 300 vacas primíparas y multíparas de raza Holstein biotipo Americano-Canadiense con registros de toda su vida productiva, desde su incorporación al sistema hasta su venta o muerte, recolectados entre los años 1992 y 2012 en el tambo-cabaña Holando Argentino perteneciente a la Escuela Agrotécnica Gral. José de San Martín dependiente de la Universidad Nacional de Rosario. El mismo se encuentra ubicado en la localidad de Casilda, departamento Caseros, provincia de Santa Fe, Argentina (33° 02' 39" de latitud sur, 61° 10' 05" de longitud oeste).

El establecimiento cuenta con control lechero oficial de la Sociedad Rural de Totoras, Entidad Oficial N° 13 y presenta las siguientes características: (1) utiliza exclusivamente vacas de la raza Holstein; (2) la alimentación es básicamente a pastoreo (praderas de alfalfa) con suplementación (grano de maíz, silo de maíz y rollos) suministrada en diferentes proporciones de acuerdo a la disponibilidad estacional de las praderas de alfalfa; (3) se cumple con un control ginecológico periódico; (4) se realiza control lechero oficial; (5) se encuentra libre de brucelosis, tuberculosis, campilobacteriosis y tricomoniasis; con control de leptospirosis, rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina; (7) los datos informados son confiables y (8) la inseminación artificial utiliza semen de origen americano y canadiense.

Estas características garantizan pautas mínimas de manejo en sanidad, alimentación y asistencia técnica que lo ubica por encima de la media general del Departamento citado, en estos aspectos. En el lapso relevado, todas las vacas se manejaron en las mismas instalaciones de ordeño. Los animales se dividieron en dos grupos: vacas puras (VP, n=120) y vacas con registro de cría (VRC, n=180). La diferencia entre ambas se basa en que las primeras se inseminan siempre con semen de toros probados mientras que dicha práctica no se mantiene de manera constante en el caso de las segundas. Para alcanzar la condición de vaca pura se requieren siete generaciones con padres probados, lo que implica que las integrantes del grupo de vacas con registro de cría están en distintos momentos de ese camino para lograrlo. Durante el período objeto de esta evaluación las vacas consumieron forrajes bajo pastoreo directo (pasturas polifíticas y verdes anuales de invierno y de verano) o conservados (silo de planta entera de maíz y de sorgo, henos de praderas) y concentrados (granos de maíz y de sorgo). En el mismo lapso, el ambiente climático fue muy variable, tanto en precipitaciones como en la combinación de temperatura y humedad relativa.

Se registraron las siguientes variables:

Producción de leche (PL) en litros: litros de leche producidos por vaca, ajustados a 305 días de lactancia.

Fecha de nacimiento (FN) en días.

Edad al primer parto (EPP) en días.

Producción total de leche (LT) en litros [ $LT = \sum pli$ ], donde pli son los litros producidos en el i-ésima lactancia.

Índice de leche (producción de leche por día de vida) il:  $LT/e$ , donde e es la edad en días al finalizar la última lactancia (Marini y Oyarzabal, 2002a,b).

Tanto las vacas puras como aquellas con registro de cría se clasificaron, a su vez, en tercios de acuerdo al valor de su producción total de leche (LT) quedando así definidas tres categorías para cada grupo: CB –vacas de baja producción, CM –vacas de producción media y CA –vacas de alta producción.

Para ambos grupos de vacas, por separado, se procedió a confeccionar, en primer término, los diagramas de dispersión resultantes de representar en forma conjunta los valores del índice de leche (Y) y la producción total de leche (X), correspondientes a cada individuo. En segunda instancia se realizaron

diagramas de dispersión vinculando los mismos indicadores, pero restringiendo la asociación a las vacas puras y con registro de cría, dentro de cada categoría (baja, media y alta) de producción.

## 2.1 Análisis estadísticos

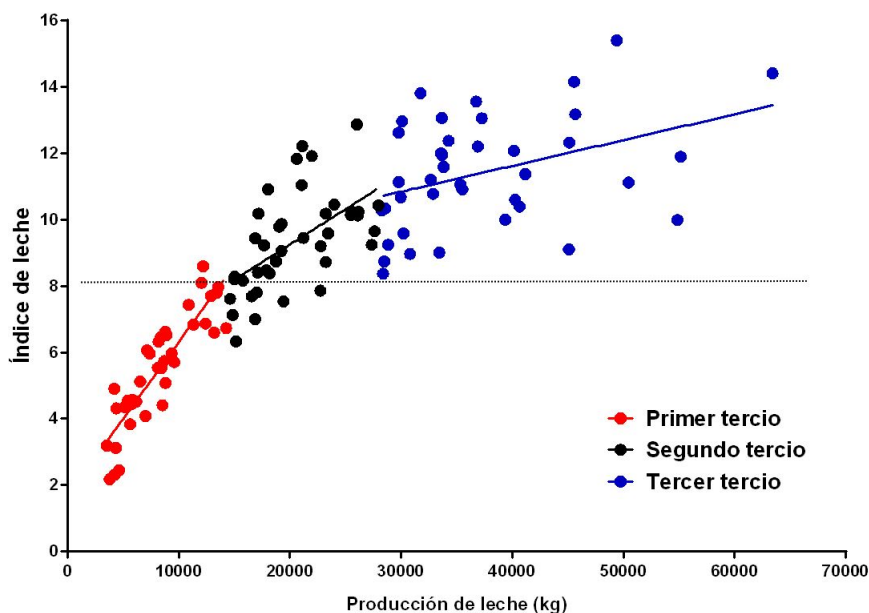
El grado de asociación entre ambos indicadores –producción total de leche e índice de leche– para las vacas puras y con registro de cría de cada tercio –baja, media y alta producción– se cuantificó a partir del cálculo del coeficiente de correlación producto-momento de Pearson.

