



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**

---

**Tasa de concepción con espermatozoides de activación progresiva en  
vacas cruzadas Holstein x Brown Swiss**

**TESIS**

**Presentada para  
optar el título profesional de  
INGENIERA ZOOTECNISTA**

**Autor**

**Bach. Sandoval Suclupe, Daney Nicolasa**

**Asesor**

**Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr.**  
(ORCID id: 0000-0002-0236-1593)

**Lambayeque [14/ diciembre/ 2022]**

**Tasa de concepción con espermatozoides de activación progresiva en vacas cruzadas  
Holstein x Brown Swiss**

**TESIS**

**Presentada para  
optar el título profesional de  
INGENIERA ZOOTECNISTA**

**Autor: Sandoval Suclupe, Daney Nicolasa**

**Sustentada y aprobada ante el  
siguiente jurado**

**Ing. Pomares Neira, Carlos Herbert, M. Sc.  
Presidente**



**Ing. Flores Paiva, Alejandro, M. Sc.  
Secretario**



**Ing. Bautista Espinoza, Benito, M. Sc.  
Vocal**



**Ing. Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, Dr.  
Asesor**





**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**

**ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL**

**N° 026- 2022/FIZ**



Siendo las 11:00 am del día miércoles 14 de diciembre de 2022, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución N° 199-2022-VIRTUAL-FIZ/D de fecha 13 de diciembre de 2022, que autoriza la sustentación virtual de la tesis “Tasa de concepción con espermatozoides de activación progresiva en vacas cruzadas Holstein x Brown Swiss”, presentada por la Bachiller Daney Nicolasa Sandoval Suclupe, se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/fiv-ukka-bfm?pli=1&authuser=0> los miembros del jurado designados por Resolución N° 032-2020.VIRTUAL-CF/FIZ de fecha 19 de Agosto del 2020 que modifica la Resolución 302-2018-FRIZ/D por cese en función docente del Presidente del jurado Ing. Segundo Filiberto Bernal Rubio quedando conformado: Carlos Herbert Pomares Neira Mg. Sci. (Presidente), Alejandro Flores Paiva M. Sc., (Secretario), Ing. Benito Bautista Espinoza M. Sc. (Vocal) e Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr. (Asesor) para dictaminar sobre la sustentación del trabajo de tesis antes citado, el cual fue aprobado con Resolución N° 215-2019-FIZ/D de fecha 21 de agosto del 2019.

Concluida la sustentación de la tesis por parte de la sustentante, absueltas las preguntas realizadas por los miembros del jurado, así como las aclaraciones del señor patrocinador, los miembros del Jurado se reunieron vía plataforma virtual: <https://meet.google.com/fdq-eszg-xwi?authuser=0> para deliberar y calificar la sustentación de la tesis: “Tasa de concepción con espermatozoides de activación progresiva en vacas cruzadas Holstein x Brown Swiss”, presentada por la Bachiller Daney Nicolasa Sandoval Suclupe; habiendo acordado APROBAR el trabajo de tesis con la nota en escala vigesimal de 17 equivalente al calificativo de BUENO; recomendando incluir en la redacción del informe final las sugerencias dadas durante la sustentación.

Por lo tanto, la Bachiller Daney Nicolasa Sandoval Suclupe en Ingeniería Zootecnia; se encuentra APTA para recibir el Título Profesional de Ingeniera Zootecnista de acuerdo a la ley Universitaria N° 30220 y normatividad vigente de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y Facultad de Ingeniería Zootecnia.

Siendo las 12:45 pm horas se dio por concluido el presente acto académico firmando en señal de conformidad los miembros de jurado y asesor.

Ing. Carlos Pomares Neira, Mg. Sci.  
PRESIDENTE

Ing. Alejandro Flores Paiva, M. Sc.  
SECRETARIO

Ing. Benito Bautista Espinoza, M. Sc.  
VOCAL

Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.  
ASESOR

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Sandoval Suclupe, Daney Nicolasa, investigador principal, y Del Carpio Ramos, Pedro Antonio, asesor, del trabajo de investigación **Tasa de concepción con espermatozoides de activación progresiva en vacas cruzadas Holstein x Brown Swiss**, declaramos bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso de que se demuestre lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y, por ende, el proceso administrativo a que hubiera lugar, que puede conducir a la anulación del grado o título emitido como consecuencia de este informe.

**Lambayeque, junio de 2022.**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sandoval', enclosed within a circular scribble.

