



# Jornada de Lechería

de INIA La Estanzuela

Tecnologías para Sistemas Pastoriles Eficientes y Sostenibles





## **INIA La Estanzuela**

Julio de 2024

Serie de Actividades de Difusión N°806 (SAD 806)

ISSN: 1688-9258.

Jornada de Lechería de INIA La Estanzuela

Tecnologías para Sistemas Pastoriles Eficientes y Sostenibles

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA.



## ADELANTÁNDONOS AL FUTURO: FACTORES CLAVE PARA EL ÉXITO Y VIABILIDAD DEL ORDEÑE ROBOTIZADO EN SISTEMAS PASTORILES

Lucía Betancor<sup>1</sup> y Marcelo Pla<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Sistema Lechero INIA

Con el objetivo inicial de instalar un sistema productivo que mejorara la calidad de vida de las personas, el sistema robotizado de ordeño (SOR) llega a Uruguay como una nueva forma de producir que genera un cambio sustancial en las actividades cotidianas de un establecimiento lechero. Este cambio consiste en reemplazar y automatizar algunas de las tareas que son realizadas diariamente en los tambos convencionales, como ser el ordeño y acarreo de los animales (Lyons et al., 2014; de Koning, 2010). Por lo tanto, se espera que aumenten el bienestar del productor, de su equipo de trabajo y de los animales (Molfino et al., 2014; Shortall et al., 2016). A su vez estos sistemas se presentan como un atractivo para las nuevas generaciones, que se sienten cómodas en el manejo de tecnologías de digitalización, electrónica y TICs en general.

Se instala en el 2017, en la Unidad de Lechería de INIA de La Estanzuela, el primer SOR adaptado a las condiciones pastoriles de nuestro país, condiciones que permiten a través del pastoreo directo con altas cargas, alcanzar altos niveles de productividad (Ortega et al., 2024, Stirling et al., 2021), con un mayor margen sobre el costo de alimentación por litro de leche producida (Stirling et al., 2021).

Desde su instalación se viene recorriendo un proceso de aprendizaje continuo y desafiante que ha permitido ir contestando varias preguntas sobre la inclusión de esta tecnología. Logrando un buen desempeño y con una adaptación exitosa de las personas (ver material de interés “Adaptación de las vacas y las personas al tambo robot”), surge la siguiente pregunta: **¿es posible que este sistema logre similar desempeño biofísico y económico que un sistema convencional, cuando se los compara bajo las mismas condiciones?**



## **Desempeño biofísico y económico de un sistema pastoril robotizado vs. convencional**

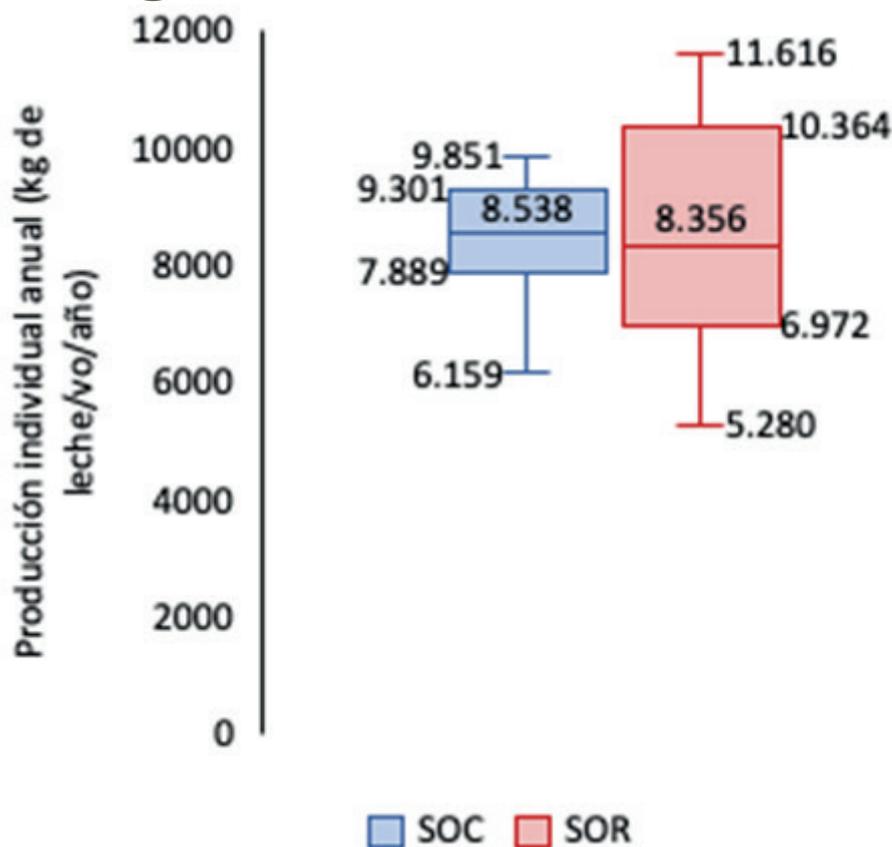
No existen en el mundo estudios con diseño experimental de módulos comparativos (farmlets) que hayan contrastado sistemas pastoriles con ordeño convencional (SOC) y SOR. Diversos estudios en Nueva Zelanda e Irlanda han cotejado sistemas de ambos tipos a través de modelización, a efectos de analizar la performance económica de los sistemas (Jago et al., 2006; Shortall et al., 2016). Trabajos realizados en Australia, han observado en predios experimentales niveles similares de pastura utilizada por hectárea (Clark et al., 2015) y en predios comerciales niveles similares de utilización de pastura y producción de leche por hectárea (Gargiulo, 2020).

