TECNOLOGÍA DE PRECISIÓN COMO HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO

PRECISION TECHNOLOGY AS A TOOL TO INCREASE THE REPRODUCTIVE EFFICIENCY OF GRAZING DAIRY COWS

Efraín Quintero Chanis
SRA, S.C. C. Panamá., Panamá
reneejjr@gmail.com.

Joseph Grajales-Cedeño
Universidad de Panamá., Panamá
joseph.grajales@up.ac.pa.

Ana Strappinni
Universidad Austral de Chile., Chile
anastrappini@uach.cl.

Fabiola Matamala
Universidad Austral de Chile., Chile
fabiolamatamalahernandez@gmail.com.

Revista Investigaciones Agropecuarias
vol. 5, núm. 2, p. 28 - 44, 2023
Universidad de Panamá, Panamá
ISSN-E: 2644-3856
Periodicidad: Semestral
reinaldo.dearmas@up.ac.pa

Recepción: 14 Julio 2022
Aprobación: 10 Marzo 2023

URL: https://portal.amelica.org/ameli/journal/222/2225095003/

Resumen: El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de los monitores automáticos de actividad (MMA) sobre el desempeño reproductivo de vacas Holstein en lactancia en condiciones de pastoriles. El estudio se llevó a cabo en Cuesta de Piedra, provincia de Chiriquí, Panamá. Se utilizaron vacas Holstein (n=682). Se conformaron dos grupos: grupo 1, vacas provistas de collares electrónicos Silent Herdsman (Afimilk) (n=487), y el grupo 2, vacas sin collares electrónicos (n=195), empleando la observación visual para la detección del estro, (sesiones de 45 minutos, 3 veces al día) evaluando signos primarios y secundarios. Para el análisis estadístico se utilizaron Modelos Lineales Generales Mixtos. La tasa de detección de estro fue del 63% en las vacas equipadas con collares electrónicos y del 40% cuando se utilizó la observación visual ($p<0,05$). La probabilidad de expresión del comportamiento de estro estuvo afectada por el número de lactancias y el método de detección del estro utilizado ($p<0,05$). Las primíparas y vacas con dos y tres lactancias tuvieron más probabilidades de presentar estro que las vacas con más lactancias. La tasa de concepción no difirió entre los métodos de detección de estro ($p>0,05$). Finalmente, la eficiencia reproductiva estimada mediante la tasa de preñez (TP-21 d) fue mayor cuando el estro fue detectado por collares electrónicos que cuando se detectó visualmente 21% y 14%, respectivamente. En conclusión, emplear tecnología de precisión (collares electrónicos) mejora la eficiencia reproductiva de vacas Holstein en lactancia mantenidas en condiciones pastoriles.

Palabras clave: comportamiento, detección de estro, eficiencia reproductiva, monitor automático de actividad, vacas lecheras.

Notas de autor

joseph.grajales@up.ac.pa.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Abstract: The objective of this study was to evaluate the impact of the precision farming technology (electronic collars) on the reproductive performance of lactating cows under pastoral conditions in Panama. Primiparous and multiparous Holstein cows (n=682) were used. Two groups were formed: group 1, cows equipped with electronic collars (Silent Herdsman, Afimilk) (n=487), and group 2, cows without electronic collars (n=195), using visual observation to detect estrus, (sessions of 45 minutes, 3 times a day) evaluating primary and secondary signs. For the statistical analysis, Mixed General Linear Models were used. The estrus detection rate was 63% in cows equipped with electronic collars and 40% when visual observation was used ($p<0.05$). The probability of estrus behavior expression was affected by the number of lactations and the estrous detection method used ($p<0.05$). Primiparous, and two and three lactation cows were more likely to express have estrus than cows with more lactations. Milk production (kg/d) did not affect the expression of estrus ($p=0.13$). The conception rate did not differ between the estrus detection methods used ($p>0.05$), being 33 and 36% for the estrus detected by the electronic collars and visual observation, respectively. Finally, the reproductive efficiency estimated through the pregnancy rate (TP-21 d) was higher when estrus was detected by electronic collars than when it was visually detected (21% and 14%; χ_1^2 =1.70; $p=0.13$, respectively). In conclusion, the use of precision technology (electronic collars) improves the reproductive efficiency of lactating Holstein cows kept under grazing conditions.

Keywords: behavior, estrus detection, reproductive efficiency, automatic activity monitor, dairy cattle.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

INTRODUCCIÓN

Existe una gran preocupación por parte de los ganaderos, científicos y técnicos de todo el mundo por mejorar la fertilidad de las vacas lecheras, ya que es un componente crítico dentro del sistema de producción (Pinedo *et al.,* 2020) y cualquier falla en lograr y mantener la preñez afecta directamente a la eficiencia reproductiva (Benaissa, 2020; Stevenson, 2014), incurriendo en pérdidas económicas y en la sostenibilidad de las explotaciones lecheras. Por lo tanto, necesitamos adoptar estrategias tecnológicas que nos ayuden a incrementar la eficiencia reproductiva, respetando el bienestar de los animales. En este sentido, la detección oportuna y precisa del estro es un factor determinante.

En los últimos años, la fertilidad del ganado lechero ha disminuido (Madoz *et al.,* 2021). De acuerdo con la literatura, el éxito en la detección visual del estro, es bajo debido a corta duración y baja intensidad (Mee, 2004), explicado en parte por los altos niveles de producción de leche (López-Gatius *et al.,* 2005). Por lo tanto, cualquier mejora en la detección del estro mejoraría la eficiencia reproductiva (Pfeiffer, Gandorfer & Ettema, 2020).

Actualmente el método más empleado por los productores para la detección de estro sigue siendo la observación visual, sin embargo, el éxito de este método depende del personal que realiza esta labor, la hora del día, la frecuencia y duración de la observación, además de que la vaca muestre su comportamiento de estro. Ante esta problemática se han desarrollado equipos con tecnología de precisión, tales como monitores automatizados de actividad (Crowe, Hostens, & Opsomer, 2018; Lovendahl & Chagunda, 2010), permitiendo el monitoreo del comportamiento de las vacas en tiempo real durante 24 horas, con la finalidad de mejorar la gestión individual de animales, aumentando la eficiencia general de la reproducción y por ende de la producción (Wathes *et al.,* 2008). A pesar de que se ha reportado que la eficiencia de las herramientas para detección de estro varían entre estudios, se ha demostrado que éstas son mejores que la observación visual (Roelofs & Kooij, 2015; Silper *et al.,* 2015).