**Sandoval Suclupe, Daney Nicolasa**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Del Carpio', enclosed within a circular scribble.

**Del Carpio Ramos, Pedro Antonio**

## **DEDICATORIA**

**Dedico este trabajo principalmente a Dios,  
por habernos dado la vida y por poder concederme  
la salud por permitir el haber llegado hasta este momento  
tan importante de nuestra formación profesional.**

**A mis padres Sebastián Sandoval Farroñan y Herminia Suclupe Vidaurre,  
que están en el cielo, y mis hermanos Diana Herminia Sandoval Suclupe y  
Jose Marcos Sebastiani Sandoval Suclupe por todo su apoyo incondicional  
en todo momento y por todos los sacrificios que hicieron para ayudarme  
a forjar una carrera profesional y así poder cumplir este sueño.**

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios, por habernos acompañado y guiado  
a lo largo de la carrera, por ser nuestra  
fortaleza en los momentos de debilidad  
y por brindarnos una vida llena de aprendizaje,  
experiencia y momentos de felicidad.**

**Al Ing. Ever Guevara Saldaña jefe encargado  
de la empresa KIME.E.I.R. L por el apoyo brindado  
para la realización del presente trabajo de investigación  
y por todas las enseñanzas brindadas en el desarrollo de  
la práctica.**

**A los docentes de la Universidad Nacional  
Pedro Ruiz Gallo, en especial a los de la Facultad de Ingeniería Zootecnia,  
que me brindaron sus enseñanzas, sus sabios consejos y experiencias.**

**A mi asesor Ing. Pedro Antonio del Carpio Ramos, Dr,  
por comprometerse tanto en la investigación  
y brindar conocimientos e ideas,  
mi admiración y cariño.**

## Resumen

La innovación tecnológica aplicada al semen de los vacunos lecheros ha permitido obtener un tipo de semen encapsulado y de activación progresiva que permita prescindir del tiempo prolongado antes del servicio de las vacas en celo y obtener mayor tasa de preñez en vacas cruzadas por Brown Swiss y puras Brown Swiss en Lambayeque. Se emplearon 27 vacas Jersey x B. Swiss, Holstein x B. Swiss y B. Swiss, de segundo y tercer parto, en las que la calificación de la condición corporal estuvo por encima de 3 en todas, sin diferencias significativas entre tipos de semen y grupos raciales; el período post parto general fue de 80.96 días y no hubo diferencias significativas entre tipos de semen y grupos raciales. La tasa de preñez obtenida fue de 50% con el semen convencional y 73.3% con el semen innovado ( $P<0.05$ ). El tiempo entre la detección del celo y el servicio fue de 10.81 horas con el semen innovado y 5.09 horas con el semen innovado. Los resultados encontrados determinaron que es posible mejorar significativamente la tasa de preñez con el empleo de semen con espermatozoides encapsulados y activación progresiva y es recomendable su empleo.

**Palabras clave:** SpermVital; Tasa de Preñez; Reproducción; Semen.

## Abstract

Technological innovation applied to the semen of dairy cattle has made it possible to obtain a type of encapsulated semen with progressive activation that makes it possible to dispense with the prolonged time before the service of cows in heat and obtain a higher pregnancy rate in cows crossed by Brown Swiss and purebred Brown Swiss in Lambayeque. Twenty-seven Jersey x B. Swiss, Holstein x B. Swiss and B. Swiss cows, second and third calving, were used, in which the body condition score was above 3 in all, without significant differences between semen types. and racial groups; the general postpartum period was 80.96 days and there were no significant differences between semen types and racial groups. The pregnancy rate obtained was 50% with conventional semen and 73.3% with innovated semen ( $P<0.05$ ). The time between heat detection and service was 10.81 hours with the innovated semen and 5.09 hours with the innovated semen. The results found determined that it is possible to significantly improve the pregnancy rate with the use of semen with encapsulated spermatozoa and progressive activation and its use is recommended.

