



Reseña

Eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial. Tendencias actuales y perspectivas

Reproductive efficiency of bovine systems in artificial insemination. Current trends and prospects

Maydier Norman Horrach Junco ^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-5397-7606>

José Alberto Bertot Valdés ¹ <http://orcid.org/0000-0003-1562-6754>

Roberto Vázquez Montes de Oca ¹ <https://orcid.org/0000-0003-0854-3635>

Magaly Garay Durba ¹ <https://orcid.org/0000-0002-8382-0754>

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba.

* Autor para la correspondencia (email): mnhj68dr@gmail.com

RESUMEN

Antecedentes: Las nuevas tecnologías abren un amplio campo de alternativas para mejorar la eficiencia reproductiva de los sistemas vacunos en inseminación artificial, pero solo serán exitosas en la medida en que se logre una organización y evaluación precisas de todo el proceso.

Objetivo. Realizar un resumen de los principales conceptos, tendencias y perspectivas, en relación con la eficiencia reproductiva de los sistemas vacunos en inseminación artificial.

Desarrollo: Existen diferentes criterios para definir a la eficiencia reproductiva, se realiza un análisis de este aspecto y lo complejo de su evaluación en la práctica por las diferencias existentes entre los sistemas de producción y sus metas establecidas, que son más evidentes entre los sistemas de pariciones anuales y los estacionales. Se define un nuevo concepto de eficiencia reproductiva aplicable a cualquier sistema.

Como citar (APA)

Horrach Junco, M., Bertot Valdés, J., Vázquez Montes de Oca, R., & Garay Durba, M. (2020). Eficiencia reproductiva de sistemas vacunos en inseminación artificial. Tendencias actuales y perspectivas. *Revista de Producción Animal*, 32(3). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3592>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

Conclusiones: Se brinda una definición de la eficiencia reproductiva basada en en la fertilidad de los progenitores, la rentabilidad, la intervención del hombre y la acción del ambiente. Se valoran como alternativas zootécnicas la estacionalidad asociada a la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y el control de la reproducción a través de la metodología del índice global de eficiencia biorreproductiva (IgEBR).

Palabras claves: comportamiento reproductivo, ganado, control de la reproducción, reproducción estacional (*Fuente: AIMS*)

Recibido: 4/9/2020

Aceptado: 3/10/2020

INTRODUCCIÓN

Actualmente los avances en la tecnología se producen a un ritmo más rápido que cuando se desarrolló la IA hace más de 75 años (Lamb *et al.*, 2016), y aún no se ha logrado explotar todas sus potencialidades pues su éxito depende de la acción de múltiples factores. Por ejemplo, la transferencia de embriones es ahora una parte integral de los conceptos modernos de cría de ganado y se aplica ampliamente en todo el mundo, sin embargo, si bien permite una mejor explotación del potencial genético de las hembras que la IA, sólo se usa en el 1-2% de la población reproductora élite (Niemann y Seamark, 2018).

Esas nuevas tecnologías abren un amplio campo de alternativas para mejorar la eficiencia reproductiva de los sistemas vacunos en inseminación artificial, pero solo serán exitosas en la medida en que se logre una organización y evaluación precisas de todo el proceso, por lo que se buscan alternativas que permitan la evaluación del comportamiento del rebaño, de acuerdo con Stevenson y Britt (2017), las medidas históricas tradicionales de la eficiencia reproductiva, como los días abiertos, los servicios por concepción y los intervalos entre partos tienen un valor menor porque carecen de sensibilidad temporal a las tendencias actuales de fertilidad en el rebaño.

La intensificación sostenible de los sistemas de producción de alimentos basados en pastos brinda la oportunidad de alinear la demanda mundial, cada vez mayor de alimentos, con la necesidad de una producción de rumiantes ambientalmente eficiente (Horan y Roche, 2019).

En consecuencia, el objetivo de la revisión es realizar un resumen de los principales conceptos, tendencias y perspectivas, en relación con la eficiencia reproductiva de los sistemas vacunos en inseminación artificial.

DESARROLLO

Eficiencia reproductiva

Existen diferentes criterios para definir a la eficiencia reproductiva, e incluso en muchas ocasiones se confunde con el comportamiento reproductivo. Esta confusión se debe, en parte a que en ambos casos se utilizan indicadores reproductivos a los que se les asignan metas, por ejemplo, el intervalo entre partos.

La eficiencia reproductiva, según González-Stagnaro (2005), es el estado óptimo de la expresión y desarrollo de las actividades fisiológicas de la reproducción, a partir del inicio de la vida genésica y de la ciclicidad que se manifiesta en la optimización de las producciones y en una economía favorable. Por otra parte, Macmillan *et al.* (2020), indican que es un término utilizado para describir el conjunto de parámetros relacionados con el proceso reproductivo del ganado vacuno, que es difícil de precisar en términos específicos porque es el resultado de una serie de interacciones.

