



## Somatotropina bovina y persistencia de la curva de producción láctea en vacas Holstein

### Bovine somatotropin and persistence of the milk production curve in Holstein cows

Ruth Díaz<sup>1</sup>, Ángel Vásquez<sup>1</sup>, Carlomagno Velásquez<sup>1,2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.51431/par.v2i1.618>

#### Resumen

**Objetivos:** Determinar la influencia de la hormona somatotropina bovina recombinante (STbr) sobre la producción y persistencia de la curva de producción de leche teniendo en consideración el número de parto, en vacas lecheras Holstein, durante los años 2012 - 2015. **Metodología:** El estudio se realizó en un establo lechero de crianza intensiva ubicado en la provincia de Huaura, departamento de Lima. Se evaluaron 607 registros de vacas con y sin aplicación de STbr, clasificados por número ordinal de parto. La función Gamma Incompleta propuesto por Wood se usó para modelar la curva de lactancia y el ANOVA para determinar diferencias entre los promedios de producción. **Resultados:** Las vacas de primer parto con aplicación de STbr tuvieron una mayor producción de leche ( $P < 0,05$ ) con respecto al grupo control sin STbr (10,421 kg vs 9852 kg), en vacas de segundo y tercer parto no se encontraron diferencias significativas; alcanzaron el pico de producción más tardíamente, a los 102 días posparto, en comparación a las vacas de 2º y 3º parto que alcanzaron el pico de producción a los 72 y 75 días, respectivamente y; lograron una mejor persistencia de la curva de producción que se manifestó por una menor caída mensual acumulada de la producción 18%, en vacas de segundo y tercer parto la caída fue mayor de 39 y 42%, respectivamente. **Conclusiones:** La aplicación de STbr incrementó la producción de leche, retrasó la llegada al pico de lactancia y generó una mayor persistencia de la curva de producción láctea sólo en vacas de primer parto en comparación al grupo control. En vacas de segundo y tercer parto no se observaron efectos significativos.

**Palabras clave:** STbr, Producción de leche, pico de producción, persistencia, vacas

#### Abstract

**Objectives:** To determine the influence of the recombinant bovine somatotropin hormone (rbST) on the production and persistence of the milk production curve, taking into consideration the number of calving, in Holstein dairy cows, during the years 2012 - 2015. **Methodology:** The study was carried out in an intensive breeding dairy farm located in the province of Huaura, department of Lima. 607 records of cows with and without application of rbST were evaluated, classified by ordinal calving number. The Incomplete Gamma function proposed by Wood was used to model the lactation curve and the ANOVA to determine differences between the production averages. **Results:** First calving cows with rbST application had a higher milk production ( $P < 0.05$ ) compared to the control group without rbST (10 421 kg vs 9 852 kg), no differences were found in second and third calving cows

<sup>1</sup>Departamento de Zootecnia, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Lima, Perú.

Autor para correspondencia: [cvelasquez@unjfsc.edu.pe](mailto:cvelasquez@unjfsc.edu.pe)

significant; they reached the peak of production later, at 102 days postpartum, in comparison to the cows of 2nd and 3rd calving that reached the peak of production at 72 and 75 days, respectively and; achieved a better persistence of the production curve that was manifested by a lower accumulated monthly drop in production 18%, in second and third calving cows the drop was greater than 39 and 42%, respectively. **Conclusions:** The application of rbST increased milk production, delayed the arrival of the lactation peak and generated a greater persistence of the milk production curve only in first calving cows compared to the control group. No significant effects were observed in second and third calving cows.

**Keywords:** rbST, milk production, peak production, persistence, cows

## Introducción

El incremento en los costos de producción y el estancamiento de los precios de leche fresca, obliga a los productores a optimizar el proceso productivo con la finalidad de mantener márgenes de ganancia que le aseguren una rentabilidad mínima. Ante esta situación es necesario buscar alternativas tecnológicas orientadas a mejorar la productividad de los animales.