**Keywords:** SpermVital; Pregnancy Rate; Reproduction; Semen.

| <b>ÍNDICE</b>  |  |                |
|----------------|--|----------------|
| <b>Nº Cap.</b> | <b>Título del Capítulo</b>   | <b>Nº Pág.</b> |
|                | <b>Resumen/ Abstract</b>   | <b>vii</b>     |
|                | <b>INTRODUCCIÓN</b>  | <b>01</b>      |
| <b>I</b>       | <b>ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO</b>                              | <b>03</b>      |
|                | 1.1. Tipo y Diseño de Estudio                                      | 03             |
|                | 1.2. Lugar y Duración  | 03             |
|                | 1.3. Tratamientos Evaluados  | 03             |
|                | 1.4. Animales Experimentales                                       | 04             |
|                | 1.5. Alimentación y Manejo   | 04             |
|                | 1.6. Instalaciones y Equipo  | 04             |
|                | 1.7. Técnicas Experimentales                                       | 05             |
|                | 1.8. Variables Evaluadas   | 05             |
|                | 1.9. Evaluación de la Información                                  | 06             |
| <b>II</b>      | <b>MARCO TEÓRICO</b>   |                |
|                | 2.1. Antecedentes Bibliográficos                                   | 08             |
|                | 2.1.1. Sobre la inseminación artificial                            | 08             |
|                | 2.1.2. Encapsulación y activación progresiva de<br>espermatozoides | 10             |
|                | 2.2. Bases Teóricas  | 12             |
| <b>III</b>     | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>                                      |                |
|                | 3.1. Calificación de la Condición Corporal (CCC)                   | 15             |
|                | 3.2. Período Post Parto (PP)                                       | 16             |
|                | 3.3. Tasa de Preñez  | 17             |
|                | 3.4. Tiempo de Servicio  | 19             |
| <b>IV</b>      | <b>CONCLUSIONES</b>  | <b>22</b>      |
| <b>V</b>       | <b>RECOMENDACIONES</b>   | <b>23</b>      |
|                | <b>BIBLIOGRAFÍA</b>  | <b>24</b>      |
|                | <b>ANEXOS</b>  | <b>27</b>      |

## ÍNDICE DE TABLAS

| Nº | Título   | Pág. Nº |
|----|--|---------|
| 1  | <i>Esquema del análisis de varianza para el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 3 x 2</i>   | 07      |
| 2  | <i>Calificación de la condición corporal de vacas lecheras cruzadas por B. Swiss y puras para ser servidas con semen convencional y SpermVital</i> | 14      |
| 3  | <i>Duración del período de post parto de vacas lecheras cruzadas por B. Swiss y puras para ser servidas con semen convencional y SpermVital</i>    | 16      |
| 4  | <i>Tasa de preñez de vacas lecheras cruzadas por B. Swiss y puras para ser servidas con semen convencional y SpermVital</i>                        | 17      |
| 5  | <i>Tiempo celo – servicio de vacas lecheras cruzadas por B. Swiss y puras para ser servidas con semen convencional y SpermVital (horas)</i>        | 19      |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Nº | Título  | Pág. Nº |
|----|---|---------|
| 01 | <i>Comparativo porcentual entre tipos de semen para la duración del período celo – servicio</i> | 20      |

## ANEXOS

| N° | Título   | Pág. N° |
|----|--|---------|
| 01 | Prueba de homogeneidad de varianzas con la calificación de la condición Corporal | 27      |
| 02 | Análisis de la varianza con la calificación de la condición corporal             | 27      |
| 03 | Prueba de homogeneidad de varianzas con la duración del período post parto       | 27      |
| 04 | Análisis de la varianza con la duración del período post parto                   | 28      |
| 05 | Prueba de t de Student con porcentaje de preñez (arco seno)                      | 28      |
| 06 | Análisis de la varianza con la duración del período celo – servicio              | 28      |
|    | Recibo digital Turnitin  | 29      |
|    | Entrega de archivo a Turnitin  | 30      |
|    | Informe de originalidad Turnitin   | 31      |

## INTRODUCCIÓN

El relativamente reciente advenimiento de las técnicas de encapsulación de espermatozoides ha ofrecido la posibilidad de nuevos enfoques para varias cuestiones de la bioquímica, la fisiología y la tecnología de los espermatozoides. Un desarrollo tecnológico particular implica la posibilidad de escapar de las limitaciones del momento de la inseminación artificial en las proximidades de la ovulación. Si esto se hiciera realidad, habría ventajas económicas considerables en la producción de animales domésticos porque se obviaría la necesidad de identificar el momento exacto del estro. En animales no domésticos, habría una mayor expectativa de concepción después de la inseminación artificial, porque la detección del período receptivo sigue siendo una dificultad importante en muchas especies.