La baja eficiencia reproductiva se asocia con la salud individual de las vacas y del rebaño (Chebel y Ribeiro, 2016), y según Speckhart *et al.* (2018), la pérdida de la gestación es el principal factor contribuyente pues provoca un número creciente de vacas no gestantes que acumulan costos de mantenimiento, menos libras totales al destete y mayores tasas de sacrificio.

Por lo anterior, es posible definir a la eficiencia reproductiva como: ***la obtención de un ternero por vaca, dentro del período permisible para maximizar la rentabilidad, como expresión de la fertilidad de los progenitores, la intervención del hombre y la acción del ambiente.***

A los criterios anteriores debe añadirse lo complejo de su evaluación en la práctica por las diferencias existentes entre los sistemas de producción y sus metas establecidas, que son más evidentes entre los sistemas de pariciones anuales y los estacionales. A ello se adiciona el empleo de indicadores reproductivos y metas muy difíciles de alcanzar en las condiciones del trópico para el ganado de doble propósito.

Según Diskin (2011), es imposible brindar un conjunto de objetivos específicos aplicables a todos los sistemas de producción. Aunque señala que el intervalo entre partos (365 días *versus* <420 días), los desechos por infertilidad (< 5 % *versus* < 10 %) y la concentración de los partos (80 % de partos en 60 días en los sistemas estacionales) son útiles como medidas iniciales del desempeño reproductivo en rebaños con sistemas de parición estacionales y anuales.

Sistemas de pariciones anuales

Este es el más empleado en el mundo, en este sistema para la evaluación de la eficiencia reproductiva el indicador que ha prevalecido es el intervalo entre partos, que depende en lo fundamental de la sensibilidad de la detección del estro, según demostraron Bekara y Bareille (2019).

En las condiciones del trópico es característico la prolongación del anestro post parto en el ganado vacuno, entre otros factores influyen la alimentación a base de pastos (Soto *et al.*, 2017), el amamantamiento (Orihuela y Galina, 2019), y los factores ambientales (García-Díaz *et al.*, 2019). En Cuba, donde, de acuerdo con Álvarez (2015), la distorsión de la estructura del rebaño establece el deterioro reproductivo y productivo, que se manifiesta en una baja eficiencia de la producción y bajo crecimiento de la masa, según datos del Ministerio de la Agricultura (MINAG, 2017) desde hace varios años no se supera el 54 % de natalidad en el país.

En hembras Siboney de Cuba y Mambí de Cuba, García-Díaz *et al.* (2019) informaron un marcado deterioro de los intervalos parto- primer servicio, parto- gestación y parto- parto que fueron los principales indicadores reproductivos evaluados y con los menores valores en las vacas que paren en el trimestre julio-agosto-septiembre, lo que atribuyen a que el último tercio de la gestación transcurre en los meses del año de mayor disponibilidad del pasto, lo que asegura un mejor plano nutricional a la hembra gestante y, con ello, su arribo al parto con una mejor condición corporal (CC).

En las vacas lecheras lactantes el intervalo entre el parto y la primera ovulación generalmente es de cuatro a cinco semanas (Santos, Bisinotto y Ribeiro, 2016), y mayor en las que amamantan a sus crías (Crowe, Diskin y Williams, 2014). Se ha demostrado en varios estudios realizados en condiciones tropicales, que un régimen de amamantamiento restringido favorece el crecimiento folicular y la reanudación de la actividad ovárica (Orihuela y Galina, 2019; Lassala, Hernández-Cerón, Pedernera, González-Padilla y Gutierrez, 2020).

En los sistemas de pariciones anuales se emplea el periodo de espera voluntaria (PEV), que es el intervalo de tiempo después del parto en el cual la hembra no es servida. El PEV determina cuando la vaca es elegible para la inseminación (Stangaferro *et al.*, 2018), en Cuba se denomina periodo de recentina y se extiende hasta los 60 días post parto.

La importancia de las tasas de inseminación también se enfatiza en las comparaciones entre los rebaños con sistemas de pariciones anuales y estacionales. Las medidas de reproducción primaria generalmente más bajas en los rebaños de pariciones anuales fueron causadas en gran parte por tasas de inseminación más bajas (Morton, 2010).

Para reducir el costo del manejo reproductivo, Kim y Jeong (2019), indican que las estrategias nutricionales, ambientales y de manejo para mantener la CC ≥ 3.0 , prevenir el estrés calórico durante el período de inseminación y disminuir la incidencia, o tratar de manera efectiva los trastornos peri y posparto; podrían ser necesarias para mejorar la tasa de concepción en el primer

servicio en rebaños con alto rendimiento bajo sistemas de producción intensivos, para disminuir el costo de manejo reproductivo.