Con el objetivo de contestar la pregunta sobre la viabilidad del SOR para nuestras condiciones, se comparó durante 1 año la performance biofísica de un rodeo de 100 vacas Holando bajo los dos sistemas de ordeño: el sistema convencional de flujo dirigido o forzado de los animales vs. el SOR de flujo voluntario de las vacas, manejados sobre la misma superficie, con idénticas reglas de manejo de pastoreo, alimentación, salud y reproducción. Los resultados muestran que la producción de leche individual y por hectárea de los sistemas medida durante un año fue similar, con una leve diferencia numérica a favor del robot (Tabla 1). La producción de sólidos totales (grasa + proteína) y la frecuencia de ordeño, también fueron similares. En términos de cosecha de pasto por pastoreo directo fue 1 ton MS/ha VO/año mayor en el robot, y la cosecha de pasto para reservas fue similar, con lo cual la cosecha total de pasto fue 1 ton MS/ha VO/año mayor en el robot.

**Tabla 1.** Performance biofísica y económica del sistema convencional vs. robotizado.

	CONVENCIONAL	ROBOT
<b>Datos generales del Sistema</b>		
Área de plataforma de ordeño (ha)	46,5	45,8
Animales (nro)	82	84
Carga (vo/ha)	1,8	1,8
Producción de leche del Sistema		
Producción de leche (kg/vo/año)	8.496 ± 1.398	8.725 ± 1.942
<b>Producción de leche (kg/ha/año)</b>	<b>15.293</b>	<b>15.705</b>
Producción de sólidos del Sistema		
Grasa + proteína (kg/vo/año)	645 ± 114	641 ± 137
<b>Grasa + proteína (kg/ha/año)</b>	<b>1.161</b>	<b>1.154</b>
<b>Frecuencia de ordeño (ordeños/día)</b>	<b>2,0</b>	<b>2,1 ± 0,5</b>
Cosecha de pasto anual (kg MS/ha/año)		
<b>Cosecha de pastura</b>	<b>5.182</b>	<b>6.258</b>
Reserva de pastura	<b>211</b>	<b>210</b>
<b>Total de pasto cosechado</b>	<b>5.393</b>	<b>6.468</b>
<b>Ingreso de Capital (U\$S/ha)</b>	<b>1.510</b>	<b>1.191</b>
<b>Rentabilidad %</b>	<b>15</b>	<b>10</b>

A nivel de producción de leche individual no hubo diferencias significativas, el promedio de producción fue igual, pero compuesto de forma diferente. La Figura 1 muestra la producción individual anual y su dispersión. En el sistema convencional la diferencia entre el valor máximo de producción y el mínimo fue de 3.692 kg de leche/vo/año y el 50% de las vacas lograron niveles de producción de entre 9.301 y 7.889 kg de leche/vo/año. Para el caso del robot el 50% de las vacas lograron producciones de entre 10.364 y 6.972 kg de leche/vo/año y la diferencia entre máximo y mínimo fue de 6.336 kg de leche/vo/año (duplicando la performance del convencional).