Diversas investigaciones demuestran los efectos benéficos de la administración de Somatotropina bovina recombinante (STbr) sobre el incremento de la producción de leche, tal como lo demuestra el estudio de metaanálisis de St-Pierre et al., (2014) donde concluyeron que la STbr incrementó en cuatro kg/vaca/día la producción de leche. Estudios bioenergéticos han demostrado que las vacas suplementadas con STbr requieren menos alimento por unidad de leche producida (Baumgard et al., 2017), lo que origina una reducción de los costos de producción, como lo demuestra un estudio realizado en granjas lecheras de Nueva York, donde la reducción de los costos fue de 5,5%/kg de leche producida o \$2,67/100 kg de leche producida (Tauer, 2016).

La inyección exógena de STbr tiene efectos locales en la glándula mamaria, se manifiesta con un incremento de la expresión del factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1) en el tejido mamario (Hadsell et al., 2002), proliferación y supervivencia de las células epiteliales mamarias (CEM) y la tasa de síntesis de leche mediante CEM (Bauman et al., 1999). Además, incrementa la tasa metabólica basal, el flujo sanguíneo, la lipólisis, la gluconeogénesis, el nivel sanguíneo de IGF-1 y el 1,25 de dihidroxicolecalciferol (Pal et al., 2019). Todos estos efectos se combinan y ayudan en el mantenimiento de la población de células

epiteliales mamarias, así como en la producción constante de leche por parte del animal.

El incremento de la producción por efecto de la STbr se debe a la mejora en la persistencia de la curva de lactación. La STbr estimula el mantenimiento y la proliferación de la población celular de la glándula mamaria más que a la actividad secretora (Pal et al., 2019). Los estudios efectuados sobre la medición de la persistencia son variables y varían en función al método usado (Kaushal et al., 2016). Por esta razón, la presente investigación utilizó La función gamma de Wood para determinar la influencia del uso de STbr sobre la producción y persistencia de la curva de producción de leche teniendo en consideración el número de parto, en vacas Holstein.

## Metodología

El estudio se realizó en un establo lechero de crianza intensiva ubicado en la provincia de Huaura, Lima; durante los años 2012 - 2015. De un total de 1029 registros de lactancias extraídos del programa InfoMilk, luego de depurar la información, quedaron para la evaluación 205 registros de vacas con aplicación de STbr (82, 79 y 44 de 1°, 2° y 3° lactación, respectivamente) y 412 sin aplicación de STbr (214, 127 y 71 de 1°, 2° y 3° lactación, respectivamente). La administración de STbr 500 mg se efectuó vía subcutánea en la fosa isquiorrectal, entre los 60 días a 140 días posparto, cada 14 días y en total se realizaron 17 aplicaciones. La producción de leche de cada vaca se evaluó hasta los 305 días independientemente de la duración de la lactancia. Los datos recolectados fueron: número de lactaciones, producción de leche, fecha de aplicación de STbr, días en lactación, se registraron en una hoja de cálculo y se evaluaron con el programa estadístico SAS v.9.2. Para

el ajuste de la curva de lactancia se utilizó la función Gamma incompleta (Wood, 1976).

Ecuación de la función Gamma

$$Y = at^b \cdot e^{-ct}$$

Donde:

- Y : Rendimiento en el estado de lactancia kg/d  
 t : Tiempo de lactancia, periodo (días, semanas o mes)  
 a: Constante asociado con el nivel inicial de producción de leche  
 b: Constante asociado con la tasa de incremento hasta el pico  
 c: Constante asociado con la tasa de descenso después del pico  
 e: Función exponencial

Para obtener los días transcurridos para alcanzar el pico de producción láctea se empleó la fórmula:

$$N = b / c$$

Donde:

- N: Días en leche (DEL) al pico  
 b, c: Parámetros de la función Gamma

Para obtener el pico de producción máxima de leche se utilizó la siguiente ecuación:

$$Y_{\text{máx}} = a \left( \frac{b}{c} \right)^b \cdot e^{-b}$$

Donde:

