

Tasa de preñez en vacas lecheras con dosis de espermatozoides de activación progresiva, Lambayeque

Pregnancy rate in dairy cows with progressively activated sperm doses, Lambayeque

Sergio Del Carpio^{1,a,*}, Hilda Del Carpio^{1,b}, Antonio Del Carpio^{1,c}

¹ Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

^a Mg., ✉ sdelcarpio@unprg.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0002-1526-8099>

^b Dra., ✉ hdelcarpio@unprg.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0002-6107-6223>

^c Dr., ✉ pdelcarpio@unprg.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0002-0236-1593>

* Autor de Correspondencia: Tel. +51 979912140

<http://doi.org/10.25127/riagrop.20253.1097>

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP>

revista.riagrop@untrm.edu.pe

Recepción: 08 de enero 2025

Aprobación: 03 de marzo 2025

Este trabajo tiene licencia de Creative Commons.

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0

International Public License – CC-BY-NC-SA 4.0



Resumen

La encapsulación en gel de alginato y la progresiva liberación de espermatozoides es una innovación que busca mejorar la eficiencia reproductiva de las vacas lecheras, incidiendo sobre la eficiencia productiva y económica de las empresas lecheras. Vacas Holstein y Browns Swiss en lactación de diferentes campañas se inseminaron con semen que contenía espermatozoides de activación progresiva (EAP); se comparó la tasa de preñez y la cantidad de servicios por preñez con los de vacas servidas con semen convencional. Dentro de las vacas servidas con EAP también se evaluó la duración del período transcurrido entre la observación del celo y el servicio y el período parto – servicio de concepción. La proporción de vacas preñadas con EAP (66.7%) fue considerablemente superior a la lograda con el semen convencional (50%); se requirió 26.5% menos servicios para lograr preñez y se redujo considerablemente el tiempo transcurrido entre la detección del celo y la inseminación. El empleo EAP representó una mejora importante en la reproducción de las vacas lecheras.

Palabras claves: Espermatozoides de activación progresiva; reproducción; vacas lecheras.

Abstract

Alginate gel encapsulation and progressive sperm release is an innovation that seeks to improve the reproductive efficiency of dairy cows, impacting the productive and economic efficiency of dairy companies. Holstein and Brown Swiss lactating cows from different campaigns were inseminated with progressively activated spermatozoa (PAS); the pregnancy rate, and the number of services per pregnancy were compared with cows served with conventional semen. Among cows served with PAS, the duration of the period between the observation of heat and service, and the period from calving to conception service were also evaluated. The proportion of cows pregnant with PAS (66.7%) was considerably higher than that achieved with conventional semen (50%); 26.5% fewer services were required to achieve pregnancy, and the time elapsed between the detection of heat and insemination was considerably reduced. The use of PAS represented a significant improvement in the reproduction of dairy cows.

Keywords: Progressive activation semen; reproduction; dairy cows.

1. INTRODUCCIÓN

En las vacas lecheras, los servicios (inseminaciones) exitosos se vinculan, entre otros aspectos, con la presencia de ovulación y este se estima, tradicionalmente, en función del momento de inicio del celo. Una situación problemática es que la observación de una vaca con manifestaciones psíquicas sexuales no implica que en ese momento se haya iniciado el celo; en consecuencia, la estrategia de servir a las vacas por la tarde cuando se observaron el celo por la mañana del mismo día; o al día siguiente por la mañana, cuando se observaron en celo por la tarde del día anterior, puede ser ineficiente.

Lograr eficientes tasas de concepción, realizando el servicio en forma inmediata; es decir, sin tener en cuenta la estrategia mencionada anteriormente, podría ser aceptado por los ganaderos siempre que se demuestre su éxito. Hace, relativamente, poco tiempo se está difundiendo el uso de semen en el que los espermatozoides se activan en forma

progresiva, su empleo debería permitir que las vacas aptas puedan inseminarse de inmediato lográndose la concepción.