Sistemas de producción estacional

El empleo de la estacionalidad en la producción vacuna está ampliamente difundido en el mundo, países como Australia (Morton, 2010), Nueva Zelanda (Blackwell, Burke y Verkerk, 2010), e Irlanda (Kelly, Shalloo, Wallace y Dillon, 2020), la utilizan. Para su establecimiento se planifica la temporada de partos de modo que coincidan los picos máximos de requerimientos de materia seca (MS) del ganado con los picos máximos de producción de MS del pastizal, de esta manera garantizan casi la totalidad de los alimentos que consumen los rebaños con una alta rentabilidad. Los avances en el mejoramiento de los pastos también brindan vías potenciales para mejorar el rendimiento animal, al alinear los requisitos de los animales con el contenido nutricional del forraje (Wilkinson, Lee, Rivero y Chamberlain, 2018).

En los sistemas estacionales, las inseminaciones se realizan en un período de tiempo limitado cada año, comienzan en la fecha de inicio del programa de reproducción del rebaño y todos los partos ocurren dentro de un período de tiempo restringido (Morton, 2010). En estos rebaños, el rendimiento reproductivo generalmente se evalúa como proporciones de vacas que quedaron gestantes a intervalos específicos después del inicio o al final del programa de reproducción. En consecuencia, el patrón de partos es la clave de la rentabilidad de la granja (Shalloo, Cromie y McHugh, 2014).

Cada región adapta el sistema de acuerdo a sus particularidades climáticas, por ejemplo, Liu *et al.* (2018), señalan que, bajo el clima subtropical en Taiwán las vacas lactantes deben ser gestadas en invierno y primavera (de diciembre a mayo), desde el inicio del programa de reproducción estacional; mientras que las novillas deben gestarse en verano.

En Cuba, los patrones de comportamiento estacional para los nacimientos que surgieron de forma espontánea se han desplazado en el transcurso del tiempo (Mendoza *et al.*, 2019), pero no se ha logrado extender como una práctica en la ganadería comercial, aunque Loyola *et al.* (2015), demostraron las potencialidades que ofrece el empleo de la concentración de los partos en la época más favorable del año, en correspondencia con la disponibilidad de pastos naturales, por su efecto positivo en los indicadores bio económicos de los rebaños.

Posibilidades del empleo de la producción estacional

Como alternativa a la detección del celo, la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) permite servir a las vacas poco después del periodo de espera voluntaria, independientemente del estado de ciclicidad ovárica en que se encuentren. Este procedimiento tiene una amplia difusión por las ventajas que ofrece en comparación con el método tradicional (Salgado-Otero, Vergara-Avilés y Vergara-Garay, 2015), pues como resultado final se obtiene un incremento potencial de las tasas

de servicios al 100% y, por tanto, de las tasas de preñez y de la rentabilidad (Baruselli, SáFilho, Ambrósio y Ferreira, 2016).

El uso de la IATF en las hembras primíparas de leche y de carne después del parto reduce el intervalo parto - concepción y, en consecuencia, el intervalo entre partos, lo que tiene un efecto fundamental en el rendimiento económico de la granja (Baruselli, Ferreira, Sa Filho y Bó, 2018). Para el ganado de cría, también ofrece las ventajas de concentrar alrededor de la mitad de las concepciones en los primeros días de la temporada y estimular la ciclicidad y un retorno del estro en vacas que no quedaron gestantes.

La alternativa más utilizada en las condiciones de producción del trópico para tratar el anestro postparto prolongado y sincronizar el celo, es la administración de tratamientos hormonales (Baruselli, SáFilho, Ambrósio y Ferreira, 2016; García, Hernández Barreto y Pazinato, 2017), pero todos tienen como inconveniente las múltiples manipulaciones a las que deben someterse los animales y que es necesaria la detección visual del estro. En los sistemas basados en pastos, la IA generalmente se lleva a cabo después del estro espontáneo (observado o detectado con ayudas para la detección de celos), pero la sincronización dirigida o de todo el rebaño (IA +/- cronometrada) se puede incorporar en el manejo reproductivo para ayudar a maximizar las tasas de presentación de estros (Butler *et al.*, 2019).

Aunque se ha demostrado la eficacia de los programas de sincronización del rebaño entero en condiciones de pastoreo, no se han adoptado ampliamente. Esto se debe, al menos en parte, a que la concentración resultante en los partos puede abrumar los recursos limitados de mano de obra y alimentación (Roche *et al.*, 2017). Otros elementos importantes son la preparación para el transporte y procesamiento de la leche obtenida en "zafra" y la atención zootécnico-veterinaria al numeroso grupo de terneros resultante, aspectos que se logran rutinariamente en los países que la utilizan. Para desplazar el patrón de pariciones al momento más conveniente es posible el empleo de diferentes tecnologías como la IATF unida a otras acciones que posibiliten el incremento de la eficiencia reproductiva, tal como refieren diversos autores (Morton, 2010; Blackwell, Burke y Verkerk, 2010; Kelly, Shalloo, Wallace y Dillon, 2020).