La utilización de tecnologías de precisión en la industria láctea proporciona potenciales beneficios a los productores al monitorear indicadores de comportamiento, fisiológicos o de producción para detectar estro (Stone *et al.,* 2017) sin perturbar la expresión natural de del comportamiento de las vacas (Müller & Schrader, 2003). Sin embargo, la extrapolación de los resultados de estudios llevados a cabo en sistemas estabulados usando podómetros o acelerómetros para la detección automática del estro en sistemas pastoriles es cuestionable, ya que las vacas bajo estas condiciones tienen niveles más altos de actividad debido al sistema productivo y a la rotación en las praderas (Aungier *et al.,* 2012). A su vez, existen muchas irregularidades en la topografía de los potreros, lo que podría mermar la eficiencia de los dispositivos electrónicos en la detección de estro.

Son pocos los estudios que han empleado la tecnología de precisión (collares electrónicos) para la detección de estro en condiciones pastoriles, la mayoría se han realizado en condiciones experimentales (Aungier *et al.,* 2012; McGowan *et al.,* 2007; Palmer *et al.,* 2010; Sakaguchi *et al.,* 2007) y algunos en granjas lecheras comerciales a gran escala (Brassel *et al.,* 2018; Dela Rue *et al.,* 2014; Kamphuis *et al.,* 2012). El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad para la detección de estro de dos sistemas (visual y electrónico) en vacas Holstein lactantes bajo condiciones pastoriles en Panamá. Nuestra hipótesis fue que la eficiencia reproductiva mejora cuando se utiliza tecnología de precisión (collares electrónicos) para la detección del estro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se realizó en un establecimiento comercial en la cuenca lechera de Chiriquí, Panamá a una altitud de 1068 metros (8°42'03,0"N 82°37'30,9"W). Esta zona, se caracteriza por tener un clima templado y lluvioso, con temperaturas que pueden oscilar entre 13 – 30 ºC, humedad relativa anual de 80,3% y pluviosidad de 2000 mm anual (1000 – 3000 mm), (Hidromet, 2017). Este estudio se realizó durante 84 días continuos en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2017.

Animales

Se utilizaron vacas Holstein (n=682) con condición corporal promedio de 3,0 ± 0,2 puntos; 3,0 ± 2,10 lactancias; con 131,5 ± 80,57 días posparto. Siendo seleccionadas aquellas que contaban con más de 45 días post parto (rango 46 a 404 DPP), condición corporal entre 2,5 – 3,5 (escala 1-5; Edmonson *et al.,* 1989) y sanas al examen clínico.

Identificación y manejo de los animales

Cada animal fue identificado con un código único de acuerdo con el programa nacional de trazabilidad bovina y equipado con un collar (Silent Herdsman, AFIMILK; Israel). Este último consta de sensores de rumia y actividad adosados a un tag, unidades de identificación y un software para el procesamiento de los registros electrónicos. Para el manejo y gestión del rebaño se utilizó el Sofware VAMPP bovino 3.0 en donde se registró la información de cada animal. Los datos individuales de las alarmas de estro se extrajeron del Software Silent Herdsman semanalmente. Las vacas se ordeñaron dos veces al día; el primer ordeño se realizó a las 04:00 h y el segundo a las 15:00 h. Al finalizar cada ordeño, las vacas fueron trasladadas hasta un potrero situado a una distancia aproximada de 850 m, donde permanecieron hasta el siguiente ordeño.

Las mimas se mantuvieron en un sistema de pastoreo rotacional con cerco eléctrico con periodos de ocupación de un día en cada potrero. Las pasturas consistieron en pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) combinada con pasto Tanner (*Brachiaria arrecta*), cuyo contenido bromatológico consistió en un 17,0 % de materia seca (MS), 19,0% de proteína cruda (PC), 69,0% de fibra neutro detergente (FDN) y 0.51 Mcal/lb de energía neta de lactancia (ENL). Previo al ordeño los animales recibieron una ración compuesta por ensilaje de *Panicum maximum* cv. Mombasa (31,5% MS; 5,4% PC; FDN=68,1%; 0,91 Mcal/kg ENL), heno y agua *ad libitum.* Además, se complementó la dieta con 9,19 kg de concentrado entregado en la sala de ordeño, fraccionado en dos comidas para cumplir con los requerimientos de nutrientes para vacas lecheras en lactancia que producen en promedio 25,0 kg de leche con 3,5% de grasa según los requerimientos de la NRC (National Research Council, 2001). El concentrado al igual que el ensilaje ensilaje se suministró según el nivel de producción y etapa de la lactancia.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Los animales se asignaron aleatoriamente a dos grupos. Un grupo fue equipado con collares electrónicos (n=487), y un segundo grupo sin dispositivos electrónicos donde la detección del estro se realizó por observación visual (n=195).

Métodos para detección de estroDetección automática de vaca en estro.

Un total de 487 vacas fueron equipadas con un collar electrónico (Silent Herdsman, AFIMILK; Israel). Los collares se colocaron quince días antes de finalizar el período de espera voluntario para que se ajustara según la actividad de cada vaca. Se definió vaca en estro como un animal cuyo equipo generaba una alarma por el sistema. Cunado alarmas de estro que fueran generadas por el collar electrónico, se determinó un tiempo de inseminación de 10 a 12 horas después de la alarma.

Detección visual de vaca en estro

Un observador entrenado con treinta años de experiencia en la detección de estro, evaluó y registró la ocurrencia de signos primarios y secundarios de estro en 195 vacas, siguiendo el protocolo descrito por Van Eerdenburg *et al.* (1996). Estos signos fueron: quietud a la monta como signo primario; a su vez se evalúo la descarga de mucus vulvar, inquietud, cajoling, flehmen, olfateo anogenital, apoyo de quijada, es montada pero no queda quieta, monta o intenta montar y monta desorientada como signos secundarios. Las observaciones visuales se realizaron tres veces al día (07:30; 12:45 y 17:30 h), durante 45 minutos por cada sesión en el potrero. Una vaca se definió en estro cuando obtuvo una puntuación de ≥100 en las observaciones visuales durante un período de 24 horas con base en un sistema de puntuación acumulativa descrito por Van Eerdenburg *et al.* (1996). La inseminación se realizó siguiendo la pauta (AM-PM), descrita por Trimberger (1948).