Los datos –índice de leche versus producción de leche– para cada categoría productiva, tanto de las vacas puras como de las vacas con registro de cría, se ajustaron por regresión lineal simple, previa constatación del comportamiento lineal mediante un test de rachas o ciclos (Sheskin, 2011). Los estimadores de los parámetros de las rectas de regresión se compararon mediante un análisis de la covariancia. Las comparaciones entre tercios de producción para cada tipo de vaca (pura y con registro de cría) se limitaron a las respectivas pendientes, mientras que las correspondientes al tipo de vaca para cada nivel de producción (baja, media y alta) incluyeron también a las alturas (ordenada al origen) de las mismas.

## 3 Resultados

### 3.1 Comparación del comportamiento de las vacas pertenecientes a las categorías de baja, media y alta producción, en cada uno de los dos grupos: vacas puras y vacas con registro de cría

La Figura 1 resume la relación entre el índice de leche y la producción total de leche para las tres categorías productivas, en las vacas puras (VP). Se observa que a mayor producción de leche acumulada corresponde un mayor valor del índice de leche. Si bien se trata de una asociación esperada en tanto el valor de la producción forma parte del cálculo del IL, al considerar la totalidad de los datos, la asociación no es lineal, sino que muestra una tendencia a estabilizarse, lo que traduce en una disminución en el valor del coeficiente de correlación al pasar de las vacas menos productivas a las más productivas, de acuerdo con el siguiente detalle: Primer tercio (vacas de baja producción):  $r = 0,883$ ;  $P < 0,0001$ ; Segundo tercio (vacas de producción intermedia):  $r = 0,577$ ;  $P < 0,0001$  y Tercer tercio (vacas de alta producción):  $r = 0,391$ ;  $P = 0,0139$ .



**Figura 1.** Relación entre el índice de leche y la producción de leche acumulada de vacas Holstein biotipo Americano-Canadiense puras discriminadas por tercios según su producción

La Tabla 1 presenta los resultados derivados del ajuste lineal de cada uno de los tres tramos mencionados. Para ninguno de ellos se rechazó la hipótesis de linealidad (test de ciclos o rachas no significativo,  $P > 0,05$ ). Todas las pendientes fueron positivas

y significativamente diferentes de cero ( $P < 0,05$ ). Se observó una disminución del valor de la pendiente (diferencia entre pendientes estadísticamente significativa:  $F = 17,13$ ;  $P < 0,0001$ ) junto con un aumento de la variancia residual ( $Sy.x$ ).

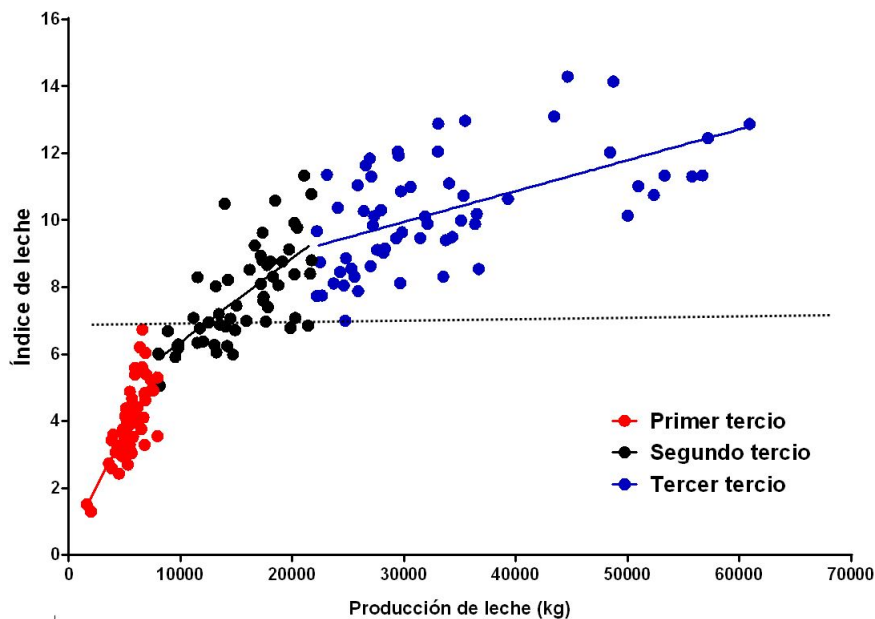
**Tabla 1.** Valor de la pendiente de regresión, test de linealidad y variancia residual de la relación entre el índice de leche y la producción total de leche en vacas Holstein biotipo Americano-Canadiense puras discriminadas en tercios por su producción acumulada de leche