Para todas las personas vinculadas a la Producción Animal resulta evidente que a lo largo de las décadas de desarrollo de la industria lechera vacuna en casi todos los países del mundo se desarrolló investigación con la finalidad de lograr las mayores tasas de concepción con la menor cantidad de servicios. Los productores han destinado mano de obra (personal capacitado) para la supervisión del rebaño y poder detectar el momento oportuno de la presentación del celo y realizar la inseminación con éxito. No obstante, se ha reconocido que siempre el éxito ha sido elusivo o no muy frecuente.

Si es válida la teoría que sostiene que la micro-encapsulación de los espermatozoides y su liberación progresiva en el aparato reproductor femenino permite adecuadas tasas de concepción sin tener en consideración el momento de la ovulación, sería de gran importancia para el sector ganadero. En Europa se ha desarrollado una tecnología al respecto que merece ser evaluada en nuestro medio, con condiciones ambientales y de manejo completamente diferentes, para ser validada y se conoce como SpermVital.

En la presente investigación se planteó el siguiente problema: ¿Se logrará mejorar la tasa de concepción en vacas lecheras cruzadas Holstein x Brown Swiss si se emplea en la inseminación artificial semen con espermatozoides tratados para liberación controlada sin tener en cuenta el momento de manifestación del celo?

Habiéndose asumido la siguiente hipótesis: La utilización de semen tratado con micro-encapsulación y liberación progresiva (SpermVital) permitirá lograr mejor tasa de concepción en vacas lecheras cruzadas Holstein x Brown Swiss sin tener en cuenta el momento de detección del celo.

Los objetivos planteados fueron determinar y evaluar lo siguiente:

1. Calificación de la condición corporal (CCC).
2. Duración del período post parto previo (DPP).
3. Porcentaje de preñez.
4. Tiempo transcurrido después de visto el celo y el servicio.

# **I. ANÁLISIS DEL OBJETO DE ESTUDIO**

## **1.1. Tipo y Diseño de Estudio**

La investigación se planteó como de tipo cuantitativo-propositivo, debido a la cuantificación de las características evaluadas y la proposición de un resultado que pueda ser aplicado en la ganadería lechera, como una mejora. Así mismo, es una investigación experimental debido a la modificación, por parte del investigador, de la variable independiente.

Para mayor referencia sobre tipos y diseños de investigaciones nos referimos a Hernández et al. (2010) y Maletta (2015).

## **1.2. Lugar y Duración**

La fase de campo de la investigación se realizó en el establo lechero KIME, propiedad de la Empresa Agropecuaria KIME E.I.R.L.; el establo está ubicado en el sector Chosica del Norte, distrito de La Victoria, provincia de Chiclayo, al sur de la ciudad de Chiclayo. Con una duración de seis meses.

## **1.3. Tratamientos Evaluados**

Se consideró la comparación de los siguientes grupos experimentales:

**T<sub>1</sub>:** Vacas Brown Swiss servidas con semen convencional.

**T<sub>2</sub>:** Vacas Brown Swiss servidas con semen SpermVital.

**T<sub>3</sub>:** Vacas Holstein x Brown Swiss servidas con semen convencional.

**T<sub>4</sub>:** Vacas Holstein x Brown Swiss servidas con semen SpermVital.

**T<sub>5</sub>:** Vacas Jersey x Brown Swiss servidas con semen convencional.

**T<sub>6</sub>:** Vacas Jersey x Brown Swiss servidas con semen SpermVital.

En el caso del porcentaje de preñez sólo se pudo evaluar dos grupos:

**T<sub>1</sub>:** Vacas servidas con semen convencional.

**T<sub>2</sub>:** Vacas servidas con semen SpermVital.

#### **1.4. Animales Experimentales**

Se trabajó con 15 vacas (6 Brown Swiss, 3 Holstein x Brown Swiss y 6 Jersey x Brown Swiss) en lactación que fueron servidas con semen SpermVital y con la información correspondiente a 12 vacas (3 Brown Swiss, 4 Holstein x Brown Swiss y 5 Jersey x Brown Swiss) del rebaño servidas con el semen convencional, cuyos servicios se realizaron dentro de la misma campaña que las vacas que recibieron el semen tratado y fueron de los mismos grupos raciales. Aun cuando originalmente se planteó trabajar con animales Holstein x B. Swiss, como una manera de complementar la investigación, teniendo la información pertinente, se consideró al grupo racial Jersey x B. Swiss.