La implementación de un modelo de producción lechera estacional, adaptado a las condiciones de Cuba, de acuerdo con Soto *et al.* (2017), puede propiciar una respuesta significativa a la necesidad que tiene el país de incrementar los rendimientos productivos sobre bases sostenibles. En empresas seleccionadas de Cuba, Hernández Marrero *et al.* (2016), demostraron que la IATF es una alternativa viable. Por otra parte, como la tasa de gestación final no está influida por las variaciones estacionales (Horrach *et al.*, 2012), es posible aplicarla en cualquier época del año pues, de acuerdo con Butler *et al.* (2019), la eficiencia de la producción de leche en sistemas basados en pasturas está fuertemente influenciada por el patrón de partos, lo que requiere un excelente desempeño reproductivo en una temporada de reproducción corta.

Además de la sostenibilidad de los sistemas al elaborar los planes productivos futuros, hay que considerar su impacto en el medio ambiente, el cambio climático y el bienestar animal. Las buenas prácticas de manejo ganadero son fundamentales para alcanzar una elevada eficiencia en la inseminación artificial, sin embargo, en nuestras explotaciones ganaderas la mayoría de las veces su importancia es minimizada o no se tiene en cuenta. En este sentido, Ritter, Beaver y von Keyserlingk (2019), resaltan la relación multidimensional entre el bienestar, la producción y los rasgos de reproducción.

En base a la definición de eficiencia reproductiva propuesta anteriormente, es necesario establecer para cada rebaño metas basadas en elementos claves que permitan su evaluación sistemática, trabajar de forma proactiva para adoptar medidas que establezcan un resultado positivo y, en general garantizar la sostenibilidad del sistema. Consecuentemente se requiere del empleo de indicadores y metas que incluyan a los nacimientos y tomen en cuenta a todas las hembras del rebaño.

Indicadores empleados para evaluar la eficiencia reproductiva

Se han utilizado varios índices reproductivos integrados o combinados para evaluar la eficiencia reproductiva, entre ellos, el estado reproductivo del hato (Britt), el Índice de Fertilidad (IF, Índice de Kruiff), Estado de Fertilidad (EF, Índice de Esslemond), y el Fertex. En una detallada revisión de este problema, González-Stagnaro (2005), concluye que con un solo índice es difícil evaluar de forma objetiva la fertilidad y analizar las causas de una baja eficiencia reproductiva, posiblemente porque para su cálculo es necesario previamente los resultados numéricos de los parámetros utilizados.

Aunque las medidas como el intervalo entre partos, el índice de natalidad, el intervalo entre el parto y la concepción, y los días abiertos, son indicadores pobres de la eficacia actual del manejo reproductivo, posiblemente no deberían usarse en el rebaño lechero moderno. En particular, sufren de imprecisiones debido a la variación normal, el sesgo, el dinamismo y los efectos de retardo (Cook, 2010), y por la baja heredabilidad (Espinoza Villavicencio *et al.*, 2015).

Dada la complejidad de la evaluación de la eficiencia reproductiva, ningún indicador por sí solo y por complejo que sea, podría hacerlo integralmente; por otra parte, un índice compuesto por varios indicadores necesariamente incurriría en solapamientos y repetición parcial de algún contenido; o partición de este en más de un indicador.

Indicadores clave del comportamiento (KPI)

Los indicadores clave del comportamiento (KPI, por sus siglas en inglés) representan un conjunto de medidas centradas en aquellos aspectos del desempeño organizacional que son los más críticos para el éxito presente y futuro de la organización (Parmenter, 2015).

El intervalo entre partos es el KPI utilizado en los rebaños en los sistemas de pariciones anuales, mientras que, en los estacionales, la tasa de inseminación es el utilizado para monitorear la tasa de progreso del programa de inseminación, particularmente durante las tres primeras semanas (Roche *et al.*, 2017).

Los KPI ayudan a las organizaciones y empresas a establecer sus objetivos y medir su progreso, deben ser cuantificables y reflejar los objetivos establecidos por la organización. Cuando no son cuantificables, no serán medibles ni utilizables. Junto con los objetivos también se deben establecer metas para los KPI, para los objetivos y las metas al mismo nivel, la definición no debe cambiar de año en año. Las metas y los objetivos solo deben cambiarse cuando la meta se alcanza (Reh, 2020).