La tasa de detección de estro se calculó con la siguiente fórmula: Tasa de detección de estro (TDC) = (Vacas en estro) / (Vacas elegibles) (100)

La tasa de concepción se calculó en base al número de vacas preñadas sobre el total de vacas que fueron inseminadas de acuerdo con la siguiente fórmula:

Tasa de concepción (TC) = (Vacas preñadas) / (Vacas servidas) (100) y la eficiencia reproductiva (Tasa de preñez 21d) se calculó mediante la siguiente fórmula:

TP 21d = (TDC)*(TC)/100 Donde: TP 21d = tasa de preñez 21d; TDC = Tasa de detección de estro; TC = tasa de concepción. La inseminación artificial fue realizada por un solo técnico.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se ingresaron en una hoja de cálculo de Excel (Microsoft Excel 2022) para su procesamiento y el análisis estadístico se realizó utilizando R 4.1.3 (2022-03-10). Los resultados se expresaron mediante gráficos utilizando GraphPad Prism V.9.0.2 (San Diego, CA, EE. UU.). Se utilizaron modelos lineales generales mixtos (Bates *et al.,* 2021), ajustados con distribución binomial y función con enlace "log" para evaluar la tasa de estro y concepción, utilizando un análisis para la familia de datos binarios (0=vacia, 1= preñada) y también (0=sin estro, 1=estro). Para seleccionar el mejor ajuste de los modelos se empleó el criterio de información de Akaike (AIC; 'AIC{stats}') y Schwarz Bayesian (BIC; 'BIC {stats}'). Se realizó la prueba post hoc de Tukey. Los valores se expresan como medias de mínimos cuadrados (LSM) ± errores estándar de la media (SEM) y mediante Odds ratios (OR). Diferencias significativas fueron consideradas cuando $p<0.05$. Además, se utilizó la prueba de chi cuadrado (χ^2) para determinar las diferencias entre proporciones.

Para evaluar la expresión del estro el modelo final fue:

$$Y_{ijklmno}=\beta+D_i+K_j+L_k+ +vaca_l+e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = tasa de detección de estro; β = Intercepto común; D_i = Sistema de detección de estro ($_j$ = Collar electronico, observación visual); K_j = Producción de leche (k= < 30 y ≥30 kg/d), L_k = Número de lactancias (l= 1,2-3 y ≥4; $vaca_l$); = Efecto aleatorio de la vaca; e_{ijkl} = Error residual aleatorio.

Para evaluar la tasa de concepción el modelo final adoptado fue: $Y_{ij=\beta+Li}$+ +$vacal$+e_{ij} Donde: Y_{ij} = Tasa de Concepción; β = Intercepto común; L_i = Número de lactancias (l= 1,2-3 y ≥4), $vaca_j$= Efecto aleatorio de la vaca; e_{ij} = Error residual aleatorio.

RESULTADOS

Vacas en estro

Sesenta y tres por ciento de las vacas fueron consideradas en estro por el sistema electrónico, mientras que un cuarenta por ciento por observación visual activa (χ_1^2=10.69; p<0.01; Figura 1a). Para estimar el porcentaje de alarmas de estro generadas en diferentes momentos del día, se consideró un subconjunto de datos emitidos por el sistema electrónico de 139 vacas. Del total de alarmas de estro generadas (n=232) por el sistema electrónico, el 47% (110/232) ocurrieron durante la noche (18:31 - 06:30) y el 53% (124/232) en el día (06:30 - 18:30 h); (χ_1^2 =0.36; p>0.05; Figura 1b).

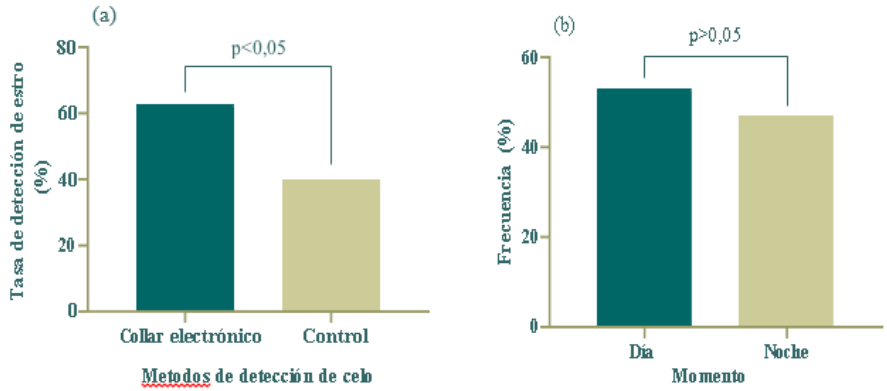

Figura 1.

Tasa de detección de estro según metodo (a) y frecuencia de estro generadas durante el día y la noche por collares electrónicos en vacas Holstein (b).

Las primíparas tuvieron 9,74 (IC 95%; 1,18-79,92) más chances de presentar estro que aquellas con cuatro o más lactancias, consideradas como referencia (p=0,03). Mientras que las vacas con dos y tres lactancias presentaron 2,64 (IC 95%; 0,96-7,31) más probabilidad de presentar estro que las la categoría de referencia (p=0,06). La producción de leche no afectó la expresión del estro (p=0,13). Por otro lado, con los collares electrónicos hubo 3.04 (IC 95%; 1.16-7.97) más probabilidad de detectar estro que a través de la observación visual (p=0.02; Tabla 1).

Tabla 1.

Efecto del número de lactancias, producción diaria de leche y del método de detección de estro sobre la tasa de detección de estro en vacas Holstein en lactancia (n=386)

Efecto fijo		Nª	ORᵇ	IC 95%ᶜ	p-valor
Lactancias	≥ 3 lactancias	107	Ref.	Ref.	-
	2-3 lactancias	151	2,64	0,96-7,31	0,06
	Primíparas	128	9,74	1,18-79,92	0,03
Producción (kg/día)	>30 kg/día	96	Ref.	Ref.	-
	≤30 kg/día	290	2,06	0,80-5,33	0,13
Método de detección de estro	Observación visual	78	Ref.	Ref.	-
	Collar electrónico	308	3,04	1,16-7,97	0,02

ªN; número de vacas; ᵇOR; Odds ratio, ᶜIC; Intervalo de confianza al 95%

[a]N; número de vacas; [b]OR; Odds ratio, [c]IC; Intervalo de confianza al 95%

Tasa de concepción, número de servicios y tasa de preñez- 21 d según método de detección de estro

Las vacas que fueron detectadas en estro por medio de collares electrónicos tuvieron una tasa de concepción (TC) de 33%. Mientras que el grupo de vacas con estro detectado visualmente (control) un 36% ($\chi 12=0,20$; $p>0,05$; Figura 2a). Diez animales de 386 por razones desconocidas no recibieron servicios. No hubo diferencias significativas en la tasa de concepción según el número de servicios en ambos métodos de detección de estro ($p>0,05$) El promedio de servicios por concepción fue de 2,14. La TC en el primer servicio fue de 36% (56/155) y 38% (11/29) para el estro detectado por collares electrónicos y por observación visual respectivamente ($\chi_1^2=0,09$; $p>0,05$). Mientras que para los servicios subsecuentes fue del 31% (45/147) para vacas con collares electrónicos y del 38% (17/45) para observación visual ($\chi_1^2=1.08$; $p>0.05$; Figura 2c).