#### **1.5. Alimentación y Manejo**

Las vacas recibieron alimentación basada en la combinación de forraje (chala chocleada) y concentrado (en función de la fase de lactación y cantidad de leche producida), todas las vacas recibieron el mismo programa de alimentación.

En lo que respecta al manejo, todas las vacas fueron manejadas en forma convencional, basado en el aprovisionamiento de alimento en horas determinadas del día; ordeño mecánico dos veces al día; supervisión de la condición corporal y del estado de salud, etc.

#### **1.6. Instalaciones y Equipo**

Se dispuso de las instalaciones y equipo del establo, lo que se puede resumir en:

- Corrales de descanso de vacas en lactación.
- Brete para inseminación artificial.
- Equipo de inseminación artificial (tanque de nitrógeno, aplicador de semen, guantes de plástico, etc.)

- Libreta de campo, ordenador electrónico.

Además del equipo típico empleado en toda explotación de ganado vacuno lechero.

### **1.7. Técnicas Experimentales**

Para la determinación de la calificación de la condición corporal (CCC) se empleó la técnica de evaluación reportada por Wildman et al. (1982) y Herd y Sprott (1985), la que en términos sencillos implica la determinación del estado físico de la vaca en función de los depósitos de grasa subcutánea en diferentes partes del cuerpo (cruz, dorso, lomo, anca, parte posterior de los muslos, y costillar); se utiliza una escala de 1 a 5, en la que 1 representa a una vaca muy delgada y 5 a una muy gorda.

De los registros reproductivos del establo, de cada una de las vacas consideradas, se tomó el número y la fecha del último parto; esta fecha sirvió para poder determinar la duración del período post parto considerando la fecha del servicio aplicado para la presente investigación.

Se hizo un servicio para cada una de las vacas, ya sea con semen convencional como con semen SpermVital; a la revisión genital para determinar la preñez se anotó el resultado, tal que el porcentaje de preñez representó la proporción de vacas servidas que quedaron preñadas. Todas las vacas fueron evaluadas para descartar problemas de orden urogenital.

Para el caso del semen convencional, los servicios se realizaron considerando el momento de avistamiento del celo; si se avistó en la mañana se sirvió por la tarde y si se avistó en la noche se sirvió al día siguiente. En el caso del semen SpermVital los servicios se realizaron en diferentes momentos después de avistado el celo, con la finalidad de determinar la efectividad de la activación progresiva de los espermatozoides.

Se determinó el tiempo transcurrido entre el avistamiento del celo y el momento del servicio en cada una de las vacas.

## 1.8. Variables Evaluadas

1. Calificación de la condición corporal: escala de 1 a 5.
2. Duración del período de post parto previo: tiempo transcurrido entre la fecha del parto anterior y la fecha de servicio (días).
3. Tasa de preñez, %: (Cantidad de vacas preñadas/ cantidad total de vacas) x 100.
4. Tiempo celo – servicio, horas: Hora de servicio – hora de avistado el celo.

## 1.9. Evaluación de la Información

En el caso de las variables CCC, PP y tiempo celo – servicio, la información fue evaluada a través de la utilización del diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2 (tres grupos raciales y dos tipos de semen) con diferente cantidad de repeticiones por tratamiento.

En este caso el modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \xi_{ijk}$$

En el que  $\mu$  es el verdadero efecto medio;  $\alpha_i$ , es el efecto verdadero del i-ésimo nivel del factor A (grupo racial);  $\beta_j$ , es el efecto verdadero del j-ésimo nivel del factor B (tipo de semen);  $(\alpha\beta)_{ij}$ , es el efecto verdadero de la interacción y  $\xi_{ijk}$  es el efecto verdadero del error (Ostle, 1979).

Se mantuvo una disposición de cometer error de tipo 1 de 5% (Scheffler, 1981).

Antes de aplicar el análisis de la varianza se aplicó la prueba de Bartlett de homogeneidad de varianzas a la información para corroborar o descartar la exigencia de variables homogéneas.

El esquema del análisis de varianza se presenta en la Tabla 1.

En el caso del porcentaje de preñez, debido a la ausencia de significación para las variables CCC y PP, se evaluó dos grupos (semen convencional y semen SpermVital) a través de la prueba de Chi cuadrado (Scheffler, 1981).