**Figura 1.** Dispersión de la producción individual anual expresada en kg de leche/VO/año en el sistema de ordeño convencional (SOC) y en el sistema de ordeño robotizado (SOR).

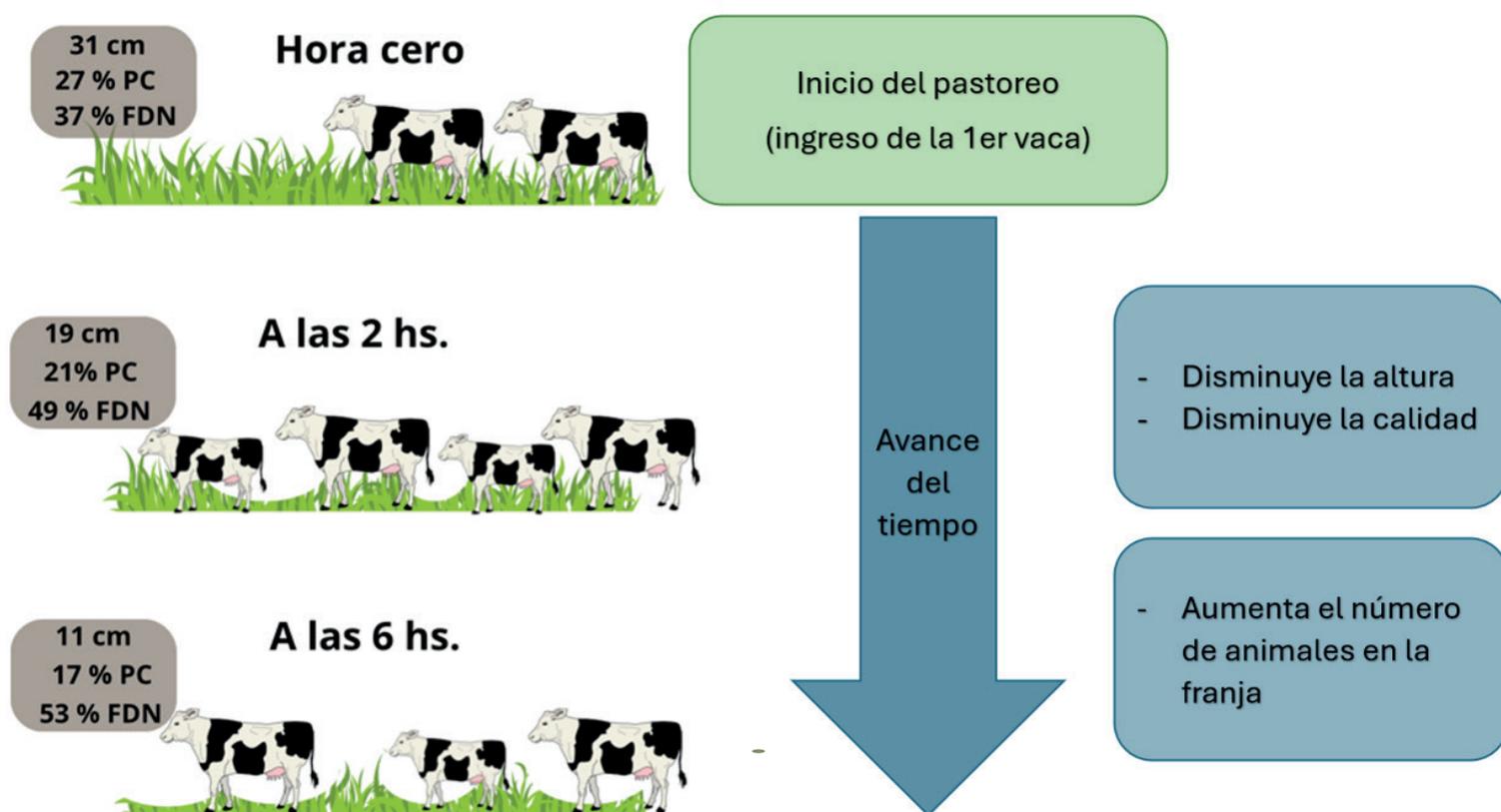
Estos resultados en producción individual nos muestran que, si bien la producción total es similar, las diferencias en dispersión responden fielmente al diseño de los sistemas (flujo forzado vs. flujo voluntario) y se expresan en el rango de producción individual del lote de vacas. Esto nos interpela sobre la existencia de medidas de manejo que puedan potenciar el nivel de producción.