La tasa de preñez en las vacas a las que se les detectó el estro mediante collares electrónicos y observación visual fue de 21% y 14% respectivamente (Figura 2b).

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

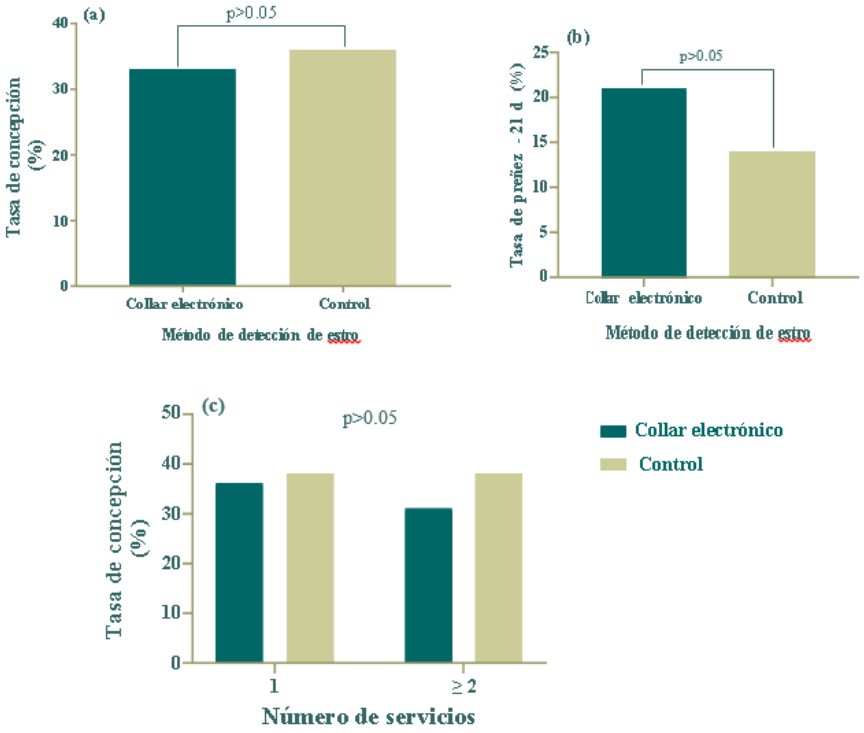

Figura 2.

Tasa de concepción (a), número de servicios por concepción (c), y tasa de preñez 21-d (b) en vacas detectadas en estro por collares electrónicos y observación visual (n=386).

Se evaluó el efecto de los días postparto, producción de leche, mes del año sobre la tasa de concepción y solamente la TC fue afectada por el número de lactancias, en donde las primíparas presentaron 2,52 (IC 95%; 1,37-4,62) más probabilidad de estar gestantes que aquellas vacas con cuatro o más lactancias consideradas como referencia. Mientras que, las vacas con dos y tres lactancias presentaron 1,98 (IC 95%; 1,12-3,52) más chances de presentar una gestación que aquellas vacas con cuatro o más lactancias (Tabla 3). Los días post parto no tuvieron ningún efecto sobre la tasa de concepción (OR=1,0; IC 95%=0,99-1,0).

Tabla 3.

Efecto del número de lactancias sobre la tasa de concepción evaluada en vacas Holstein en pastoreo (n = 386)

Efecto fijo		N[a]	TC (%)[b]	OR[c]	IC 95%[d]	p-valor
Lactancia	≥ 4 lactancias	128	23	Ref	Ref	-
	2 - 3 lactancias	151	36	1,98	1,12-3,52	0,01
	Primíparas	107	42	2,52	1,37-4,62	0,002

[a]N; número de vacas; [b]TC; Tasa de concepción; [c]OR; Odds ratio; [d]IC; Intervalo de confianza al 95%

DISCUSIÓN

Este es el primer estudio que se realiza en Panamá empelando sensores o monitores automáticos de actividad en la ganadería, el mismo presenta evidencias de que el uso de tecnología de precisión puede mejorar el desempeño reproductivo de las vacas lecheras en condiciones pastoriles.

Los resultados muestran que la tasa de detección de estro fue superior en 23 puntos porcentuales al emplear collares electrónicos, que cuando se utilizó el método de observación visual convencional (63% vs 40%). Esta diferencia puede atribuirse a diferentes factores. Uno de ellos es la hora del día en que se manifiesta el estro. En ese sentido encontramos que el 47% de alarmas de estro emitidas por los collares electrónicos se generaban durante la noche, situación que explicaría esta diferencia. Aunque las observaciones visuales se realizaron durante tres períodos del día, repartidos entre las 7:30 y las 18:15 del día, aquellas vacas que manifiestan estro durante la noche no podrían ser detectadas por este medio. Por el contrario, los collares electrónicos registraron en tiempo real los cambios en la actividad y rumia de los animales las 24 horas del día. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos de Xu *et al.* (1998), indicando que no hubo variación en la expresión del estro durante el día y la noche. Sin embargo, Peralta *et al.* (2005), indica que la presentación del comportamiento de estro parece ser más frecuente en la noche que en el día (60 y 40% respectivamente).

Estas variaciones podrían estar asociadas con condiciones de manejo como la alimentación y el ordeño (Nebel *et al.,* 2000). Otra posible explicación es que algunas vacas probablemente no mostraron celo (Palmer *et al.,* 2010) o tuvieron ovulaciones silenciosas (Valenza *et al.* 2012). Estos resultados confirman el problema actual en la detección visual del celo en vacas lecheras, donde apenas se alcanza un 50% de detección (Chanvallon *et al.,* 2014; López *et al.,* 2004) por lo que se deben utilizar métodos auxiliares. Adicionalmente, la persona que realiza esta labor debe estar capacitada para identificar signos secundarios de comportamiento (Strappini, Ulloa & Ratto 2015), ya que entre el 37% al 54% de las ovulaciones detectadas en vacas Holstein no están asociadas de la expresión del signo primario de estro "quietud a la monta" (Sakaguchi, 2011).