El micro encapsulamiento se desarrolló inicialmente en actividades diferentes a los de la reproducción, pero se adaptó perfectamente (con algunos ajustes) con las células seminales. Como lo indicado por Kang *et al.* (2014) quien afirma que las tecnologías para crear tejidos vivos funcionales en laboratorio ofrecen nuevas posibilidades terapéuticas para reparar o reemplazar órganos dañados. Para evitar el rechazo inmunológico, las células deben ser encapsuladas en estructuras estables y manejables, lo cual se logra ajustando el tamaño de poro y el grosor de la membrana polimérica; la viabilidad y actividad metabólica celular son óptimas cuando las cápsulas tienen un tamaño cercano a las cien micras. Bajo estas consideraciones, los espermatozoides cumplen con las condiciones indicadas por Kang *et al.* (2014).

Watson (1993) se refería a la técnica como una novedad y la consideró como un desarrollo tecnológico particular que implica la posibilidad de escapar de las limitaciones del momento de la inseminación artificial muy cerca de la ovulación. Para Watson esta posibilidad representó grandes ventajas económicas, ya que se abrevia la necesidad de determinar el momento exacto en que se produjo el inicio celo, lo que es trascendente para lograr eficiencia reproductiva con la utilización de semen preparado en forma convencional.

Watson (1993) señaló que, en su desarrollo completo, esta tecnología permitiría el uso de espermatozoides encapsulados y criopreservados para inseminar a la hembra sin depender del momento exacto del celo. La liberación gradual de los espermatozoides desde la cápsula se activaría por los procesos previos a la ovulación, asegurando así la presencia de una población fértil de espermatozoides en la ampolla en el momento en que el ovocito es liberado. Esta teoría estaba lejos de aplicarse, por la poca investigación de su aplicabilidad.

Watson (1993), también señaló que, para que esta tecnología sea una alternativa eficaz a la inseminación artificial programada, los espermatozoides deben cumplir dos condiciones: mantenerse viables a temperatura corporal por varios días y estar encapsulados de forma que permitan una liberación progresiva durante ese tiempo, o que esta se active en respuesta a señales hormonales. Pravydyuk *et al.* (2013) indicaron que la encapsulación es un método prometedor de cultivo tridimensional de células en microesferas compuestas por diferentes hidrogeles, entre las que se encuentran el alginato [AMS, por sus siglas en

inglés], estas son permeables a oxígeno, nutrientes y moléculas de señalización, mejorando la viabilidad y función de las células encapsuladas. La cápsula puede actuar como una barrera contra las respuestas inmunitarias si se trasplantan y pueden mantener la proliferación y diferenciación celular. Otra ventaja significativa de las AMS, sobre otros biomateriales, es que se pueden despolimerizar y las células encapsuladas se pueden extraer con mucha facilidad.

Zhang *et al.* (2018) indicaron que el alginato, un polisacárido natural derivado de algas marinas, es ampliamente empleado en la encapsulación celular por su disponibilidad y biocompatibilidad. En el contexto de la criopreservación mediante microencapsulación, diversas formas de cápsulas de alginato han mostrado una alta eficacia para encapsular células vivas, agregados y tejidos, lo que permite optimizar el proceso de congelación, aumentar la supervivencia celular y conservar mejor sus funciones en comparación con los métodos convencionales.

A pesar de que existe bastante investigación sobre la encapsulación de células de diferentes tejidos, existe poca información sobre la encapsulación de células espermáticas; a pesar de que presentan características que la hace aptas para su encapsulación en geles de alginato. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar la tasa de preñez y el tiempo entre el celo y la inseminación en vacas inseminadas con espermatozoides de activación progresiva (EAP).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización, animales y manejo

La investigación se realizó en el establo lechero KIME, propiedad de la Empresa Agropecuaria KIME E.I.R.L.; ubicada en el sector Chosica del Norte, distrito de La Victoria, provincia de Chiclayo - Perú.

Se trabajó con dos razas de vacas: Holstein y Brown Swiss de diferentes partos. La alimentación de las vacas fue a base de chala y suplemento protéico-energético, además recibían agua *ad libitum*. Los animales fueron manejados en estabulación, el manejo sanitario fue realizado, de acuerdo con las recomendaciones del profesional especializado, de tal manera que los animales se mantenían en un buen estado de salud.

2.2. Tratamientos e inseminación

Los tratamientos fueron los diferentes tipos de semen usado en la inseminación, semen convencional y EAP. Se utilizaron 41 vacas Holstein (15 servidas con EAP y 26 servidas con semen convencional) y 27 vacas Brown Swiss (15 servidas con EAP y 12 con semen convencional). Las vacas Brown Swiss incluyeron a cruces con Jersey y Holstein. Los animales fueron elegidos en función a su estado sanitario, descartándose animales con problemas sanitarios del tracto reproductivo.