**Tabla 1.**

*Esquema del análisis de varianza para el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial 3 x 2*

| <b>Fuente de Variación</b> | <b>Suma de Cuadrados</b> | <b>Grados de Libertad</b> | <b>Cuadrado Medio</b> | <b>F</b> |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|----------|
| Media                      | Myy                      | 1                         | M                     |          |
| Tratamientos               | Tyy                      | t-1 = 5                   | T                     | T/ E     |
| Grupo racial               | Ayy                      | a-1 = 2                   | A                     | A/ E     |
| Tipo semen                 | Byy                      | b-1 = 1                   | B                     | B/ E     |
| Interacción                | (AB)yy                   | (a-1)(b-1) = 2            | AB                    | AB/ E    |
| Residual                   | Eyy                      | t(n-1)=21                 | E                     |          |
| Total                      | $\Sigma Y^2$             | tn =27                    |                       |          |

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes Bibliográficos**

#### **2.1.1. Sobre la inseminación artificial**

Probablemente no haya herramienta tecnológica más importante para el desarrollo de la ganadería lechera como la inseminación artificial; literalmente implica la colocación del semen en el aparato reproductor de la vaca por medios no naturales. Berg (2020) la definió como “la introducción deliberada de células espermáticas en el tracto reproductivo de la hembra para lograr la preñez, sin realizarse la monta”.

Sin embargo, aun cuando representa una herramienta poderosa para el mejoramiento genético en producción de leche, difícilmente se lograron tasas de preñez superiores al 70% debido a una serie de limitantes relacionadas con la técnica, la vaca o el inseminador; incluso de los propios espermatozoides introducidos al tracto reproductor de la vaca; por ejemplo, el tiempo en que se mantiene la capacidad de fertilización de los espermatozoides dentro del útero de la vaca y, también, el hecho mismo de determinación del momento exacto en que se inició el celo como determinante del momento de inseminación que puede conducir al éxito (fertilización) o fracaso del servicio, como ha sido indicado por Weber et al. (2006).

Para diferentes investigadores (Nebel et al., 1985; Standerholen et al., 2015; Berg, 2020), un aspecto de gran influencia en el logro de mejores tasas de preñez está relacionado con el momento de inseminación en relación con el real momento de inicio del celo. En determinadas ocasiones no se puede saber en qué momento se inició el celo y cuánto tiempo esperar para la inseminación; así mismo, muchos celos se inician en horas de la madrugada al punto que cuando el celo es detectado ya han pasado varias horas, aun cuando se disponga de tecnología que permita detectar el celo a altas horas de la noche es posible que no se

disponga del personal (inseminador) que realice el proceso, debido a que escapa de su horario de trabajo. Entre otros aspectos.

Es necesario, entonces, investigar para determinar alternativas apoyadas en la ciencia con la finalidad de solucionar parte de esta problemática. Al respecto la inseminación artificial ha ido evolucionando permitiendo cada vez mejores resultados reproductivos en las explotaciones lecheras.

Eventos importantes en la evolución de la técnica implican:

- La conservación del semen para el almacenamiento *ex vivo* a corto y largo plazo, que permitieron determinar que los daños en el núcleo y en el flagelo son los más limitantes para los espermatozoides.
- La utilización de diluyentes (yema de huevo, leche, lecitina de soja y aceite de coco) para proteger a los espermatozoides.
- El fraccionamiento del eyaculado (como consecuencia del empleo de diluyentes) para inseminar cantidad de vacas sin exigir demasiado a los machos.
- El descubrimiento de la tolerancia a la congelación del semen vacuno y su preservación, que ha permitido la gran difusión de su empleo.
- El descubrimiento del glicerol como protector de los espermatozoides durante la conservación en el congelamiento después de aplicar la congelación lenta.
- El empleo de nitrógeno líquido (y la tecnología circunscrita a ello) para lograr temperaturas (-196°C) en las que se detiene completamente la actividad metabólica de los espermatozoides.
- La determinación que existe un potencial de mejora en la crio preservación mediante la personalización de los medios de procesamiento de semen y las tasas de enfriamiento y descongelación del semen de machos genéticamente valiosos.

Estos hitos descritos in extenso por investigadores como Berg (2020) han sido muy importantes para el desarrollo de la inseminación artificial y su preponderante efecto sobre la producción de leche vacuna. Sin embargo, un descubrimiento relativamente reciente es el que ocupa a la presente investigación.