### Flujo voluntario en sistemas pastoriles

A diferencia del sistema convencional, el flujo de los animales en el robot es voluntario. Prescindir del acarreo de las vacas es quizás la característica más desafiante de este sistema, ya que independiza el comportamiento individual de las vacas, que se mueven voluntariamente motivadas por la búsqueda de comida (Prescott et al., 1997). En esa búsqueda, el camino las lleva hacia el tambo donde el robot le da permiso de acceso al ordeño o no (La Manna et al., 2017).

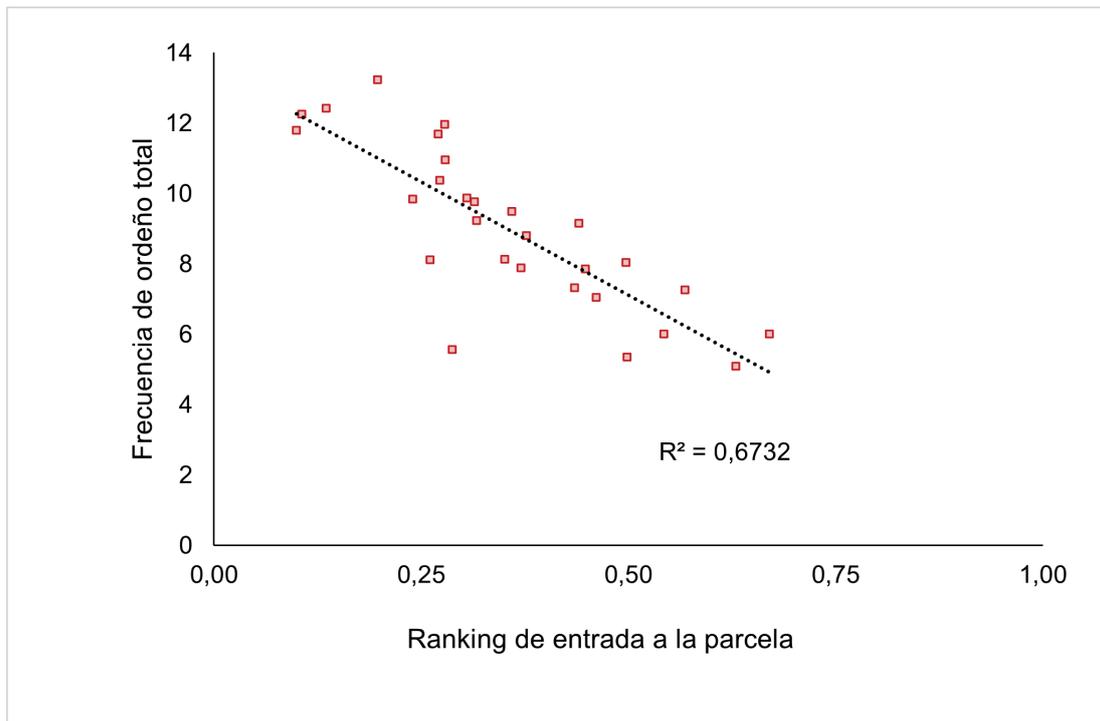
Por lo tanto, el manejo de la alimentación es crucial en el funcionamiento de un sistema con flujo voluntario pastoril, flujo que además es deseable que sea constante para maximizar la utilización del robot (John et al., 2018), para así propiciar una mejora en la cosecha de leche a través de un aumento del número de ordeños realizados por el robot durante las 24 horas (John et al., 2016).