	Primer tercio	Segundo tercio	Tercer tercio
$b \pm Sb$	0,000462 $\pm 0,000040$	0,000213 $\pm 0,000049$	0,000078 $\pm 0,000030$
$H_0) \beta = 0$	$F = 131$ $P < 0,0001$	$F = 18,9$ $P < 0,0001$	$F = 6,68$ $P = 0,0139$
$Sy.x$	0,785	1,233	1,589

$b \pm Sb$ : pendiente de la recta y error estándar de la estimación  
 $Sy.x$ : variancia residual

La Figura 2 resume la relación entre el índice de leche y la producción total de leche para las tres categorías productivas, en las vacas con registro de cría (VRC). Como era de esperar también en este caso se reitera que a mayor producción de leche acumulada corresponde un mayor valor del índice de leche. Nuevamente, si se consideran los datos en su

totalidad, la asociación no es lineal, sino que tiende a estabilizarse a juzgar por los valores de los respectivos coeficientes de correlación: Primer tercio (vacas de baja producción):  $r = 0,739$ ;  $P < 0,0001$ ; Segundo tercio (vacas de producción intermedia):  $r = 0,691$ ;  $P < 0,0001$  y Tercer tercio (vacas de alta producción):  $r = 0,568$ ;  $P < 0,0001$ .



**Figura 2.** Relación entre el índice de leche y la producción de leche acumulada de vacas Holstein biotipo Americano-Canadiense puras discriminadas por tercios según su producción

Al igual que en el caso de las vacas puras cada uno de los tres tramos se ajustó con una función lineal (Tabla 2). Para ninguno de dichos tramos se rechazó la hipótesis de linealidad (test de ciclos o rachas no significativo). Todas las pendientes fue-

ron positivas y significativas. También en esta categoría de animales se observó una disminución del valor de la pendiente (diferencia entre pendientes estadísticamente significativa:  $F = 18,82$ ;  $P < 0,0001$ ) junto con un aumento de la variancia residual ( $Sy.x$ ).

**Tabla 2.** Valor de la pendiente de regresión, test de linealidad y variancia residual de la relación entre el índice de leche y la producción total de leche en vacas Holstein biotipo Americano-Canadiense con registro de cría discriminadas en tercios por su producción acumulada de leche

	Primer tercio	Segundo tercio	Tercer tercio
$b \pm Sb$	0,000641 $\pm 0,000077$	0,000250 $\pm 0,000036$	0,000092 $\pm 0,000017$
$H_0) \beta = 0$	$F = 70,0$ $P < 0,0001$	$F = 49,2$ $P < 0,0001$	$F = 28,2$ $P = 0,0001$
$Sy.x$	0,737	1,058	1,378

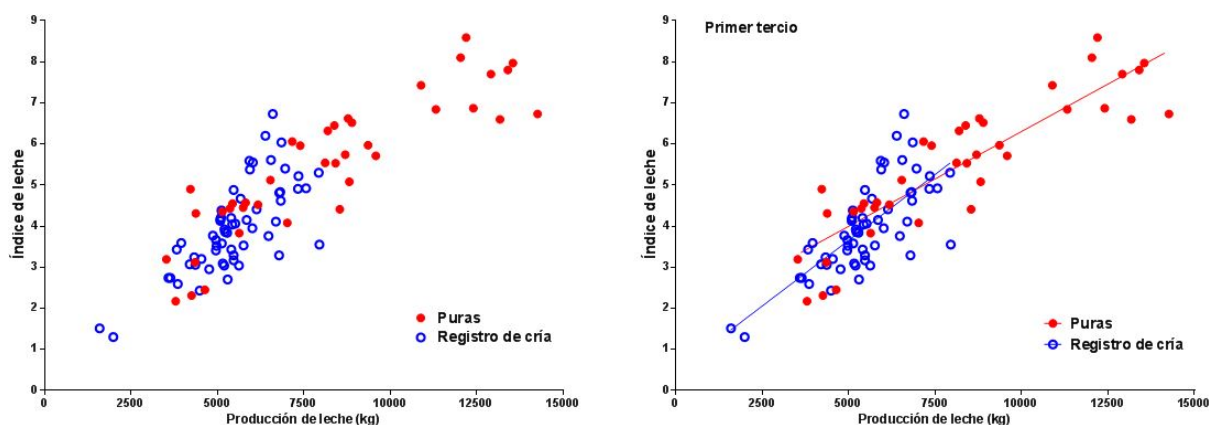
$b \pm Sb$ : pendiente de la recta y error estándar de la estimación