- Y<sub>máx</sub>: Pico de producción  
 a, b, c: Parámetros de la función Gamma

Para determinar la persistencia de la curva de producción láctea, se sumó las producciones de cada mes, posteriormente se eligió el mes con la mayor producción y se usó como referente para obtener el porcentaje de caída mensual en función al tiempo, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Persistencia} = \frac{\text{Kg de leche en control mas tarde}}{\text{Kg de leche en control anterior}} \times 100$$

Para determinar diferencias entre tratamientos se utilizó el ANOVA y la prueba de Tukey para cada lactación.

## Resultados

### Modelación de la curva de lactación en función al número de parto

La Tabla 1 muestra los valores de las constantes a, b, c y la ecuación de la función incompleta de Wood. Mediante esta ecuación se transformaron los datos de producción de leche de las vacas tratadas con STbr y las no tratadas con la finalidad de modelar la curva de lactancia.

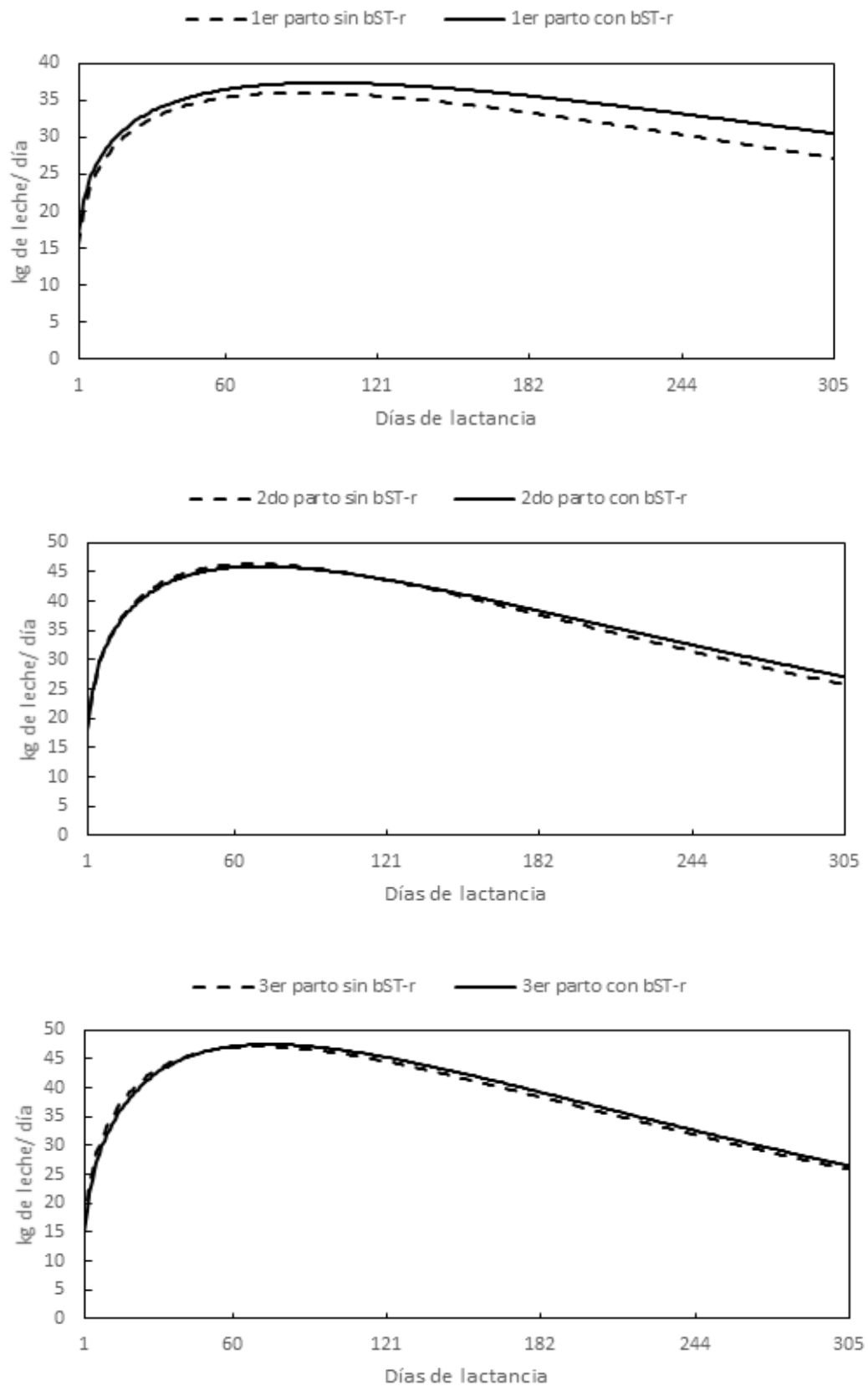
La Figura 1 muestra el modelamiento de las curvas de producción láctea con y sin STbr por