Es esperable que cuando todos los animales ingresan simultáneamente a la franja de pastoreo tengan la misma oferta de pasto en cantidad y calidad, y consecuentemente, la misma oportunidad de seleccionar el alimento; esto sucede comúnmente en los SOC y flujo forzado. Por el contrario, cuando el flujo es voluntario, los animales ingresan a la pastura en diferentes momentos, encontrando diferente oferta inicial de biomasa y calidad (Scott et al., 2014). En primavera y en condiciones de 100% pastoreo, se pudo ver como la altura y calidad ofrecida al inicio del turno de pastoreo, en ambos sistemas, fue disminuyendo al pasar las horas. La velocidad con que se dio esa disminución fue mayor en SOC. Que las vacas en el robot no entraran todas juntas a la franja de pastoreo permitió que hubiera diferencias en la cantidad y calidad a la que pudieron tener acceso las primeras vacas respecto de las últimas (Figura 2), pudiendo tener efecto en el consumo y que esto se tradujera en una mayor producción de leche en aquellos animales que llegaron primero y pudieron cosechar y seleccionar mayor altura y calidad.



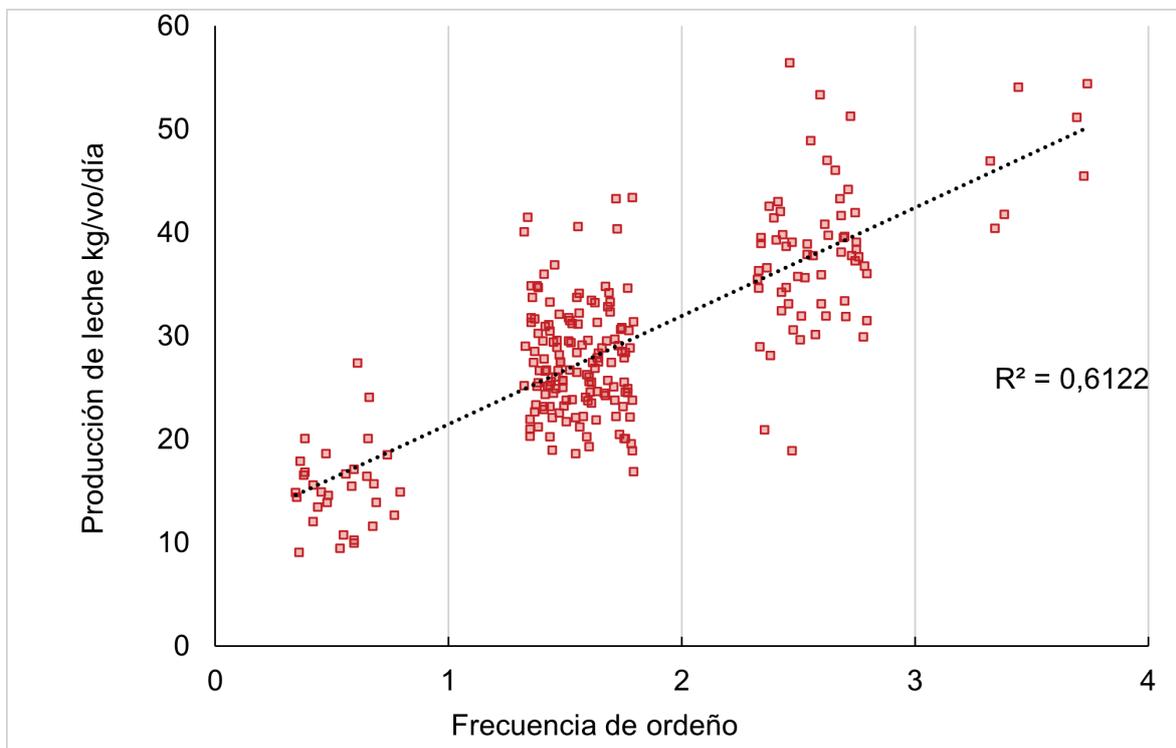
**Figura 2.** Altura (cm) y calidad de la pastura, expresada como %PC y %FDN al momento en que ingreso la primera vaca, a las dos horas de que ingresó la primera vaca, y a las 6 horas para el sistema robotizado.