$Sy.x$ : variancia residual

### 3.2 Comparación del comportamiento de las tres categorías -baja, media y alta producción- entre vacas puras y vacas con registro de cría

La Figura 3 presenta la comparación del comportamiento del índice de leche en función de la produc-

ción total de leche entre VP y VRC pertenecientes al primer tercio (baja producción). La diferencia entre las pendientes fue estadísticamente significativa ( $F = 4,162$ ;  $P = 0,044$ ) correspondiendo mayor valor a las vacas con registro de cría (VRC:  $b = 0,00064$ ; VP:  $b = 0,00046$ ).



**Figura 3.** Comparación entre vacas puras y vacas con registro de cría de baja producción (a la izquierda: valores experimentales; a la derecha: ajustes lineales)

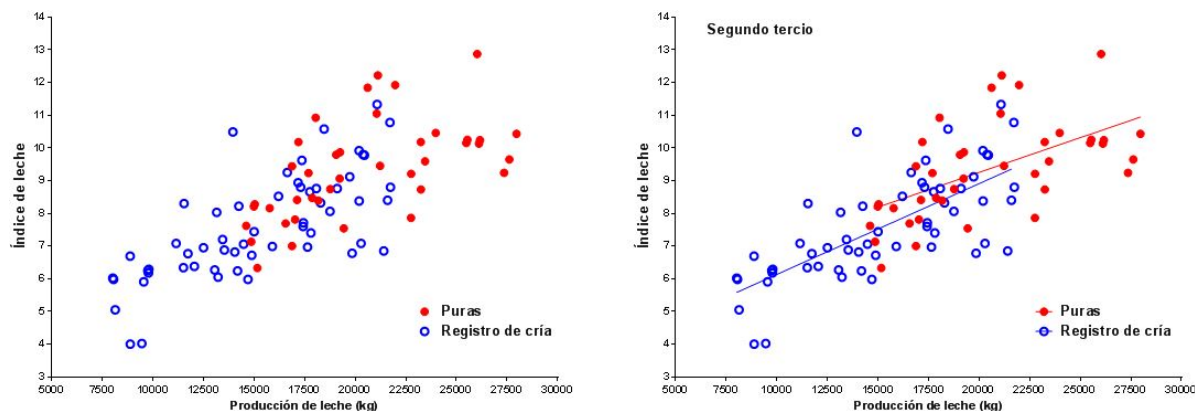
La Tabla 3 muestra que en el grupo de vacas con registro de cría hay un mayor porcentaje de animales que sólo permanecen en el sistema una única lactancia.

**Tabla 3.** Valores absolutos y relativos de vacas puras y registro de cría de baja producción discriminadas según el número de partos durante su vida productiva

N° de partos	Puras		Registro de Cría	
	N° de vacas	%	N° de vacas	%
1	21	54	37	62,7
2	11	28	11	18,6
3	5	12,8	8	13,6
4	1	2,6	2	3,4
5	1	2,6	1	1,7
<b>Total</b>	39	100	59	100

La Figura 4 presenta la comparación del comportamiento del índice de leche en función de la producción total de leche entre VP y VRC pertenecientes al segundo tercio (producción intermedia). La diferencia entre pendientes no fue estadísticamente significativa ( $F = 1,191$ ;  $P = 0,278$ ) lo que permitió calcular una pendiente común (0,00025)

y comparar las alturas de las rectas de regresión. Si bien la recta correspondiente a las vacas puras muestra una tendencia a ubicarse en el plano cartesiano por encima de la correspondiente a las vacas no puras, la diferencia no fue estadísticamente significativa ( $F = 2,493$ ;  $P = 0,118$ ) con una altura común igual a 3,94.



**Figura 4.** Comparación entre vacas puras y vacas con registro de cría de producción media (a la izquierda: valores experimentales; a la derecha: ajustes lineales)

La Tabla 4 muestra que ambos grupos -vacas puras y vacas con registro de cría- poseen una similar distribución porcentual de animales con diferentes números de lactancias.