Existen controversias con respecto a la efectividad de los sistemas electrónicos, según los sistemas de producción en vacas lecheras, debido a que la mayoría de los estudios se han realizado con condiciones de confinamiento. A pesar de esto, nuestros resultados son consistentes con los de Liu & Spahr (1993), quienes relatan tasas de detección de estro de 74% y 57.6% en confinamiento utilizando podómetros y observación visual respectivamente. Lovendahl & Chagunda, (2010), reportan 74,6% utilizando Alpro (DeLaval); Valenza *et al.* (2012), informaron 71% utilizando Heatime (SCR, Israel). Sin embargo, Leroy, Walton & LeBlanc, (2018), informaron tasas de detección de estro más altas con 83% en granjas comerciales empleando podómetros AfiAct (Afimilk, Kibbutz Afikim, Israel) y Heatime (SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel). Nuestros datos concuerdan con Sauls *et al.* (2017), informando 63% utilizando MooMonitors (AMS, Dairymaster Inc., Kerney, Irlanda). Sin embargo, Fricke *et al.* (2014) reportan resultados menores (56%), utilizando, Heatime; SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel.

Revisiones recientes (Pfeiffer *et al.,* 2020), indican que las tasas de detección de estro mediante observación visual oscilan entre 35% (Peter & Bosu, 1986) y 91% (Dela Rue *et al.,* 2012) y mediante monitores automáticos de actividad oscilan entre 59% (Holman *et al.,* 2011) y 92% (Firk *et al.,* 2003). En condiciones de pastoriles se reportan tasas de detección de estro de 69 y 59% ($p>0.05$) utilizando HeatWatch y observación visual respectivamente (Palmer *et al.,* 2010).

En Irlanda, Aungier *et al.* (2012), obtuvieron un 72% utilizando Heatime (SCR Engineers Ltd., Netanya, Israel); en Nueva Zelanda, Dela Rue *et al.* (2014) informó un 72.3%, empleando Recounter (GEA Farm Technologies GmbH, Bönen, Germany); Brassel *et al,* (2018) en Irlanda reportan 72,2% empleando collares (HerdInsights; Alanya Ltd., Cork, Irlanda). Además, Talukder *et al.* (2015), informó 70% empleando (Hi Tag, SCR 115 Engineers Ltd., Netanya, Israel). A pesar de que, nuestros resultados fueron menores (63%) a los antes mencionados, demostramos que los collares electrónicos fueron más eficientes en la detección de

estro que la observación visual, lo cual contrasta con los informes previos de Hockey *et al.,* 2010). Sin embargo, Holman *et al.* (2011); Peralta, Pearson & Nebel (2005) indican que la combinación de los dispositivos electrónicos con observaciones visuales podría ser una mejor estrategia para aumentar la detección de estro y consecuentemente las tasas de concepción.

A pesar de que en un estudio de Kamphuis *et al.* (2012) compararon dos tipos de collares electrónicos con observación visual de estro en pastoreo e indican que la evaluación visual y ambos sistemas de actividad sobresalieron en la identificación de vacas que no estaban en estro (especificidad), mientras que ambos sistemas de actividad fueron menos efectivos que la observación visual para identificar el estro verdadero (sensibilidad) y diagnosticar correctamente el estro en vacas que realmente estaban en estro (valor predictivo positivo).

Encontramos un efecto del número de lactancias sobre la expresión del estro. Primíparas vacas con dos y tres lactancias fueron más propensas a expresar estro que aquellas con cuatro o más lactancias. Estos datos son consistentes con los estudios realizados por López-Gatius *et al.* (2005); Madureira *et al.* (2015); Sauls *et al.* (2017); quienes informan mayores valores de actividad física y expresión del comportamiento estral en primíparas, en comparación con multíparas. Sin enbargo, Lovendahl & Chagunda (2010) indican que no existe asociación entre la paridad y la actividad física en astro.

Utilizando el método de detección de estro a través del collar electrónico, se observó una mayor probabilidad de detectar estro que en aquellas vacas a las que se les detectó estro mediante observación visual. En este sentido, los resultados obtenidos superan lo informado por Stevenson *et al.* (2014), donde reportan que la tasa de detección de estro fue 1.8 veces mayor para vacas equipadas con collares electrónicos.

El nivel de producción no afectó la expresión de estro. Estos resultados están de acuerdo con los estudios realizados por Polsky *et al.* (2017), donde tampoco encontraron efecto de la producción de leche (<41,50 kg/d o ≥41,50 kg/d) sobre la expresión del estro.

No se encontraron diferencias en la tasa de concepción entre métodos de detección de estro. Si bien no hubo diferencias en cuanto a la fertilidad según los servicios, los resultados de este estudio sugieren que el estro que se detectó visualmente fue verdadero, a pesar de que en este estudio no se midió la progesterona en sangre ni se realizó ecografía para confirmarlo, pero si se obtuvo la fertilidad de las vacas. Los resultados con respecto a la tasa de concepción obtenidas mediante la detección de estro con collares electrónicos (Silent Herdman) concuerdan con lo informado por LeRoy, *et al.* (2018), quienes evaluaron 4 granjas comerciales en Canadá empleando diferentes sistemas electrónicos para la detección de estro: dos grajas utilizaron podómetros (AfiAct, AfiMilk, Kibbutz Afikim, Israel, y obtuvieron TC entre 33% y 44%) y 2 granjas que utilizaron Heatime system SCR Engineers, Netanya, Israel) y obtuvieron de TC de 31 y 39% en condiciones de confinamiento. Al respecto Giordano *et al.* (2015), mediante Heatime system (SCR Dairy, Madison, WI), reportan TC de 32.1%. En otros estudios (Neves & LeBlanc, 2015) informan 39.4 % (36.3%–42.4%); Dolecheck *et al.* (2016), informó TC al primer servicio de 41.5% al emplear podómetros (AfiAct Pedometer Plus, Afimilk, Kibbutz Afikim, Israel). Por otro lado, Fricke *et al.* (2014), reportan menores tasas de concepción al primer servicio (31%). En Irlanda, los datos reportados por Palmer *et al.* (2010) en condiciones de pastoreo empleando HeatWatch patch (CowChips LLC, Denver, CO) informaron 39% de concepción al primer servicio. Resultados que son consistentes con lo informado en nuestro estudio (36%).