A su vez, es posible que los animales no necesiten compensar la caída en la altura de pastura aumentando el tiempo de pastoreo o la tasa de bocado, situación común en los sistemas convencionales y de flujo forzado (Chilibroste et al., 2005, 2015). En vez de eso, tendrían la posibilidad de salir a buscar una mayor disponibilidad en una nueva asignación de pastura (Lyons et al., 2014), con lo cual es esperable que el SOR se viera beneficiado con un mayor peso de bocado, al menos entre los dos primeros momentos de medición, y que luego pudiera salir en busca de una nueva oferta de pastura en otro sector. No se encontró relación entre el tiempo de pastoreo y la producción de leche.



**Figura 3.** Relación entre el momento de entrada a la parcela y la frecuencia de ordeño. Cada punto es una vaca y el valor se compone de la suma de las frecuencias de ordeño que logró dicho animal para el período de medición y de la suma de minutos que demoró en ingresar en cada sector cada día.

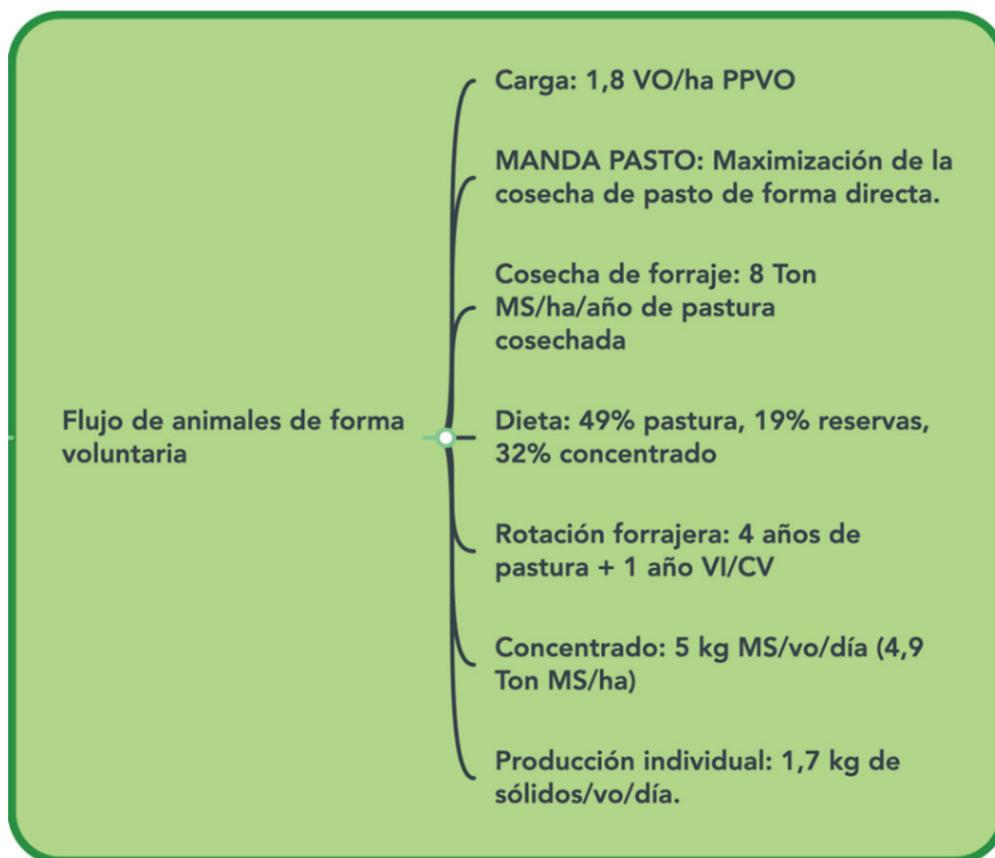
El momento en que una vaca logra llegar a la pastura depende del flujo previo de esa vaca (último acceso al robot, salida del sector de pastoreo anterior, etc.) y está relacionado linealmente ( $R^2=0,6732$ ) con la frecuencia de ordeño (Figura 3), es decir, aquellos animales que logran ingresar temprano a la franja también logran mayores frecuencias de ordeño. Está ampliamente reportado que la producción de leche y la frecuencia de ordeño se relacionan de forma positiva, y los resultados de este trabajo no fueron la excepción (Figura 4). Adicionalmente, se podría decir que el aumento en la frecuencia de ordeño permitió valores de producción más dispersos (la diferencia entre la producción máxima y mínima fue de 26,57 y 42,72, para frecuencias de ordeño de 2 y 3, respectivamente). También muestra que las vacas que llegan a una frecuencia mayor a 3, produjeron en primavera por encima de los 40 kg de leche/día.