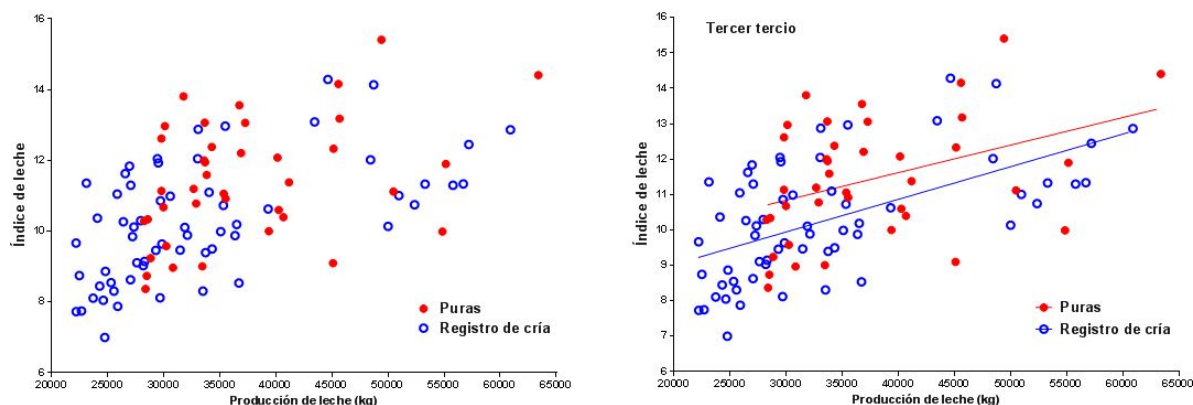


**Tabla 4.** Valores absolutos y relativos de vacas puras y registro de cría de la categoría de producción media discriminadas según el número de partos durante su vida productiva

N° de partos	Puras		Registro de Cría	
	N° de vacas	%	N° de vacas	%
1	2	5,0	9	15,0
2	14	35,0	12	20,0
3	9	22,5	20	33,3
4	8	20,0	5	8,3
5	1	2,5	10	16,7
6	4	10,0	3	5,0
7	1	2,5	0	0,0
8	1	2,5	1	1,7
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

En la Figura 5, al igual que lo observado al comparar las vacas del segundo tercio, la diferencia entre pendientes no fue estadísticamente significativa ( $F = 1,185$ ;  $P = 0,668$ ) lo que permitió calcular una pendiente común (0,000088) y comparar las alturas. A diferencia de lo observado con las vacas del se-

gundo tercio, la recta correspondiente a las vacas puras del tercer tercio se ubica en el plano cartesiano por encima de la correspondiente a las vacas no puras con una diferencia estadísticamente significativa entre ambas ( $F = 7,023$ ;  $P = 0,009$ ).

**Figura 5.** Comparación entre vacas puras y vacas con registro de cría de alta producción (a la izquierda: valores experimentales; a la derecha: ajustes lineales)

En la Tabla 5 se observa que si se consideran vacas con hasta cinco partos la proporción de las mismas es mayor en las vacas puras [VP = 81,6% (32/38); VRC = 67,8% (40/59)] mientras que, si se

considera la proporción de vacas con más de cinco partos, la relación se invierte [VP = 18,4% (7/38); VRC = 32,2% (19/59)].

**Tabla 5.** Valores absolutos y relativos de vacas puras y registro de cría de la categoría de alta producción discriminadas según el número de partos durante su vida productiva

N° de partos	Puras		Registro de Cría	
	N° de vacas	%	N° de vacas	%
1	0	0	1	1,7
2	5	13,2	10	17
3	5	13,2	7	11,8
4	11	28,9	10	16,9
5	10	26,3	12	20,3
6	3	7,9	6	10,2
7	2	5,3	5	8,5
8	1	2,6	2	3,4
9	1	2,6	5	8,5
10	0	0	1	1,7
<b>Total</b>	38	100	59	100

## 4 Discusión

La discriminación de las vacas basada en la producción total de leche durante toda la vida (LT) permitió contar con tres categorías dentro de cada grupo (VP y VRC). Los límites de las categorías de producción baja, media y alta no se fijaron a priori, sino que se determinaron dentro del propio sistema, tratando de valorar las potencialidades y limitaciones que posee el mismo. En las Figuras 1 y 2, independientemente de si se trata del grupo de VP o de VRC, los menores valores de IL de la categoría de baja producción (vacas del primer tercio) podrían atribuirse directamente a dicha baja producción de leche por lactancia, que determina un menor valor del índice de leche, asociado también en parte a una menor longitud de su vida productiva-como se comprueba en la Tabla 3-indicando en el caso de las primeras una mayor relación entre el IL y la producción o, lo que es equivalente, un mayor impacto de otros componentes del IL sobre la relación estudiada aún con bajos niveles de producción.

La producción de leche y la eficiencia en la recría intervendrían solamente en la conformación del IL. Es por ello que la pendiente es mayor, porque habría más vacas de baja producción e IL. Mientras que en el caso de las vacas puras si hay una mayor participación de la reproducción. Las vacas que pertenecen al grupo de categoría de producción media son las de LT intermedia de leche, sin embargo, en este grupo existe vacas que poseen un mayor IL que algunas vacas que pertenecen al tercer tercio de pro-

ducción. Este último resultado coincide con lo observado por Marini y Oyarzabal (2002a,b) que dentro del grupo de producción media aparecen tambos con los valores más altos o similares de IL, demostrando una mayor eficiencia de estas vacas de producción intermedia cuando se las compara con las de las otras dos categorías (Tabla 4).