La detección de la preñez fue realizada por el técnico responsable de la reproducción en el establo, quien siguió una observación continua y minuciosa del comportamiento de las vacas y los cambios en los exteriores del sistema reproductivo. La inseminación de las vacas con EAP se realizó inmediatamente después de la detección del celo. La inseminación con semen convencional, siguió el protocolo clásico; si se

observó el celo en la mañana, las vacas se inseminaron por la tarde. En todos los casos se anotó la hora en que se observó el celo y la hora en que se hizo la inseminación. Además, las inseminaciones fueron realizadas por el mismo técnico, en todos los casos, evitando así la variación debido al operario.

2.3. Tasas de preñez

La detección de preñez se realizó teniendo en cuenta la ausencia de celo, 21 días después de la inseminación; el cual fue confirmado por medio de palpación rectal (a los 2 meses después de la inseminación). La tasa de preñez se calculó como el cociente de la cantidad de vacas preñadas y el total de vacas inseminadas. Además, se usó los apuntes de la hora de detección de celo y la inseminación para calcular el período transcurrido entre la detección del celo y el servicio.

2.4. Análisis de datos

Las tasas de preñez se expresaron como porcentajes y se utilizó la prueba de Chi-cuadrado sin hipótesis a priori (Scheffler, 1981). En cambio, se realizó un análisis de varianza para evaluar la duración del período registrado entre la detección del celo y el servicio (Ostle, 1979).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Tasa de preñez

Los resultados relacionados con la tasa de preñez de vacas Holstein se presentan en la Tabla 1. No se evidenció diferencias significativas para la tasa de preñez con el uso de EAP y semen convencional. No obstante, se apreció que las diferencias si fueron sustanciales; con el semen EAP se dio una ventaja de 16.7% en el ganado Holstein.

Tabla 1. Tasa de preñez de vacas Holstein de diferentes partos inseminadas con semen convencional y EAP

Parto	Convencional (%)	EAP (%)
Primero	55	57.1
Segundo	40	75
Tercero y posteriores	50	75
General	50 ^a	66.7 ^a

Letras iguales sobre los promedios generales indican diferencias no significativas ($P>0.05$) entre tipos de semen (χ^2).

Los resultados relacionados con la tasa de preñez de vacas Brown Swiss y sus cruces se presentan en la Tabla 2. No se evidenció diferencias significativas para la tasa de preñez con el uso de EAP y semen convencional. No obstante, se apreció que las diferencias si fueron sustanciales; con el semen EAP se dio una ventaja general de de 23.3%.

Tabla 2. Tasa de preñez de vacas Brown Swiss y sus cruces inseminadas con semen convencional y EAP

Grupo racial	Convencional (%)	EAP (%)
Jersey – Brown Swiss	40	50
Holstein – Brown Swiss	50	100
Brown Swiss	66.6	83.3
General	50 ^a	73.3 ^a

Letras iguales sobre los promedios generales indican diferencias no significativas ($p>0.05$) entre tipos de semen (χ^2).

En términos prácticos, de 100 vacas se logran preñar 50 con el semen convencional, pero con el semen EAP habría 16.7 y 23.3 más vacas preñadas. Para el ganadero esta constituye una ventaja importante porque está relacionada con los reemplazos para las vacas (tasa de saca por selección productiva), acción que implica mejora genética de una generación a otra. Además, que se da una ventaja económica, ya que las vacas tienen oportunidad de lograr mayor producción por vida, ya que se acorta el intervalo entre partos sucesivos (Abdollahi-Arpanahi *et al.*, 2017; Kumaresan *et al.*, 2017).

Weber *et al.* (2006), Standerholen *et al.* (2015), Perteghella *et al.* (2017), Alm-Kristiansen *et al.* (2017) y Berg *et al.* (2020) han reportado mejoras en la tasa de concepción de vacas lecheras por el empleo de semen EAP. Lo cual es coherente con nuestros hallazgos, demostrando la posibilidad de mejorar la tasa de preñez con el uso de EAP en la inseminación de vacas.