**Figura 4.** Relación entre la frecuencia de ordeño y la producción de leche individual (kg de leche/VO/día). Cada punto es una vaca y el valor diario de producción de leche y la frecuencia de ordeño que logró dicho animal para cada día del período de medición.

A la luz de estos resultados se puede decir que el sistema robotizado se adapta de forma exitosa a los sistemas pastoriles intensificados de nuestro país, y además logra desempeños biofísicos comparables al de un sistema convencional de alta carga, con resultados económicos satisfactorios y comparables con los obtenidos a nivel experimental y en predios comerciales ubicados en el percentil 25 superior en resultado económico a nivel país.

## ¿Cómo es ese sistema que logra estos resultados?



### **Infraestructura básica:**

- 3 vías de alimentación, al menos 1 de pastoreo todo el año.
- Agua en la parcela.
- Caminería en buen estado.
- Pista de alimentación con acceso a agua y sombra.
- Concentrado ofrecido durante el ordeño y fuera en el box complementario.
- Tratamiento de efluentes.

### **Reglas de manejo:**

- Máximo 3 lavados/día de 40 minutos cada uno.
- Acceso de los animales las 24hrs.
- Permiso de ordeño: 8 litros o 10 horas acumulados desde el último ordeño (lo que suceda primero).
- Seguimiento de alertas por conductividad eléctrica y tratamiento correspondiente.

### ***¿Cuáles son los factores claves para el éxito en este sistema?***

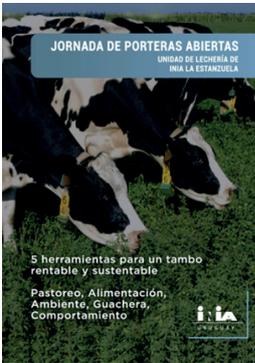
- Es necesaria la adaptación de las vacas al sistema, así como también de las personas al sistema.
- La motivación para que los animales decidan moverse es la oferta de alimento. El diseño con al menos 3 vías de alimentación permite un mayor tráfico de animales en el sistema.
- Promover la frecuencia de ordeño a través de una oferta de alimento suficiente en cada una de las vías de alimentación.
- Buen estado de los callejones y accesos.
- Ofrecer agua en la parcela.

### ***¿Qué lo hace exitoso?***

- Es posible lograr un horario de trabajo de 8 horas presenciales.
- Facilidad de aprendizaje y adaptación de los jóvenes al sistema.
- El robot funciona exitosamente en sistemas pastoriles.
- Es posible lograr resultados biofísicos similares al de un tambo convencional.
- Es posible lograr resultados económicos satisfactorios y comparables a los obtenidos por predios comerciales ubicados en el top 25.

### ***¿Qué mejoras podríamos implementar?***

- Suplementación diferencial para potenciar aquellos animales del cuartil inferior.
- 3 vías de suplementación con reservas forrajeras.
- Priorizar el consumo de concentrado durante el ordeño en las vaquillonas en aquellos momentos necesarios.