Las vacas de la categoría de alta producción son las que poseen la mayor producción total y en general el mayor índice de leche. Este grupo representaría el tipo de vaca esperable si se aumentara el nivel productivo de las vacas de la categoría de baja producción, considerando a estas últimas el tipo de vaca con niveles productivos habituales en los tambos de la región, sin afectar su desempeño reproductivo (5000 a 15000 litros totales en su vida). Las vacas de la categoría de alta producción serían las vacas de mayor producción durante toda su vida la que, si bien presentan en parte el mismo índice de leche promedio que las vacas pertenecientes a la categoría de producción intermedia, lo logran aumentando la producción a expensas de un deterioro en los valores reproductivos, VP:498±78; VRC:452±41 intervalo parto-parto en días (Marini *et al.*, 2017).

A medida que aumenta la producción de leche acumulada, además de disminuir el valor de la asociación, se constató un aumento de la variancia de los datos. Para producciones acumuladas de más de 30.000 kg, correspondientes a vacas de alta producción, se constatan valores de IL = 14 tanto en vacas con producciones de 30.000 como en aquellas con 65.000 kg de leche. Lo mismo ocurre si se toma co-

mo referencia un valor de  $IL = 9$ . Ello indica que a medida que aumenta el valor de la producción acumulada adquieren importancia otros componentes que forman parte del índice de leche y que contribuyen a su variancia (Figuras 1 y 2).

Como ocurre con las vacas puras en las vacas con registro de cría también se observó una disminución de la asociación entre producción de leche acumulada e índice de leche a medida que aumenta la primera de ellas, si bien las asociaciones correspondientes a las vacas de producción intermedia y alta tendieron a ser mayores en el caso de las vacas con registro de cría. Además de disminuir el valor de la asociación se constató un aumento de la variancia de los datos, aumento que en este caso fue menor, tal vez vinculado a un menor impacto de los aspectos reproductivos sobre los valores del  $IL$  en este tipo de animal.

Camargo (2011) planteó que, a la vaca lechera de alto rendimiento, mediante una presión selectiva, continua, desbalanceada y descuidada se la ha venido adaptando mecánicamente a las necesidades del mercado y simultáneamente acercando al límite de su potencial vital. Cada vez se hace más difícil acondicionarle un medioambiente no-limitante, siendo casi imposible lograrlo durante la fase inicial de su lactancia ((Lucy, 2001; ?; Mackey *et al.*, 2007). Esto se profundiza en los sistemas a pastoreo, en donde en casi todo el año el ambiente es limitante.

Con los criterios de evaluación actuales que priorizan los aspectos productivos, las vacas que pertenecen a la categoría de alta producción en primer término, y luego las vacas de la categoría de media producción, serían las mejores al presentar tanto las mejores producciones de leche diaria como promedio por lactancia. Pero, cuando se las evalúan en función de sus índices de leche, las vacas pertenecientes a la categoría de alta producción ya dejan de ser mejores a las de la categoría de media producción, en tanto estas últimas, con menores valores productivos poseen mejores índices reproductivos exhibiendo el mismo índice de leche.

Un índice de leche para vacas Puras de 8,5 litros/día se puede obtener con vacas de 12000 (CB), 22000 (CM) y 29000 litros (CA) (Figura 1, indicándolo la línea horizontal), y un índice de leche para vacas Registro de Cría de 6,5 litros/día se puede obtener con vacas de 9000 (CB), 15000 (CM) y 21000 litros (CA) (Figura 2, indicándolo la línea horizontal) y su valor pone en evidencia el deterioro reproductivo y de longevidad concomitante al mejor desem-

peño productivo (Figura 1 y 2, Tabla 3, 4 y 5) más allá de las diferencias entre ambos grupos de vacas (VP y VRC).

La diferencia está dada por el número de partos, un indicador de la longevidad de cada grupo. Independientemente que ambos presentan medianas iguales 1 y el también igual rango (1-5), la distribución porcentual del número de partos no es igual para cada grupo. La razón de porqué las vacas puras tienen mayor  $IL$ , es que aun perteneciendo al mismo tercio tienen mayor producción y eso impacta positivamente en el valor promedio del  $IL$ . La producción acumulada (media aritmética  $\pm$  error estándar) de las VP de la categoría de alta producción es de  $37.471 \pm 1.372$  kg, significativamente mayor que el valor ( $33.516 \pm 1.313$  kg) correspondiente a las vacas no puras de la categoría de alta producción.

Esta información confirma resultados anteriores que indican que una mayor producción individual al finalizar la vida productiva de la vaca (LT) no siempre garantiza una mejor eficiencia productiva (Marini y Oyarzabal, 2002a,b; Marini *et al.*, 2017). En los sistemas productivos basados en el pastoreo directo existiría un límite en la producción esperable de una vaca por encima del cual se resiente su reproducción y por ende su permanencia en el rodeo. Dado que para producir leche la vaca debe reproducirse se está en presencia de un claro antagonismo que debe tenerse en cuenta al momento de decidir los criterios de mejoramiento a aplicar en este tipo de sistemas.