Tabla 1

Valores de las constantes a, b, c y ecuación de la función gamma incompleta por partos

Item	a	b	c	Ecuación
1er parto con STbr	16.9674	0.2186	0.00218	Y (día)= (16.9674) *t(0.2186) *e <sup>-0.00218</sup> t
1er parto sin STbr	15.6253	0.2387	0.00266	Y (día)= (15.6253) *t(0.2387) *e <sup>-0.00266</sup> t
2do parto con STbr	18.3436	0.282	0.00401	Y (día)= (18.3436) *t(0.2820) *e <sup>-0.00401</sup> t
2do parto sin STbr	18.0220	0.2937	0.00434	Y (día)= (18.0220) *t(0.2937) *e <sup>-0.00434</sup> t
3er parto con STbr	15.0331	0.3474	0.00466	Y (día)= (15.0331) *t(0.3474) *e <sup>-0.00466</sup> t
3er parto sin STbr	16.6765	0.3198	0.00456	Y (día)= (16.6765) *t(0.3198) *e <sup>-0.00456</sup> t

*Somatotropina bovina y producción de leche*



*Figura 1.* Curvas de lactación para primer (a), segundo (b) y tercer (c) parto con y sin STbr ajustado con el modelo de Wood

cada parto. Las vacas de primer parto tratadas con STbr muestran una curva de lactancia por encima del grupo control. En las vacas de segundo y tercer parto el modelamiento de las curvas es similar para ambos tratamientos.

### *Producción de leche*

La Tabla 2 resume la producción de leche de las vacas de acuerdo al número de parto.

Las vacas de primer parto tratadas con STbr tuvieron una mayor producción ( $P < 0,05$ ) en comparación al de las vacas sin aplicación de STbr; mientras que en las vacas de segundo y tercer parto no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) al comparar la producción de los tratamientos en estudio.

**Tabla 2**

*Producción de leche en vacas con y sin tratamiento con STbr*

Nº de parto	Con STbr		Sin STbr		Incremento (%)
	Nº	Promedio $\pm$ de	Nº	Promedio $\pm$ de	
1	82	10 421 $\pm$ 1230 <sup>a</sup>	214	9 852 $\pm$ 1424 <sup>b</sup>	5,47
2	79	11 765 $\pm$ 1509 <sup>a</sup>	127	11 636 $\pm$ 1534 <sup>a</sup>	1,10
3	44	11 924 $\pm$ 1225 <sup>a</sup>	71	11 735 $\pm$ 1576 <sup>a</sup>	1,60

<sup>a,b</sup> Letras diferentes indican significancia estadística ( $P < 0,05$ ), de: desviación estándar.

### *Pico de producción láctea*

La Tabla 3 muestra el día de la campaña láctea donde las vacas lograron su máxima producción.