### **2.1.2. Encapsulación y activación progresiva de espermatozoides**

Esta se realiza en geles de alginato, los que se forman por interacciones entre iones divalentes como el  $\text{Ca}^{2+}$  y estructuras de bloques de ácido gulurónico en la cadena polímera de alginato. La formación de estos geles puede hacerse en condiciones muy suaves y permiten utilizarse para la inmovilización de varios tipos de células. No obstante, es más empleada como un punto de partida para la formación posterior de varios tipos de cápsulas con un núcleo líquido. Existe información (Smidsrod y Skjak-Braek, 1980; Nebel *et al.*, 1985; Munkittrick *et al.*, 1992; Nebel *et al.*, 1993; Vishwanath *et al.*, 1997; Nebel *et al.*, 1996) relacionada con la encapsulación de espermatozoides dentro de micro cápsulas, los reportes indicaron que se emplearon métodos en los que los espermatozoides se localizaron dentro de partículas de núcleo líquido rodeadas por una membrana.

Weber et al. (2006) determinaron que la liberación controlada, asociada con la micro encapsulación de espermatozoides bovinos, puede constituir un enfoque promisorio para incrementar la exitosa tasa reproductiva con el empleo de la inseminación artificial. Sin embargo, se ha informado que el proceso atenta en contra de la viabilidad de los espermatozoides (Kusumaningrum et al., 2015). No obstante, diferentes equipos de investigación llegaron a conclusiones en sentido contrario (Standerholen et al., 2015; Perteghella et al., 2017; Alm-Kristiansen et al., 2017; Berg et al., 2020). Los resultados de las investigaciones a través del tiempo evidencian que la tecnología de la encapsulación en gel de alginato ha mejorado, al punto de convertirse en una estrategia muy interesante para

lograr mayor eficiencia en la reproducción del ganado lechero, lo que permitiría reorientar las partidas económicas que se invierten en detección del celo a otras actividades que inciden directamente en la producción (mejor manejo de la alimentación) y economía de los establos.

Perteghella et al. (2017) realizaron un estudio para determinar si la encapsulación con alginato preservaba la calidad y capacidad fertilizante de los espermatozoides de ganado Holstein Friesian después de la crio preservación. Los resultados obtenidos de los análisis *in vitro* indicaron que el proceso de encapsulación no tiene efectos perjudiciales (en comparación con el método control) en los parámetros de calidad (integridad de la membrana, motilidad progresiva, velocidad promedio del trayecto). De manera similar, no hubo efectos perjudiciales después de la crio preservación. Se evaluó el potencial fertilizante del semen encapsulado y crio preservado, después de la inseminación artificial de 113 hembras vacunas; las tasas de preñez no se vieron afectadas.

Alm-Kristiansen et al. (2017) realizaron un estudio con el objetivo de comparar la calidad espermática post-descongelación y la supervivencia *in vitro* a través del tiempo de semen de toros de la raza Roja Noruega, procesado por la tecnología Sperm Vital® (SV), la primera línea de producción comercializada de SV (C) y por el procedimiento convencional aplicando diluyente Biladyl® (B). Determinaron que la motilidad espermática posterior a la descongelación no difirió significativamente entre el semen entre el semen SV, C y B ( $P>0.05$ ). Sin embargo, la viabilidad de los espermatozoides y la integridad del acrosoma fueron mayores para el semen SV que para el semen C y B ( $P<0.05$ ). La viabilidad de los espermatozoides después del almacenamiento en el útero ex vivo fue mayor para el semen SV que para el semen C ( $P<0.05$ ). Además, la supervivencia *in vitro* de los espermatozoides, a lo largo del tiempo, a temperatura fisiológica, fue significativamente mayor para el semen

SV que para el semen C, así como para el semen B durante el período de incubación de 48 horas ( $P < 0.05$ ).

Berg et al. (2020) examinaron la disolución *in vivo* del gel de alginato Sperm Vital (SV) a lo largo del tiempo mediante endoscopia y la calidad de los espermatozoides después de la incubación del gel. La endoscopia *in vivo* mostró gel SV en el útero a las 3, 6, 20 y 24 horas después de la inseminación artificial lo que demostró que se mantuvo una alta motilidad y viabilidad de los espermatozoides después de la incubación durante la noche.