Según Mancuso (2017) una buena vaca para los sistemas a pastoreo podría considerarse aquella que produzca las mayores cantidades de sólidos, a partir de las menores cantidades de insumos financieros y físicos, con habilidad para caminar, pastorear, con aptitud para ser ordeñada con un mínimo de trabajo y mayor eficiencia reproductiva (Nauta *et al.*, 2006; Kolver *et al.*, 2002; Roderick, 2008). Este tipo de animal posibilitaría el crecimiento genuino de los rodeos lecheros, con mayor incorporación de vaquillonas al rodeo (aumento del rodeo) que descarte involuntario, aspecto esencial para la sustentabilidad de este tipo de establecimientos (Madalena, 2002, 2011; Laborde, 2004; Molinuevo, 2005).

El contar con información sobre las implicancias de la selección direccional por producciones de interés, por un lado, para definir criterios de selección que no depriman otros caracteres como los reproductivos y, por otro, para contribuir a la discusión

sobre cómo determinar cuáles son los biotipos más adaptados y redituables en sistemas a pastoreo que conduzcan a una mayor sustentabilidad de dichos sistemas. En las Figuras 1 y 2 se pone de manifiesto una clara dispersión del potencial expresado por parte de las vacas, independientemente del grupo (VP y VRC), en los 21 años de análisis en donde a pesar de una búsqueda de mayor producción la misma no solo no puede alcanzarse para todas, sino que además las vacas más productoras no terminan siendo las más eficientes en el sistema.

En la Argentina, desde que en el año 1992 comenzó la masiva importación de semen de origen americano y canadiense, invirtiendo los valores de exportación e importación (Etcheverry, 2012; Musi, 2008; Casanova *et al.*, 2011), la búsqueda de una mayor producción individual se impuso masivamente como un criterio general para todos los establecimientos lecheros. La vaca que pertenece a la categoría de producción media parece ser la que mejor mantiene un equilibrio entre lo que produce y el ambiente en que vive, y esto le permite tener estabilidad a lo largo de su vida productiva y mayor predictibilidad en su comportamiento.

Aunque no es la vaca que más produce por lactancia, en muchos casos llega a ser la vaca más eficiente: produce más litros por día al finalizar su vida productiva (IL), con mejores indicadores reproductivos. Las vacas de producción media para los sistemas de producción a pastoreo en regiones templadas serían las más adaptadas, ya que no expresarían un desequilibrio significativo entre su potencial genético para producción de leche y los niveles de alimentación que puede garantizar el sistema.

## 5 Conclusiones

Si bien la producción total por vaca expresada como litros de leche puede ser un indicador de eficiencia en sistemas intensivos con alto control medioambiental que priorizan el desempeño individual, en los sistemas a pastoreo debería contemplarse la contribución de otras variables incluidas en el índice de leche -longevidad, eficiencia en la cría y comportamiento reproductivo-en la búsqueda de un indicador agregado tendiente a lograr una mayor eficiencia productiva.

## Referencias

- Bertalanffy, Ludwig von. 1976. *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica, p. 311, México D. F. Online: <https://goo.gl/9vg2wD>.
- Boettcher, P.J. 2001. "2020 vision? The future of dairy cattle breeding from an academic perspective." *Journal of Dairy Science* 84:E62–E68.
- Camargo, Omar. 2011. "La vaca lechera: Entre la eficiencia económica y la ineficiencia biológica." *Archivos de Zootecnia* 61(237):13–29. Online: <https://goo.gl/pi7YpQ>.
- Carstensen, Kelli Ann. 2013. "A Comparison of the Efficiency and Profitability of Holsteins and Jerseys." Online: <https://goo.gl/p1Yt46>.
- Casanova, D, M.P , Schneider, C.I Andere, N.E Rodríguez, E.M Rubio, M Juliarena, C Díaz y M.J. . Carabaño. 2011. "Análisis de la longevidad funcional de la raza Holando Argentina." *Sitio Argentino de Producción Animal* . Online: <https://goo.gl/EbyHBU>.
- Coelli, Timothy J, Dodla Sai Prasada Rao, Christopher J O'Donnell y George Edward Battese. 2005. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media. Online: <https://goo.gl/BvPK6n>.
- Etcheverry, Mariano. 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.
- Geay, Y y J Robelin. 1979. "Variation of meat production capacity in cattle due to genotype and level of feeding: Genotype-nutrition interaction." *Livestock Production Science* 6(3):263–276. Online: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(79\)90044-7](https://doi.org/10.1016/0301-6226(79)90044-7).
- Keown, J.F., R.W. Everett, N.B. Empet y L.H. Wadell. 1986. "Lactation Curves." *Journal of Dairy Science* 69(3):769–781. Online: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80466-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80466-0).
- Kolver, ES, JR Roche, MJ de Veth, PL Thorne y AR Napper. 2002. Total mixed rations versus pasture diets: Evidence for a genotype x diet on the concentration of amino acid-derived volatiles in milk. In *Proceedings of the New Zealand Society of*