**Tabla 3**

*Producción de leche en el pico de producción en vacas tratadas con y sin STbr*

Nº de parto	Sin STbr		Con STbr	
	Días	Prod. Leche (kg)	Días	Prod. Leche (kg)
1	93	36.00	102	37.30
2	69	46.30	72	45.90
3	71	47.20	75	47.50

Las vacas de primer parto tratadas con STbr alcanzaron el pico de producción más tardíamente en comparación a las vacas sin STbr,

la diferencia en alcanzar el pico de producción fue de nueve días; en vacas de segundo y tercer parto la diferencia fue de tres y cuatro días, respectivamente.

### *Persistencia lechera en vacas de primer parto*

La Tabla 4 detalla la caída mensual de la producción de leche en vacas de primer parto. Las vacas con STbr tuvieron una mejor persistencia de la curva de lactación, la disminución mensual de la producción de leche fue menor de 18% en comparación al grupo de vacas sin STbr, donde se observó una mayor caída mensual de la producción, de 22%.

### *Persistencia lechera en vacas de segundo parto*

La Tabla 5 muestra la caída mensual de la producción de leche en vacas de segundo

parto. En ambos tratamientos se observa una mayor caída de la producción de leche en comparación a las vacas de primer parto. Las vacas con STbr tuvieron una mejor persistencia de la curva de lactación, la disminución mensual de la producción de leche fue menor, de 39% en comparación al grupo de vacas sin STbr, donde se observó una mayor caída mensual de la producción, de 42%.

### *Persistencia lechera en vacas de tercer parto tratadas con y sin STbr*

La Tabla 6 detalla la caída mensual de la producción de leche en vacas de tercer parto. La caída de la producción en ambos tratamientos fue similar al de las vacas de segundo parto, Las vacas con STbr tuvieron una disminución total de 42% mientras que en las vacas sin STbr fue de 43%.

Tabla 4

*Caída mensual de la producción de leche en vacas de primer parto*

Mes	Sin STbr			Con STbr		
	Prod. Leche (kg/vaca/mes)	%	Caída mensual (%)	Prod. Leche (kg/vaca/mes)	%	Caída mensual (%)
1	843			875		
2	1048			1078		
3	1093	100		1129		
4	1093	100	0	1137	100	
5	1070	98	2	1106	97	3
6	1035	95	5	1081	95	5
7	993	91	9	1067	94	6
8	948	87	13	1030	91	9
9	900	82	18	974	86	14
10	853	78	22	934	82	18

Tabla 5

*Caída mensual de la producción de leche en vacas de segundo parto*

Mes	Sin STbr			Con STbr		
	Prod. Leche (kg/vaca/mes)	%	Caída mensual (%)	Prod. Leche (kg/vaca/mes)	%	Caída mensual (%)
1	1093			1085		
2	1379			1363		
3	1407	100		1396	100	
4	1361	97	3	1359	97	3
5	1264	90	10	1270	91	9
6	1173	83	17	1288	85	15
7	1098	78	22	1121	80	20
8	1003	71	29	1033	74	26
9	897	64	36	932	67	33
10	811	58	42	850	61	39

Tabla 6

*Caída mensual de la producción de leche en vacas de tercer parto*

Mes	Sin STbr			Con STbr		
	Prod. Leche (kg/vaca/mes)	%	Caída mensual (%)	Prod. Leche (kg/vaca/mes)	%	Caída mensual (%)
1	1080			1046		
2	1396			1392		
3	1433	100		1445	100	
4	1390	97	3	1410	98	2
5	1290	90	10	1314	91	9
6	1195	83	17	1221	84	16
7	1116	78	22	1142	79	21
8	1017	71	29	1041	72	28
9	907	63	37	928	64	36
10	816	57	43	836	58	42



## Discusión

Los resultados de la investigación confirman los efectos benéficos de la aplicación de STbr en el incremento la producción de leche y concuerdan con los obtenidos por Zhao (2020); De Moraes et al. (2017); St-Pierre et al. (2014); Palacios-Espinoza et al. (2010); Vargas et al. (2006); Chalupa et al. (1996) y Lotan et al. (1993), quienes lograron una mayor producción de leche entre 5 a 25% luego de aplicar STbr.