El comportamiento de la fertilidad es un referente de la calidad del medio ambiente animal, el manejo general y la nutrición. Para tener una influencia positiva en la fertilidad, el equipo de gestión de la granja debe monitorear activamente la información actualizada. Seleccionar los KPI correctos para el sistema empleado y los datos disponibles son claves para esta tarea. A medida que nuestra comprensión de la fisiopatología posparto se desarrolla, se deben desarrollar nuevos KPI para permitir a los granjeros y veterinarios monitorear a los animales durante este período clave (Smith, Oultram y Dobson, 2014).

El periodo de servicio es el elemento determinante en la duración del intervalo entre partos (Plaizier y King, 1996), y su extensión depende de la reanudación de la actividad cíclica ovárica normal después del parto, condicionada por la capacidad de la hembra para recuperarse del balance energético negativo, particularmente con una mayor pérdida de CC posparto (Carvalho *et al.*, 2014), los cambios endocrinos, la función del sistema inmune (Velázquez *et al.*, 2019), el estado metabólico y de salud (Macmillan *et al.*, 2020), todo ello para facilitar la involución uterina y aumentar la probabilidad de que ocurra una gestación posterior.

Las relaciones entre la ingesta de energía, la producción de energía y la forma de energía de la dieta (fibra *versus* carbohidratos sin fibra) producen profundos efectos sobre el estado metabólico de la vaca y, en algunos casos, en el rendimiento reproductivo tanto del ganado lechero como el de carne (Wiltbank *et al.*, 2015). El trabajo con las hembras recentinas es vital para el mantenimiento de la regularidad de los ciclos reproductivos, y evitar así que pasen a la categoría de vacías, por la prolongación del anestro post parto.

Según Hermans *et al.* (2018), un KPI puede ser un promedio simple o el resultado de un cálculo complejo, una característica inherente es que se puede calcular dentro de una dimensión específica. Destacan como las dimensiones más importantes al tiempo, pues permite la agregación y el resumen de datos dentro de marcos de tiempo específicos (mes, trimestre, año), y al grupo en el que se calcula, que puede estar compuesto de acuerdo con un determinado parámetro (lugar, grupo de animales o personas).

Para granjas lecheras tropicales Moran y Chamberlain (2017), enumeraron un total de 174 KPI y resaltan la importancia de priorizarlos en función de su relevancia para la etapa actual de desarrollo de la granja, si el tamaño de su rebaño se ha estabilizado, la capacidad del agricultor para interpretar los datos y usarlos en futuras decisiones y la facilidad y precisión de recopilar los datos brutos necesarios para determinar cada KPI. La cuestión de cuáles KPI son más útiles es un desafío, y a menudo dependerá mucho de las circunstancias de una granja. Se pueden definir a través de la discusión sobre el rendimiento y los objetivos actuales del rebaño (Hewitt, Green y Hudson, 2018).

Del análisis de los criterios expuestos, es indudable que los nacimientos deben constituir el principal KPI a evaluar en los sistemas de producción ganaderos, pues es una medida común para todos y de declaración obligatoria. Recientemente, Vázquez, Bertot y Horrach (2020), propusieron la metodología del Índice Global de Eficiencia Biorreproductiva (IgEBR), que se centra en este KPI y se mueve prospectiva y retrospectivamente a lo largo de todo el ciclo de vida de los animales, lo cual no se logra con los indicadores tradicionales.

Esta metodología resulta una alternativa novedosa, que no garantiza por sí sola la mejora, pero permite controlar y evaluar correctamente el desempeño, tomar decisiones de acreditación justas y brindar un grupo de orientaciones o medidas para garantizar un plan de mejora continua. Entre otras ventajas, elimina la excesiva cantidad de indicadores, que en ocasiones no son fáciles de interpretar, y ofrece resultados sencillos de fácil interpretación, basado en los nacimientos, principal salida en el sistema de organización y control de la reproducción (Bertot *et al.*, 2011), con lo que impide que el hombre manipule momentos de la vida reproductiva de la hembra.

En muchos casos, la reproducción mejorada da como resultado la capacidad de cambiar las decisiones de manejo sobre el programa reproductivo debido a la mayor disponibilidad de hembras de reemplazo. Por ejemplo, reduce la necesidad de inseminar a todas las vacas; permite el uso de semen de razas de carne en una porción del rebaño para producir terneros mestizos; aumenta la presión de selección genética porque se pueden producir reemplazos de las mejores madres del rebaño; y permite decisiones de sacrificio más flexibles y económicas (Thatcher y Santos, 2020).

CONCLUSIONES

Se define a la eficiencia reproductiva como la obtención de un ternero por vaca, dentro del período biológicamente permisible para maximizar la rentabilidad, como expresión de la fertilidad de los progenitores, la intervención del hombre y la acción del ambiente.

Del arsenal de alternativas zootécnicas disponibles, es necesario valorar las atemperadas a la situación actual de la tenencia de tierras y el ganado en Cuba que, en un entorno económico difícil, y ante los retos del cambio climático, contribuyan a mejorar la eficiencia reproductiva de los sistemas vacunos en inseminación artificial.