El número de lactancias fue el factor que afectó significativamente la tasa de concepción durante este estudio. Este resultado se pudiera atribuir a que, el estado de balance energético negativo suele ser más severo en multíparas (McArt *et al.* 2012). La gravedad del balance energético negativo influye en la concentración de metabolitos sanguíneos, incluidos los ácidos grasos plasmáticos (Ospina *et al.,* 2013) y Betahidroxibutirato

(McArt *et al.,* 2013), afectando el desempeño reproductivo. En sistemas pastoriles se ha informado recientemente, que las primíparas [1.4 (1.04- 1.87); p=0.02] tuvieron mayor concepción comparada con las vacas multíparas (Rojas Canadas *et al.,* 2020). Esta observación podría explicarse por una menor producción (Santos *et al.,* 2009) en primíparas en comparación con multíparas.

Los resultados obtenidos en este estudio con respecto a la fertilidad en función del número de lactancias concuerdan con los trabajos realizados empleando monitores automáticos de actividad, tal es el caso de Burnett *et al.* (2017), quienes informan que la concepción fue mayor en las primíparas [45,1% (73/162)] versus multíparas [22,4% (62/277)]. Polsky *et al.* (2017), reportan tasas de concepción de 27% (72/267) y 20% (108/538) a favor de las primíparas y multíparas respectivamente. Además, Stevenson *et al.* (2014), relatan tasas de concepción mayor en primíparas que en vacas multíparas [42.1% (n = 1,663) vs. 31.9% (n = 2,356), respectivamente]. Esto está en concordancia con nuestros resultados [42% (107/386); 39% (151/386) y 33% (128/386)] para primíparas, vacas entre dos a tres lactancias y con cuatro o más lactancias respectivamente.

La tasa de preñez en un hato lechero está determinada por la interacción entre la tasa de servicio de IA y la proporción de vacas inseminadas que se tornan gestantes (Fricke et al., 2014). En nuestro estudio la eficiencia reproductiva medida en función de la tasa de preñez fue superior al utilizar collares electrónicos que mediante la observación visual (21 vs 14%). Llama la atención que a pesar de que la tasa de concepción fue numéricamente superior en las vacas a las cuales se les detectó estro por observación visual, la tasa de preñez fue inferior. Cabe destacar que esa baja TP obedece a la baja tasa de detección de estro que se obtuvo (40%). Aunque Ferguson & Skidmore (2013), señalan que también puede atribuirse a las bajas en la concepción o una combinación de ambas. Por lo tanto, una óptima detección de estro tiene un gran impacto en la eficiencia reproductiva; no sólo para realizar las inseminaciones, sino para determinar el momento óptimo para realizar el servicio (Walsh *et al.,* 2011) y así maximizar la concepción.

Con el uso de collares electrónicos se preñaron en promedio un 7% más de vacas cada 21 días. Esto tiene un impacto positivo sobre la eficiencia reproductiva, ya que representa mayores ingresos para el productor en cuanto a la producción de leche y la generación de los futuros reemplazos. La tasa de preñez obtenida por medio de la detección de estro por observación visual se ajusta con lo reportado por Capitaine *et al.* (2003) en Argentina (15%), bajo condiciones de pastoreo. Sin embargo, LeBlanc (2005) ha informado tasas de preñez inferiores (13%). Estos datos reflejan la realidad de los sistemas de producción de leche en el trópico donde raramente se alcanza más de un 15% de tasa de preñez mediante detección de estro por observación visual. Nuestros resultados son consistentes con lo reportado previamente por Leroy *et al.* (2018) en granjas comerciales empleado (Heatime system), reportando TP-21d entre 15 y 25%, a su vez Neves & LeBlanc, (2015), informan 18% en la TP-21d.

Así, nuestros resultados están en concordancia e incluso por encima de los reportados en otras latitudes en sistemas pastoriles donde se ha utilizado este sistema de detección de estro. Además, en estudios previos indicamos que, al emplear este tipo de tecnología de precisión en esta misma finca, se redujo el intervalo entre partos de 423 a 399 días en promedio (p=0.01) con un diferencial de 24 días, determinando que cada día de intervalo entre partos disminuido representó 14.56 dólares por vaca, generando 349.44 dólares/vaca/año (Quintero *et al.,* 2019). El uso de estas tecnologías podría ser una estrategia para aumentar la tasa de inseminación después del período de espera voluntario e incluso una opción para granjas que quieran reducir su dependencia de fármacos y especialmente el estradiol, que está prohibido en varios países.

En conclusión, este estudio proporciona evidencia de que el uso de tecnología de precisión (monitores automáticos de actividad) son una herramienta para mejorar la eficiencia en la detección de estro y consecuentemente la eficiencia reproductiva en vacas Holstein lactantes en condiciones pastoriles.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación de Panamá, Senacyt, Proyecto [FIE16-P-035], con colaboración con la empresa Zaroza Ganadera S.A. y Servicios de Reproducción Animal SRA.

REFERENCIAS

Aungier, S. P. M., J. F. Roche, M. Sheehy, and M. A. Crowe. (2012). Effects of management and health on the use of activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science, 95*, 2452–2466.

Bates, Douglas, Martin Maechler, Ben Bolker, and Steven Walker. (2021). Lme4: Linear Mixed- Effects Models Using Eigen and S4. https://github.com/lme4/lme4/.

Brassel, J., Rohrssen, F., Failing, K., & Wehrend, A. (2018). Automated estrus detection using multimetric behaviour recognition in seasonal-calving dairy cattle on pasture. *New Zealand Veterinary Journal, 66*(5), 243–247.

Benaissa, S., Tuyttens, F. A. M., Plets, D., Trogh, J., Martens, L., Vandaele, L., … Sonck, B. (2020). Calving and estrus detection in dairy cattle using a combination of indoor localization and accelerometer sensors. *Computers and Electronics in Agriculture,* 168, 105153.

Burnett, T. A., Madureira, A. M. L. Silper, B. F., Fernandes, A. C. C., and Cerri R. L. A. (2017). Integrating an automated activity monitor into an artificial insemination program and the associated risk factors affecting reproductive performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science, 100*, 5005–5018.