El incremento en la producción fue significativo ( $P < 0,05$ ) sólo en las vacas de primer parto; en vacas de segundo y tercer parto el incremento fue menor, sin llegar a ser significativo ( $P > 0,05$ ), estos resultados no concuerdan con lo obtenido por la mayoría de investigadores, quienes reportan mayores incrementos en vacas multiparas (Molina & Hard (1995); Chalupa et al (1996); De Moraes et al. (2017)), sin embargo Motta et al. (2013) obtuvieron mayores niveles de producción en vacas primíparas en comparación a las multiparas. El incremento de la producción de leche por efecto de la STbr es variable, está influenciada por factores internos y externos, como la temperatura ambiental, manejo general del rebaño, período de lactancia, potencial genético y la cantidad de leche producida (Bauman, 1992), gestación, edad de la vaca, número de parto, condición corporal y estado de salud (Addissu et al., 2018).

Con relación al pico de producción de leche, las vacas con aplicación de STbr alcanzaron su máximo nivel más tardíamente en comparación a las vacas control sin STbr en el primer, segundo y tercer parto. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Mellado et al. (2011) quienes en vacas tratadas con STbr alcanzaron el pico de producción más tardíamente, a los 123 días posparto. En condiciones normales, sin aplicación de STbr las vacas alcanzan el pico de producción a los 90 días posparto (Bretschneider et al., 2018).

Las vacas de primer parto con aplicación de STbr tuvieron una mayor persistencia láctea hasta los 305 días, como consecuencia de la aparición tardía del pico de producción, la caída mensual acumulada de la producción fue menor en comparación al grupo sin STbr. Esta

mayor persistencia no se observó en vacas de segundo y tercer parto, donde se registró una caída mayor de la curva de lactación en ambos tratamientos. El retraso en alcanzar el pico de producción y la mayor persistencia de la curva de lactancia en vacas de primer parto aplicadas con STbr estaría relacionado con el aumento en la producción de IGF-1 (De Moraes et al., 2017), mayor proliferación y mantenimiento de las células secretoras (Pal et al., 2019) que favoreció un aumento sostenido de la producción de leche durante todo el tiempo de aplicación de esta hormona.

## Conclusiones

La aplicación de STbr incrementó la producción de leche, retrasó la llegada al pico de lactancia y generó una mayor persistencia de la curva de producción láctea sólo en vacas de primer parto en comparación al grupo control. En vacas de segundo y tercer parto no se observaron efectos significativos.

## Referencias

- Addissu, Sh., Tegenaw, K., & Tesfa, A. (2018). Review on the role of bovine somatotropin hormone for dairying. *Online Journal of Animal Feed Research*, 8(4), 90-96.
- Bauman, D.E. (1992). Bovine Somatotropin: Review of an Emerging Animal Technology. *Journal of Dairy Science*, 75(12), 3432-3451. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)78119-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78119-3)
- Bauman, D.E., Everett, R.W., Weiland, W.H., & Collier, J.R. (1999). Production Responses to Bovine Somatotropin in Northeast Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*, 82(12), 2564 - 2573. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75511-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75511-6)
- Baumgard, L.H., Collier, R.J., & Bauman, D.E. (2017). A 100-Year Review: Regulation of nutrient partitioning to support lactation. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10353-10366. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13242>
- Cavieres, E., Piñeira, M.B. & Negrete, C. Bretschneider, G., Salado, E., Cuatrin, A., & Arias, D. (2018). Lactancia: Pico y persistencia ¿por qué cuidarlos? INTA, EEA Rafaela. Disponible: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp->