REFERENCIAS

- Álvarez, L. (2015). Reproducción y producción de leche. Editorial ACPA, La Habana, Cuba, 103 pp.
- Baruselli, P. S., Ferreira, R. M., Sá Filho, M. F., & Bó, G. A. (2018). Using artificial insemination v. natural service in beef herds. *Animal*, 12(s1), s45-s52. <https://dx.doi.org/10.1017/S175173111800054X>
- Baruselli, P.S., SáFilho, M.F., Ambrósio, A.A., & Ferreira, R.M. (2016). Strategies to Improve Fertility in Cattle: Artificial Insemination Following Estrus Versus Timed Artificial Insemination. *Spermova*,6(1), 36-42. <https://doi.org/10.18548/aspe/0003.06>
- Bekara, M. E. A., & Bareille, N. (2019). Quantification by simulation of the effect of herd management practices and cow fertility on the reproductive and economic performance of Holstein dairy herds. *Journal of dairy science*, 102(10), 9435-9457. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15484>
- Bertot, J. A., Vázquez, R., de Armas, R., Garay, M., Avilés, R., Loyola, C., & Horrach, M. (2011). Utilización de patrones de estacionalidad e impactos de variables con retardo en el tiempo para la planificación de los nacimientos en sistemas vacunos lecheros. *Rev. prod. anim.*, 23(1), 57-61. <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA466297456&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=02586010&p=AONE&sw=w>
- Blackwell, M. B., Burke, C.R. & Verkerk, G.A. (2010). Reproductive management practices in New Zealand dairy farms: what will the future hold in a consumer-focused, export-driven marketplace? Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium 2010.

- Butler, S. T., Cummins, S. B., Herlihy, M. M., Hutchinson, I. A., & Moore, S. G. (2019). Optimizing productive and reproductive performance in the grazing cow. In *Reproduction in Domestic Ruminants VIII* (Vol. 8). Bioscientifica. <http://www.bioscioproceedings.org/bp/0008/pdf/bp0008rdr14.pdf>
- Carvalho, P. D., Souza, A. H., Amundson, M. C., Hackbart, K. S., Fuenzalida, M. J., Herlihy, M. M., ... & Grummer, R. R. (2014). Relationships between fertility and postpartum changes in body condition and body weight in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3666-3683. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7809>
- Chebel, R. C., & Ribeiro, E. S. (2016). Reproductive Systems for North American Dairy Cattle Herds. *Vet Clin Food Anim*, 32, 267-284. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvfa.2016.01.002>
- Cook, J. (2010). Measuring and monitoring reproductive performance in dairy herds. *In Practice*, 32(9), 432-436. <http://dx.doi.org/10.1136/inp.c5311>
- Crowe, M.A., Diskin, M.G., & Williams, E.J. (2014). Parturition to resumption of ovarian cyclicity: comparative aspects of beef and dairy cows. *Animal*, 8(s1), 40-53. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000251>
- Diskin, M.G. (2011). Chapter: Reproduction, Events and Management | Mating Management: Fertility. IN: Fuquay, J. W., McSweeney, P. L., & Fox, P. F. (2011). *Encyclopedia of dairy sciences*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00456-8>
- Espinoza Villavicencio, J. L., Ceró Rizo, Á., Guerra Iglesias, D., Palacios Espinosa, A., Domínguez Viveros, J., & González-Peña Fundora, D. (2015). Factores ambientales y parámetros genéticos para algunas características reproductivas en bovinos Chacuba. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 6(4), 431-441. <https://www.redalyc.org/pdf/2656/265643592008.pdf>
- García, J. R., Hernández Barreto, M., & Pazinato, J. (2017). Eficacia de dos tratamientos hormonales para la inducción del celo en la vaca lechera. *Archivos de zootecnia*, 66(253), 67-71. <https://doi.org/10.21071/az.v66i253.2127>
- García-Díaz, J., Noval-Artiles, E., Quiñones-Ramos, R., Pérez-Bello, A., & Hernández-Barreto, M. (2019). Principales indicadores reproductivos y factores ambientales que afectan a vacas de los genotipos Siboney y Mambí de Cuba. *Revista De Producción Animal*, 31(2). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e2740>
- González-Stagnaro, C. (2005). *Manual de ganadería doble propósito* (No. 636.21 G5891m Ej. 1 019708). EDICIONES ASTRO DATA. <http://www.sidalc.net/cgi->

bin/wxis.exe/?IsisScript=zamocat.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=020929