Capitaine, F.A., Vater, A., Acosta, N. (2003). Análisis reproductivo de rodeos lecheros usuarios del Dairy Comp 305. *Taurus, 17*, 14-28.

Chanvallon, A., Coyral-castel, S., Gatien, J., Lamy, J., Ribaud, D., Allain, C., Clément, P., Salvetti, P. (2014). Comparison of three devices for the automated detection of estrus in dairy cows. Theriogenology 82, 734–741.

Crowe, M. A., Hostens, M., & Opsomer, G. (2018). Reproductive management in dairy cows - the future. *Irish Veterinary Journal,* 1–13.

Dela Rue, B. T., Kamphuis, C., Burke, C. R., & Jago, J. G. (2014). Using activity-based monitoring systems to detect dairy cows in estrus: a field evaluation a field evaluation. *New Zealand Veterinary Journal, 62*(2), 57-62.

Dolecheck, K. A., Silvia, W. J. G. Heersche, C. L., Wood, K. J. Mc- Querry, and Bewley J. M. (2016). A comparison of timed artificial insemination and automated activity monitoring with hormone intervention in 3 commercial dairy herds. *Journal of Dairy* Science 99, 1506– 1514.

Edmonson, A. J., Lean I. J., Weaver L. D., Ferver T., and Webster G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science, 72,* 68-78.

Ferguson, J.D., Skidmore, A. (2013). Reproductive performance in a select sample of dairy herds. Journal of Dairy Science, 96, 1269-1289.

Firk, R., E. Stamer, W. Junge, and J. Krieter. (2003). Automation of oestrus detection in dairy cows: A review. *Livestock Production Science, 75*, 219–232.

Fricke, P. M., Giordano, J. O., Valenza, A., Lopes, G., Amundson, M. C., & Carvalho, P. D. (2014). Reproductive performance of lactating dairy cows managed for first service using timed artificial insemination with or without detection of estrus using an activity-monitoring system. *Journal of Dairy Science, 97*(5), 2771–2781.

Dirección de Hidroemeteorología de ETESA. (2017). Disponible en: https://www.hidromet.com.pa/es/estaciones-satelitales.

Hockey, C.D., Morton., J.M., Norman, S.T., McGowan, M.R. (2010). Evaluation of a Neck Mounted 2-Hourly Activity Meter System for Detecting Cows About to Ovulate in Two Paddock-Based Australian Dairy Herds. Reproduction in Domestic *Animals, 45*, e107–e117.

Holman, A., Thompson, J., Routly, J. E., Cameron, J., Grove-White, D., Smith, R. F., and Dobson, H. (2011). Comparison of estrus detection methods in dairy cattle. Veterinary Record, 169, 47–53.

Kamphuis, C., DelaRue, B., Burke, C.R., Jago, J. (2012). Field evaluation of 2 collar-mounted activity meters for detecting cows in estrus on a large pasture-grazed dairy farm. *Journal of Dairy Science, 95*, 3045–3056.

LeBlanc, S. (2005). Overall reproductive performance of Canadian dairy cows: Challenges we are facing. Advances in Dairy Technology: Proc. of the Western Canadian Dairy Seminar. 17. University of Alberta, Faculty of Extension, Edmonton.

Leroy, C. N. S., Walton, J. S., & Leblanc, S. J. (2018). Estrous detection intensity and accuracy and optimal timing of insemination with automated activity monitors for dairy cows. *Journal of Dairy Science, 101*, 1638–1647.

Liu, X., & Spahr, S. L. (1993). Automated Electronic Activity Measurement for Detection of Estrus in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science, 76*(10), 2906–2912.

López-Gatius, F., Santolaria, P., Mundet, I., and Yániz, J. L. (2005). Walking activity at estrus and subsequent fertility in dairy cows. Theriogenology 63: 1419–1429.

Lovendahl, P. and M. G. Chagunda. (2010). On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science, 93*, 249-259.

Madoz, L. V., Rabaglino, M. B., Migliorisi, A. L., Jaureguiberry, M., Perez Wallace, S., Lorenti, N., … de la Sota, R. L. (2020). Association between progesterone concentration and endometrial gene expression in dairy cows. *Domestic Animal Endocrinology, 74*, 106481.

Madureira, A. M. L., Silper, B. F., Burnett, T. A., Polsky, L., Cruppe, L. H., & Veira, D. M. (2015). Factors affecting expression of estrus measured by activity monitors and conception risk of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science, 98*, 7003–7014.

Mayo, L.M., Silvia, W.J., Ray, D.L., Stone, A.E., Tsai, I.C., Clark, J.D., Bewley, J.M., Heersche Jr, G. (2019). Automated estrous detection using multiple commercial precision dairy monitoring technologies in synchronized dairy cows. *Journal of Dairy Science, 102*, 2645- 2656.

McGowan, J. E., Burke, C. R. and Jago, J. G. (2007). Validation of a technology for objectively measuring behaviour in dairy cows and its application for estrus detection. New Zealand Society Animal Production. G. K. Barrell, ed. The Caxton Press, Christchurch, New Zealand. Pages 136–142.

McArt, J. A., D. V. Nydam, G. R. Oetzel, T. R. Overton, and P. A. Ospina. (2013). Elevated non- esterified fatty acids and β-hydroxybutyrate and their association with transition dairy cow performance. *Veterinary Journal, 198,* 560–570.

McArt, J.A.A., Nydam, D.V., Oetzel. G.R. (2012). Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *Journal of Dairy Science,* 95, 5056-5066.

Mee, J. F. (2004). Temporal trends in reproductive performance in Irish dairy herds and associated risk factors. *Irish Veterinary Journal,* 57, 158–166.

Müller, R., Schrader, L. (2003). A new method to measure behavioural activity levels in dairy cows. *Applied Animal Behavior Science, 83*, 247–258.

Nebel, R.L., Dransfield, M.G., Jobst, S.M., Bamee, J.H. (2000). Automated electronic systems for detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Animal Reproduction Science,* 60-61, 713– 723.

Neves, R. C., LeBlanc, S. J. (2015). Reproductive management practices and performance of Canadian dairy herds using auto- mated activity-monitoring systems. *Journal of Dairy Science,* 98, 2801–2811.

NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th ed. National. Academic Science., Washington, DC.

Ospina, P. A., J. A. McArt, T. R. Overton, T. Stokol, and D. V. Nydam. (2013). Using nonesterified fatty acids and β-hydroxybutyrate concentrations during the transition period for herd-level monitoring of increased risk of disease and decreased reproductive and milking performance. Veterinary Clinics of North America: *Food Animal Practice, 29*, 387–412.