- Animal Production*. Vol. 62 New Zealand Society of Animal Production Palmerston North: New Zealand Society of Animal Production pp. 246–251. Online: <https://goo.gl/Cit5T2>.
- Laborde, D. 2004. Las estrategias de mejoramiento genético del Ganado lechero en Uruguay: Coincidencias y Contradicciones. In *XXXII Jornadas Uruguayas de Buiatría*.
- Lucy, M.C. 2001. "Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End?" *Journal of Dairy Science* 84(6):1277–1293. Online: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70158-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0).
- Ludwick, T.M. y W.E. Petersen. 1943. "A Measure of Persistency of Lactation in Dairy Cattle1." *Journal of Dairy Science* 26(5):439–445. Online: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(43\)92739-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(43)92739-0).
- Mackey, D. R., A. W. Gordon, M. A. McCoy, M. Verner y C. S. Mayne. 2007. "Associations between genetic merit for milk production and animal parameters and the fertility performance of dairy cows." *animal* 1(1):29–43.
- Madalena, FE. 2002. Cruces entre razas bovinas para producción económica de leche. III Curso internacional de ganadería de doble propósito. In *XI Congreso Venezolano de producción e industria animal. Valera del*. Vol. 22 pp. 1–17. Online: <https://goo.gl/efSkn2>.
- Madalena, FE. 2011. "Manejo de los recursos genéticos para el desarrollo de sistemas de producción de leche sostenibles." *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 19(1–2):8–10. Online: <https://goo.gl/juz7JF>.
- Mancuso, Walter Alberto. 2017. "Evaluación y comparación de grupos genéticos lecheros en un sistema a pastoreo de la comarca lechera de Entre Ríos, Argentina." Online: <https://goo.gl/qbXa6Z>.
- Marini, PR, R Castro, E Frana y RJ Di Masso. 2017. "Multivariate Characterization of Biological Efficiency in Dairy Cows in Grazing Systems." *Sustainable Agriculture Research* 6(4):83. Online: <https://goo.gl/PqsLnZ>.
- Marini, PR y MI Oyarzabal. 2002a. "Patrones de producción en vacas lecheras. 1 Componentes de la producción y sus características según nivel de producción." *Rev. Arg. Prod. Anim* 22(1):29–46.
- Marini, PR y MI Oyarzabal. 2002b. "Patrones de producción en vacas lecheras. 2 Componentes de la producción y sus características según nivel de producción." *Rev. Arg. Prod. Anim* 22(1):47–60.
- Molinuevo, Héctor A. 2005. *Genética bovina y producción en pastoreo*. Buenos aires :. inta,. 2005. 347 p. : 21 cm. ed. INTA,. Online: <https://goo.gl/S1wvJA>.
- Molinuevo, Héctor Ariel, Lilia Magdalena Melucci, JL Bustamante y María Cristina Miquel. 1982. "Interacción genético-ambiental en crecimiento de novillos cruza en condiciones de pastoreo." *World*. Online: <https://goo.gl/XYQP9J>.
- Musi, Daniel. 2008. Genética y producción. In *XI Congreso Nacional de Lechería*. Online: <https://goo.gl/JSg265>.
- Nauta, W.J., R.F. Veerkamp, E.W. Brascamp y H. Bovenhuis. 2006. "Genotype by Environment Interaction for Milk Production Traits Between Organic and Conventional Dairy Cattle Production in The Netherlands." *Journal of Dairy Science* 89(7):2729–2737. Online: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72349-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72349-9).
- Oldham, J.D, G Simm y S. Marsden. 1996. "Nutrition-genotype interactions in dairy cattle.".
- Piccardi, Mónica Belén. 2014. Indicadores de eficiencia productiva y reproductiva en rodeos lecheros PhD thesis Facultad de Ciencias Agropecuarias. Online: <https://goo.gl/V1vtCi>.
- Rabasa, S. 1980. "Importancia relativa de los componentes de la producción." *Jornadas de Genética Aplicada. Famaillá (INTA)* 18. Online: <https://goo.gl/5w5TDk>.
- Roderick, Stephen. 2008. "Dairy cow breeding for organic farming." Online: <https://goo.gl/5B8ETs>.
- Sheskin, D.J. 2011. *Handbook of Parametric and Non-parametric Statistical Procedures: 5th Edition*. CRC Press. Online: <https://goo.gl/ERLkcn>.
- Viglizzo, Ernesto F. 1989. La interacción sistema - ambiente en condiciones extensivas de producción. In *14 Congreso Argentino de Producción Animal; Mendoza, AR. 7 al 9 de junio de 1989*. Online: <https://goo.gl/22Vpd8>.