- Hermans, K., Opsomer, G., Waegeman, W., Moerman, S., De Koster, J., Van Eetvelde, M., ... & Hostens, M. (2018). Interpretation and visualisation of data from dairy herds. *In Practice*, 40(5), 195-203. <http://dx.doi.org/10.1136/inp.k2166>
- Hernández Marrero, D., Frutos Prendas, D., Scull Satorre, J., Alcalá Febles, Y., & Denis García, R. (2016). Evaluación de un protocolo de sincronización del estro. con el empleo de dispositivos intravaginales bovinos (DIB) en vacas y novillas. *Revista Ciencia y Tecnología Ganadera*, 10(1 y 2). ISSN 1998-3050.
- Hewitt, S., Green, M., & Hudson, C. (2018). Evaluation of key performance indicators to monitor performance in beef herds. *Livestock*, 23(2), 72-78. <https://www.magonlinelibrary.com/doi/abs/10.12968/live.2018.23.2.72>
- Horan, B., & Roche, J. R. (2020). Defining resilience in pasture-based dairy-farm systems in temperate regions. *Animal Production Science*, 60(1), 55-66. <https://doi.org/10.1071/AN18601>
- Horrach, Bertot, J.A., Vázquez, R., Garay, M., Avilés, R. & Loyola, C. (2012). Comportamiento estacional de variables relacionadas con la eficiencia de la inseminación artificial en rebaños vacunos lecheros en la provincia de Camagüey. *Revista de Producción Animal*, 24(2). <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA466297652&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=02586010&p=AONE&sw=w>
- Kelly, P., Shalloo, L., Wallace, M., & Dillon, P. (2020). "The Irish dairy industry – Recent history and strategy, current state and future challenges." *International Journal of Dairy Technology* 70, 1-15. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12682>
- Kim, I. W., & Jeong, J.K. (2019). Risk factors limiting first service conception rate in dairy cows and their economic impact. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(4), 519-526. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0296>
- Lamb, G. C., PAS, Mercadante, V. R. G., Henry, D. D., Fontes, P. L. P., Dahlen, C. R., Larson, J. E. & DiLorenzo, N. (2016). Invited Review: Advantages of current and future reproductive technologies for beef cattle production. *The Professional Animal Scientist*, 32, 162-171. <http://dx.doi.org/10.15232/pas.2015-01455>
- Lassala, A., Hernández-Cerón, J., Pedernera, M., González-Padilla, E., & Gutierrez, C. G. (2020). Cow-calf management practices in Mexico: Reproduction and breeding.

<http://www.veterinariamexico.unam.mx/index.php/vet/article/view/839>

- Liu, W., Peh, H., Wang, C., Mangwe, M., Chen, C., & Chiang, H. (2018). Effect of seasonal changes on fertility parameters of Holstein dairy cows in subtropical climate of Taiwan. *Asian-Australas J Anim Sci.*, 31(6), 820-826. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0301>
- Loyola, C., Guevara, R., Soto, S., Garay, M., & Ramírez, J. A. (2015). Momento óptimo para intensificar la parición a partir de indicadores de la producción láctea de rebaños bovinos comerciales en Camagüey. *Revista de Producción Animal*, 27(3). <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA466297691&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=02586010&p=IFME&sw=w>
- Macmillan, K., Gobikrushanth, M., Behrouzi, A., López-Helguera, I., Cook, N., Hoff, B., & Colazo, M. G. (2020). The association of circulating prepartum metabolites, minerals, cytokines and hormones with postpartum health status in dairy cattle. *Research in Veterinary Science*, 130, 126-132. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.03.011>
- Mendoza, I.; Bertot, J.; Horrach, M., Vázquez, R.; Garay, M.; Soto, S.; y Avilés Balmaseda, R. (2019). Patrón estacional de los nacimientos en ganado lechero durante el período 1982-2017 en Camagüey, Cuba. *Revista de Producción Animal*, 31(3). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e2965>
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). (2017). Sistema integral de atención a la reproducción, 17 julio de 2017 [s.l]: [s.n]
- Moran, J., & Chamberlain, P. (2017). *Blueprints for Tropical Dairy Farming: Increasing Domestic Milk Production in Developing Countries*. CSIRO PUBLISHING. <https://ebooks.publish.csiro.au/content/blueprints-tropical-dairy-farming>
- Morton, J. M. (2010). Interrelationships between herd-level reproductive performance measures based on intervals from initiation of the breeding program in year-round and seasonal calving dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 93(3), 901-910. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2045>
- Niemann, H., & Seamark, B. (2018). The Evolution of Farm Animal Biotechnology. In *Animal Biotechnology 1* (pp. 1-26). Niemann, H., & Wrenzycki, C. (Eds.). Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-92327-7_1
- Orihuela, A., & Galina, C. S. (2019). Effects of separation of cows and calves on reproductive performance and animal welfare in tropical beef cattle. *Animals*, 9(5), 223. <https://doi.org/10.3390/ani9050223>

- Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs*. John Wiley & Sons. <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.wiley-n9781119019855>
- Plaizier, J. C. B., & King, G. J. (1996). Measuring Reproductive Performance in Dairy Cattle. Developments of Feed Supplementation Strategies for Improve Ruminant Productivity on Small-Holder Farms in Latin America Through the Use of Immunoassay Techniques. In *FAO. IAEA*. https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:27070470
- Reh, F.J. (2020). The basics of key performance indicators (KPI). <https://www.thebalancecareers.com/key-performance-indicators-2275156>
- Ritter, C., Beaver, A., & von Keyserlingk, M. A. (2019). The complex relationship between welfare and reproduction in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 54, 29-37. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119350927.ch2>
- Roche, J. R., Berry, D. P., Bryant, A. M., Burke, C. R., Butler, S. T., Dillon, P. G., Donaghy, D. J., Horan, B., Macdonald, K. A., & Macmillan, K. L. (2017). A 100-Year Review: A century of change in temperate grazing dairy systems. *J Dairy Sci*, 100(12), 10189-10233. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13182>
- Salgado-Otero R, Vergara-Avilés M, Vergara-Garay O. (2015). Impacto de la utilización de inseminación artificial con detección de celo e inseminación artificial a término fijo en vacas mestizas manejadas bajo el sistema doble propósito. *Rev Cienc.*, 25(1), 57-62. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95934122009>
- Santos, J. E. P., Bisinotto, R. S., & Ribeiro, E. S. (2016). Mechanisms underlying reduced fertility in anovular dairy cows. *Theriogenology*, 86(1), 254-262. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.038>
- Shalloo, L., Cromie, A., & McHugh, N. (2014). Effect of fertility on the economics of pasture-based dairy systems. *Animal*, 8(s1), 222-231. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000615>
- Smith, R. F., Oultram, J., & Dobson, H. (2014). Herd monitoring to optimise fertility in the dairy cow: making the most of herd records, metabolic profiling and ultrasonography (research into practice). *Animal*, 8(s1), 185-198. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000597>
- Soto, S. A., Guevara, R. V., Guevara, G. E., de Loyola, C. J., Bertot, J. A., Senra, A. F., & Curbelo, L. M. (2017). Reflexiones acerca de la adopción y extensión de un modelo de producción de leche estacional en Camagüey, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 40(1), 3-15. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942017000100001

Horrach Junco, M.N., Bertot Valdés, J.A., Vázquez Montes de Oca, R., Garay Durba, M.

- Speckhart, S. L., Reese, S. T., Franco, G. A., Ault, T. B., Oliveira Filho, R. V., Oliveira, A. P., ... & Pohler, K. G. (2018). Invited Review: Detection and management of pregnancy loss in the cow herd. *The Professional Animal Scientist*, 34(6), 544-557. <https://doi.org/10.15232/pas.2018-01772>
- Stangaferro, M. L., Wijma, R. W., Masello, M., Thomas, M. J., & Giordano, J. O. (2018). Extending the duration of the voluntary waiting period from 60 to 88 days in cows that received timed artificial insemination after the Double-Ovsynch protocol affected the reproductive performance, herd exit dynamics, and lactation performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 101(1), 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13046>
- Stevenson, J. S., & Britt, J. H. (2017). A 100-Year Review: Practical female reproductive management. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 10292–10313. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12959>
- Thatcher, W.W., & Santos J.E.P. (2020). Chapter 8. Reproductive management of dairy cattle. *Animal Agriculture*. pp.131-151. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00008-2>
- Vázquez, R., Bertot, J.A. & Horrach, M.N. (2020). Metodología para evaluar la eficiencia biorreproductiva en rebaños vacunos. *Rev prod. anim.*, 32(1). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e3335>
- Velázquez, M. M. L., Peralta, M. B., Angeli, E., Stassi, A. F., Gareis, N. C., Durante, L., ... & Ortega, H. H. (2019). Immune status during postpartum, peri-implantation and early pregnancy in cattle: An updated view. *Animal reproduction science*, 206, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.05.010>
- Wilkinson, J. M., Lee, M. R., Rivero, M. J., & Chamberlain, A. T. (2020). Some challenges and opportunities for grazing dairy cows on temperate pastures. *Grass and Forage Science*, 75(1), 1-17. <https://doi.org/10.1111/gfs.12458>
- Wiltbank, M.C., Baez, G.M., Cochrane, F., Barletta, R.V., Trayford, C.R., & Joseph, R.T. (2015). Effect of a second treatment with prostaglandin F_{2α} during the Ovsynch protocol on luteolysis and pregnancy in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8644-8654. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9353>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: MNHJ, JABV, RVMO, MGD, análisis e interpretación de los datos: RVMO, JABV, MNHJ redacción del artículo: MNHJ, MGD, JABV, RVMO.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no existen conflicto de intereses.