3.2. Periodo de celo a servicio

En la Tablas 3 se presentan los resultados obtenidos para la duración del período comprendido entre el avistamiento (detección) del celo y el servicio en vacas Holstein. Las vacas inseminadas con semen EAP se determinó que la media para el servicio fue de 1 hora con 19 minutos; lo que implica una reducción notable en el tiempo.

Tabla 3. Periodo celo – servicio (minutos) de vacas Holstein de diferentes campañas servidas con semen EAP

Parto	n	Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Primero	7	65 ^a	39.77	61.19
Segundo	4	73.5 ^a	29.95	40.75
Tercero y posateriores	4	110 ^a	58.84	53.49
General	15	79.3	47.5	59.9

Letras iguales sobre los promedios generales indican diferencias no significativas ($P>0.05$) entre partos.

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos con la duración del período comprendido entre el avistamiento (detección) del celo y el servicio para vacas Brown Swiss y sus cruces. El periodo de celo y servicio se redujo, hasta en más del 50%, cuando se usó EAP.

Tabla 4. Tiempo celo – servicio (horas) de vacas Brown Swiss y sus cruces inseminadas con semen convencional y EAP

Grupo racial	Convencional	EAP
Jersey - Brown Swiss	10.2	7
Holstein - Brown Swiss	12	1.8
Brown Swiss	10.4	4.8
General	10.8a	5.1b

Letras diferentes sobre los promedios indican diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tipos de semen.

La reducción del tiempo empleando entre celo e inseminación con el uso de EAP en la inseminación de vacas, además de permitir mejores tasas de preñez, permite mejor utilización del tiempo del técnico inseminador que puede realizar actividades de gestión (registros, aplicar tratamientos sanitarios reproductivos, etc.), mejor aprovechamiento del personal que se dedica al cuidado del ganado. Es decir, como resaltó Watson (1993), la mayor eficiencia reproductiva que se logra permite una aceleración en la mejora genética, eficiencia productiva y economía en las unidades productivas.

Todo sustentado en la progresiva maduración de los espermatozoides, que al haber estado encapsulados estuvieron protegidos de las defensas del tracto reproductor de la vaca

(Smidsrod y Skjak-Braek, 1990; Nebel *et al.*, 1985; Munkittrick *et al.*, 1992; Nebel *et al.*, 1993; Vishwanath *et al.*, 1997; Nebel *et al.*, 1996), demostrando que no afecta negativamente la estructura ni la capacidad fecundante de los espermatozoides y que, inclusive se aplica en otras especies animales, como en el caso del búfalo de agua en forma exitosa, como ha sido reportado por Perteghella *et al.* (2017).

4. CONCLUSIONES

La inseminación artificial de vacas con EAP permite mejorar la tasa de preñez sin tener en cuenta la espera desde que se detecta el celo en las vacas lecheras. La tasa de preñez se mejoró en 16.7 y 23.3% para Holstein y Brown Swiss (cruces) respectivamente. Se reduce significativamente el tiempo transcurrido entre la detección del celo y el momento de inseminación artificial, sin afectar negativamente la tasa de preñez. Demostrando que el uso de EAP es una técnica viable en vacas lecheras.

Declaración de intereses

Ninguna.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Empresa Agropecuaria KIME E.I.R.L. por todas las facilidades prestadas..

Referencias

Abdollahi-Arpanahi, R., Morota, G. & Peñaricano, F. (2017). Predicting bull fertility using genomic data and biological information. *Journal of Dairy Science*, 100: 9656-9666. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13288>