- [inta\\_lactancia\\_pico\\_y\\_persistencia\\_febrero\\_2015.pdf](#)
- Chalupa, W., Vechiarelli, B., Galligan, D.T., Ferguson, J.D., Baird, L.S., Hemken, R.W., y otros. (1996). Response of dairy cows supplemented with somatotropin during weeks 5 through 43 of lactation. *Journal of Dairy Science*, 79(5), 800-812.
- De Moraes, J.P.G., da S. Cruz, A.P., Minami, N.S., Veronese, L.P., Del Valle, T.A., & Aramini, J. (2017). Lactation performance of Holstein cows treated with 2 formulations of recombinant bovine somatotropin in a large commercial dairy herd in Brazil. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5945–5956. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11965>
- Hadsell, D.L., Bonette, S.G. & Lee, A.V. (2002). Genetic Manipulation of the IGF-I Axis to Regulate Mammary Gland Development and Function. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 365-377.
- Kaushal, S., Gandhi, R.S., Singh, A., Chaudhari, M.V., Prakash, V., & Gupta, A.. (2016). Efficiency of various measures of persistency of milk yield in Sahiwal cattle. *Indian Journal of Animal Research*, 50(2), 268-270.
- Lotan, E., H Sturman, J.I., Weller, Ezra, E. (1993). Effects of recombinant bovine somatotropin under conditions of high production and heat stress. *Journal of Dairy Science*, 76, 1394-1402.
- Mellado, M., Antonio-Chirino, E., Meza Herrera C, Veliz F.G., Arévalo J.R., Mellado J. & De Santiago A. (2011). Effect of lactation number, year, and season of initiation of lactation on milk yield of cows hormonally induced into lactation and treated with recombinant bovine somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 94(9), 4524-4530. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4152>
- Molina, J.R., & Hard, D.L. (1995). Efecto de la somatotropina bovina (preparación de liberación lenta) sobre la producción de leche en vacas holstein y jersey, bajo condiciones tropicales. *Agronomía Costarricense*, 19(2), 19-24.
- Motta, P.A., Murcia, B., Beltran J.L., Peñaloza, M.E., & Collazos, F.A. (2013). Desempeño productivo y reproductivo de vacas F1 estimuladas con somatotropina recombinante bovina (r-bST) en clima cálido. *Veterinaria y Zootecnia*, 7(2), 105-116.
- Pal, P., Ghosh, S., Grewal, S., Sahu, J. & Aggarwal, A. (2019). Role of hormones in persistency of lactation: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(2), 677-683.
- Palacios- Espinoza, A., Espinoza- Villavicencio, J. L., de Luna, R., Guillén, A., & Avila, N.Y. (2010). Extension model of lactation curves to evaluate the effect of the recombinant bovine somatotropin on milk yield in Holstein cows. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 62(1), 124-129. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000100017>
- St-Pierre, N.R., Milliken, G.A., Bauman, D.E., Collier, R.J., Hogan, J.S., Shearer, J.K., Smith, K. L., & Thatcher, W.W. (2014). Meta-analysis of the effects of sometribove zinc suspension on the production and health of lactating dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 245(5), 550-564. <https://doi.org/10.2460/javma.245.5.550>
- Tauer, L.W. (2016). The effect of bovine somatotropin on the cost of producing milk: Estimates using propensity scores. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2979-2985. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9942>
- Vargas, A., Osorio, CA, Loaiza, J, Villa, NA, & Ceballos, A. (2006). Efecto del uso de una somatotropina bovina recombinante (STbr) en vacas lecheras a pastoreo bajo condiciones tropicales. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 38(1), 33-38. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2006000100005>
- Wood, P.D.P. (1976). Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. *Animal Science*, 22(1), 35-40. <https://doi.org/10.1017/S000335610003539X>
- Zhao, Y. (2020). Recombinant Bovine Somatotropin. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Disponible: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/440/2/022034/pdf>