Palmer, M.A., Olmos, G., Boyle, L.A., Mee, J.F. (2010). Estrus detection and estrus characteristics in housed and pastured Holstein-Friesian cows. Theriogenology, 74, 255–264.

Peralta, O.A., Pearson, R.E., Nebel, R.L. (2005). Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Animal Reproduction Science, 87,* 59–72.

Peter, A. T., and W. T. K. Bosu. (1986). Postpartum ovarium activity in dairy cows: Correlation between behavioral estrus, pedometer measurements and ovulations. Theriogenology, 26, 111–115.

Polsky, L. B., Madureira, A. M. L., Filho, E. L. D., Soriano, S., Sica, A. F., Vasconestro, J. L. M., & Cerri, R. L. A. (2017). Association between ambient temperature and humidity, vaginal temperature, and automatic activity monitoring on induced estrus in lactating cows. *Journal of Dairy Science,* 100, 8590–8601.

Pfeiffer, J., Gandorfer, M., & Ettema, J. F. (2020). Evaluation of activity meters for estrus detection: A stochastic bioeconomic modeling approach. *Journal of Dairy Science, 103*(1), 492–506.

Pinedo, P., Santos, J. E. P., Chebel, R. C., Galvão, K. N., Schuenemann, G. M., Bicalho, R. C., ... Thatcher, W. (2020). Associations of reproductive indices with fertility outcomes, milk yield, and survival in Holstein cows. *Journal of Dairy Science, 103*(7), 6647–6660.

Quintero, E.R., Grajales, J.K. Hernández, L.L Vargas R.E. (2019). Monitores automáticos de actividad y su impacto sobre la eficiencia reproductiva en vacas Holstein en lactancia bajo condiciones pastoriles. En: 13 Simposio Internacional de Reproducción Animal. M. Caccia. Ed. 1. edición especial. Córdoba, Argentina, 348-348.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

Roelofs, J. B., & Kooij, E. V. E. (2015). Estrus detection tools and their applicability in cattle: recent and perspectival situation, *Animal Reproduction, 12*, 498–504.

Rojas Canadas, E., Herlihy, M. M., Kenneally, J., Grant, J., Kearney, F., Lonergan, P., & Butler, S. T. (2020). Associations between postpartum phenotypes, cow factors, genetic traits, and reproductive performance in seasonal-calving, pasture-based lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 103(1), 1016–1030.

Sakaguchi, M., R. Fujiki, K. Yabuuchi, Y. Takahashi, and M. Aoki. (2007). Reliability of estrus detection in Holstein heifers using a radiotelemetric pedometer located on the neck or legs under different rearing conditions. *Journal of Reproduction and Development 53*, 819-828.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Sakaguchi, M. (2011). Practical aspects of the fertility of dairy cattle. *Journal of Reproduction and Development, 57*, 17-33.

Santos, J. E. P., H. M. Rutigliano, and M. Sá Filho. (2009). Risk factors for resumption of postpartum estrous cycles and embryonic survival in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science,* 110, 207–221.

Sauls, J. A., Voelz, B. E., Hill, S. L., Mendonça, L. G. D., & Stevenson, J. S. (2017). Increasing estrus expression in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science, 100*, 807–820.

Silper, B. F., Madureira, A. M. L., Kaur, M., Burnett, T. A., and Cerri, R. L. A. (2015). Short communication: comparison of estrus characteristics in Holstein heifers by 2 activity monitoring systems. *Journal of Dairy Science, 98*, 3158-3165.

Stevenson, J. S., Hill, S. L., Nevel, R. L., DeJarnette, J. M. (2014). Ovulation timing and conception risk after automated activity monitoring in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 97, 4296–4308.

Stone, A. E., B. W. Jones, C. A. Becker, and J. M. Bewley. (2017). Influence of breed, milk yield, and temperature-humidity index on dairy cow lying time, neck activity, reticulorumen temperature, and rumination behavior. *Journal of Dairy Science, 100*, 2395–2403.

Strappini, A., Ulloa C., Ratto, M. (2015b). Relevance of secondary estrous signs in dairy cattle under pasture conditions. Resúmenes del II Simposio Latinoamericano de Reproducción Animal, Santiago, Chile.

Talukder, S., Thomson, P.C., Kerrisk, K.L., Clark, C.E., Celi, P. (2015). Evaluation of infrared thermography body temperature and collar-mounted accelerometer and calving time in cattle. *Theriogenology, 83,* 739-748.

Trimberger, G.W. (1948). Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. (Research Bulletin: Bulletin of the Agricultural Experiment Station of Nebraska 153, 3-25.

Valenza, A., Giordano, J.O., Lopes, G., Vincenti, L., Amundson, M.C., Fricke, P.M. (2012). Assessment of an accelerometer system for detection of estrus and treatment with gonadotropin-releasing hormone at the time of insemination in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science, 95,* 7115-27.

Van Eerdenburg, F. J.., Loeffler, S. H., Van Vliet, J. H. (1996). Detection of estrus in dairy cows: A new approach to an old problem. *Veterinary Quartely*, 18, 52–54.

Walsh, S. W., Williams, E. J. A., Evans, C. O. (2011). A review of the causes of poor fertility in high producing dairy cows. *Animal Reproduction Science, 123*, 127–138.

Wathes, C. M., Kristensen, H. H., Aerts, J. M., Berckmans, D. (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture, 64*, 2–10.

Xu, Z. Z., McKnight, D. J., Vishwanath, R., Pitt, C. J., and L. J. Burton. (1998). Estrus detection using radio telemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science, 81*, 2890–2896.

Información adicional

Conflicto de intereses.: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

AmeliCA

Disponible en:
https://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/222/2225095003/2225095003.pdf

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica

Efraín Quintero Chanis, Joseph Grajales-Cedeño, Ana Strappinni, Fabiola Matamala

TECNOLOGÍA DE PRECISIÓN COMO HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO

PRECISION TECHNOLOGY AS A TOOL TO INCREASE THE REPRODUCTIVE EFFICIENCY OF GRAZING DAIRY COWS

Revista Investigaciones Agropecuarias
vol. 5, núm. 2, p. 28 - 44, 2023
Universidad de Panamá, Panamá
reinaldo.dearmas@up.ac.pa

ISSN-E: 2644-3856