Material de interés y referencias	Material de interés y referencias	Acceso
<p><b>Sistema voluntario de ordeño robotizado.</b> YouTube</p>		
<p><b>Visita virtual al Sistema de ordeño voluntario. Tambo365</b></p>		
<p><b>Sistema de ordeño voluntario (Robot). Adaptación y comportamiento de las vacas al sistema de ordeño: resultados preliminares.</b> Revista INIA N°. 60</p>		
<p><b>Protocolos de entrenamiento de animales en sistemas de ordeño voluntario</b></p>		
<p><b>Adaptación de las vacas y las personas al tambo robot.</b> SAD INIA N° 800 (pág. 16-21)</p>		

## Referencias

- Clark, C. E. F., Fariña, S. R., Garcia, S. C., Islam, M. R., Kerrisk, K., & Fulkerson, W. J. (2015). utilization and pre- and post-grazing pasture mass Grass and Forage Science A comparison of conventional and automatic milking system pasture utilization and pre- and post-grazing pasture mass. April. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gfs.12171>
- De Koning, C. J. A. M. (2010). Automatic milking—common practice on dairy farms. The First North American Conference on Precision Dairy Management 2010. <http://precisiondairy.com/proceedings/s3dekoning.pdf>
- Gargiulo, J. I. (2020). Physical and economic comparison of pasture-based automatic and conventional milking systems. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18317>
- Jago, J. G., K. L. Davis, M. Newman, and M. W. Woolford. (2006). An economic evaluation of automatic milking systems for New Zealand dairy farms. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 66:263–269. <http://www.nzsap.org/proceedings/2006/economic-evaluation-automatic-milking-systems-new-zealand-dairy-farms>
- Lyons, N. A., Kerrisk, K. L., & Garcia, S. C. (2014). Milking frequency management in pasture-based automatic milking systems: A review. *Livestock Science*, 159, 102-116. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141313005040>
- Molfinio, J., Kerrisk, K., & García, S. C. (2014). Investigation into the labour and lifestyle impacts of automatic milking systems (AMS) on commercial farms in Australia. In *Proceedings of the 5th Australian Dairy Science Symposium*, Melbourne, Australia (pp. 339-342). <https://futuredairy.com.au/wp-content/uploads/2016/02/63MolfinioADSS2014.pdf>
- Ortega G, Berberian N and Chilibroste P (2024) The effects of stocking rate, residual sward height, and forage supplementation on forage production, feeding strategies, and productivity of milking dairy cows. *Front. Anim. Sci.* 5:1319150. <https://www.frontiersin.org/journals/animal-science/articles/10.3389/fanim.2024.1319150/full>
- Prescott, N.B., Mottram, T.T., Webster, A.J., (1997). Experiments studying the interaction between dairy cow behaviour and automatic milking. In: *Proceedings of the 5th International Symposium on Livestock Environment Minnesota, US*, pp. 1090–1097. [https://www.researchgate.net/publication/46640703\\_The\\_influence\\_of\\_the\\_accessibility\\_of\\_concentrate\\_on\\_the\\_behavior\\_of\\_cow\\_milked\\_in\\_an\\_automatic\\_milking\\_system](https://www.researchgate.net/publication/46640703_The_influence_of_the_accessibility_of_concentrate_on_the_behavior_of_cow_milked_in_an_automatic_milking_system)
- Scott, B.A., Camacho, A., Golder, H., Molfinio, J., Kerrisk, K.L., Lean, I., Garcia, S.C., Chaves, A.V., Hall, E., Clark, C.E.F. (2014). The nutritive value of pasture ingested by dairy cows varies within a herd. *Proceedings of the 5th Australian Dairy Science Symposium 2014*. <https://dairy-foundation.sydney.edu.au/conference-proceedings/>
- Shortall, J., Shalloo, L., Foley, C., Sleator, R. D., & O'Brien, B. (2016). Investment appraisal of automatic milking and conventional milking technologies in a pasture-based dairy system. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7700-7713. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030216304374>
- Stirling, S., Delaby, L., A., Mendoza, A. y Fariña, S. R. (2021). Intensification strategies for temperate hot-summer grazing dairy systems in South America: Effects of feeding strategy and cow genotype. *J. Dairy Sci.* 104 <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20507>
- John, A.J.; Clark, C.E.F.; Freeman, M.J.; Kerrisk, K.L.; Garcia, S.C.; Halachmi, I. (2016). Review: Milking robot utilization, a successful precision livestock farming evolution. *Animal*, 10, 1484–1492. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731116000495>