- Alm-Kristiansen, A.H., Sanderholen, F.B., Bai, G., Waterhouse, K.E. & Kommisrud, E. (2017). Relationship between post-thaw adenosine triphosphate content, motility and viability in cryopreserved bovine semen applying two different preservation methods. *Reproduction in Domestic Animals*, 53(6): 1448-1455. <https://doi.org/10.1111/rda.13285>
- Berg, H.F., Spang, H.C.L., Heringstad, B., Rapstad, E., Alm-Kristiansen, A.H. & Kommisrud, E. (2020). Studies of gel with immobilized semen by intrauterine endoscopy post-artificial insemination. *Reproduction in Domestic Animals*, 55: 401-404. <https://doi.org/10.1111/rda.13630>
- Kang, A.R., Park, J.S., Ju, J., Jeong, G.S. & Lee, S.H. (2014). Cell encapsulation on via micro technologies. *Biomaterials*, 35: 2651-2663. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2013.12.073
- Kumaresan, A., Johannisson, A., Al-Essawe, E.M. & Morrell, J.M. (2017). Sperm viability, reactive oxygen species, and DNA fragmentation index combined can discriminate between above- and below-average fertility bulls. *Journal of Dairy Science*, 100: 5824-5836. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12484>
- Munkittrick, T.W., Nebel, R.L. & Saacke, R.G. (1992). Accessory sperm numbers for cattle inseminated with protamine sulfate microcapsules. *J. Dairy Sci.* 75:725-31. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77809-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77809-6)
- Nebel, R.L., Bame, J.H., Saacke, R.G. & Lim, F. (1985). Microencapsulation of bovine spermatozoa. *J. Anim. Sci.* 60:1631-9. DOI: 10.2527/jas/985.6061631
- Nebel, R.L., Vishwanath, R., McMillan, W.H. & Saacke, R.G. (1993). Microencapsulation of bovine spermatozoa for use in artificial insemination: a review. *Reprod. Fertil. Dev.* 5:701-12. DOI: <https://doi.org/10.1071/rd9930701>
- Nebel, R.L., Vishwanath, R., McMillan, W.H. & Pitt, C.J. (1996). Microencapsulation of bovine spermatozoa: effect of capsule membrane thickness on spermatozoal viability and fertility. *Anim. Reprod. Sci.* 44:79-89. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(96\)01540-0](https://doi.org/10.1016/0378-4320(96)01540-0)
- Ostle, B. (1979). *Estadística Aplicada*. Limusa. México.
- Perteghella, S., Gaviraghi, A., Cenadelli, S., Bornaghi, V., Galli, A., Crivelli, B., Vigani, B., Vigo, D., Chlapanidas, T., Faustini, M. & Torre, M.L. (2017). Alginate encapsulation preserves the quality and fertilizing ability of Mediterranean Italian water buffalo (*Bubalus bubalis*) and Holstein Friesian (*Bos taurus*) spermatozoa after cryopreservation. *Journal of Veterinary Science*, 18(1): 81-88. <https://doi.org/10.4142/jvs.2017.18.1.81>
- Pravdyuk, A., Petrenko, Y.A., Fuller, B.J. & Petrenko, A.Y. (2013). Cryopreservation of alginate encapsulated mesenchymal stromal cells. *Cryobiology*, 66(3): 215-222. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2013.02.002>
- Scheffler, E. (1981). *Bioestadística*. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Smidsrod, O. & Skjak-Braek, G. (1990). Alginate as immobilization matrix for cells. *Trends Biotechnol.* 8:71-8. [https://doi.org/10.1016/0167-7799\(90\)90139-O](https://doi.org/10.1016/0167-7799(90)90139-O)
- Standerholen, F.B., Waterhouse, K.E., Larsgard, A.G., Garmo, R.T., Myromslien, F.D., Sunde, J., Ropstad, E., Klinkenberg, G. & Kommisrud, E. (2015). Use of immobilized cryopreserved bovine semen in a blind artificial insemination trial. *Theriogenology* 84: 413-420. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.028>
- Vishwanath, R., Nebel, R.L., McMillan, W.H., Pitt, C.J. & Macmillan, K.L. (1997). Selected times of insemination with microencapsulated bovine spermatozoa affect pregnancy rates of synchronized heifers. *Theriogenology*, 48:369-76. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(97\)00248-3](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(97)00248-3)
- Watson, P.F. (1993). The potential impact of sperm encapsulation technology on the importance of timing of artificial insemination a perspective in the light of published work. *Reprod. Fertil. Dev.*, 5: 691-699. <https://doi.org/10.1071/RD99330691>
- Weber, W., Rimann, M., Schafroth, T., Witschi, U. & Fussenegger. (2006). Design of high-throughput-compatible protocols for microencapsulation, cryopreservation and release of bovine spermatozoa. *Journal of Biotechnology* 123: 155-163. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2005.11.008>
- Zhang, C., Zhou, Y., Zhang, L., Wu, L., Chen, Y., Yie, D. & Chen, W. (2018). Hydrogel cryopreservation system: An effective method for all storage. *International Journal of Molecular Sciences*, 19: 3330. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms19113330>