El rendimiento reproductivo está influenciado por una serie de factores de corte ambiental; es decir, de aquellos que rodean a la vaca más que de aquellos inherentes (genéticos) a ella. Así, Kim y Jeong (2019) determinaron los factores de riesgo que limitan la tasa de concepción al primer servicio en vacas lecheras y su impacto económico. Entre sus resultados, indicaron que las vacas con Calificación de la Condición Corporal (CCC)  $< 3.0$  tuvieron menor probabilidad (0.64) de concebir al primer servicio ( $P < 0.05$ ) que las vacas con CCC  $> 3$ . Las vacas servidas durante el verano tuvieron menor probabilidad (0.44) de concebir ( $P < 0.01$ ) que las servidas durante la primavera. Las vacas con desórdenes peri y postparto tuvieron menor probabilidad (0.55) de concebir ( $P < 0.01$ ) que aquellas que no presentaron desórdenes. Las curvas de supervivencia mostraron una extensión de 81 días en el intervalo parto – concepción en las vacas que no preñaron en comparación con las que sí lo hicieron en el primer servicio. Las vacas que fallaron en preñar requirieron un gasto adicional en tratamiento médico reproductivo (\$ 55.40) y en manejo (\$ 567.00) que las que preñaron al primer servicio.

## **2.2. Bases Teóricas**

Por el tema de investigación, en el que se busca brindar las condiciones en el semen para que las vacas puedan concebir y obtener de ellas mejor comportamiento reproductivo y,

consecuentemente, productivo, la investigación se encuadra dentro de la Teoría de la Asignación de Recursos en la Producción Ganadera; esta teoría, que fue propuesta por Goddard y Beilharz y perfeccionada por Raw (2009), sostiene que con la domesticación los humanos hicieron de los animales “bioartefectos”, dado que se sirve de ellos para obtener productos (alimentos, principalmente) que le benefician. Bajo tal contexto, los animales domésticos son cada vez más perfeccionados para rendir más con más eficiente utilización de alimento debido a que se permite la reproducción de los más eficientes.

No cabe duda que los tratamientos ensayados en el semen lo que buscan es brindar a las vacas lecheras los mejores recursos para producir más y con mayor eficiencia. Cuevas (2008) considera lo siguiente:

... un animal domesticado, producto de la selección artificial intencional humana, existe solamente en tanto y en cuanto nosotros lo hemos producido. Es decir, una vaca lechera es característicamente un bio-artefacto. Las vacas lecheras no pertenecen a una especie surgida a través de un proceso de selección natural (como las sanguijuelas). Sus antepasados naturales (no artefactuales) se extinguieron hace tiempo y las vacas lecheras pueden sobrevivir gracias a que nosotros las hemos producido y ahora mantenemos una cierta relación con ellas.

Del Carpio (2021), analizando lo manifestado por Cuevas, considera que la domesticación (al asignarle recursos a la vaca lechera) ha logrado una vaca que es capaz de producir más leche de la que su ternero necesita y la empleamos para nuestra alimentación; no existe en el mundo raza de ganado lechero más productiva que esta. Sin embargo, ha perdido gran parte de sus peculiaridades silvestres que le harían sobrevivir en un entorno natural; incluso, de ser capaz de alimentarse por sí misma. Es decir, es imprescindible su vínculo al ser humano. En otras palabras, la teoría de asignación de los recursos indica que

la vaca lechera aprovecha al máximo los recursos que se le brindan para que produzca mucho de lo que nos interesa (leche), pero a un costo (menor calidad de leche, mayor susceptibilidad a enfermedades, menos resistencia a los cambios ambientales, menor eficiencia reproductiva, etc.) que puede ser muy alto dependiendo del entorno en que se le explote. Por lo que es necesario brindarle los recursos adecuados.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Calificación de la Condición Corporal (CCC)

Los resultados de CCC se presentan en la Tabla 2. Se determinó que las diferencias no alcanzaron significación ( $P>0.05$ ) estadística entre “tipos de semen” y entre “grupos raciales” (Anexos 1 y 2).

**Tabla 2.**

***Calificación de la condición corporal de vacas lecheras cruzadas por B. Swiss y puras para ser servidas con semen convencional y SpermVital***

| Grupo racial   | Semen             |                   | Promedio racial     |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------------|
|                | Convencional      | SpermVital        |                     |
| J – BS         | $3.35 \pm 0.12$   | $3.38 \pm 0.13$   | $3.364 \pm 0.125^a$ |
| H – BS         | $3.38 \pm 0.13$   | $3.50 \pm 0.20$   | $3.429 \pm 0.175^a$ |
| BS             | $3.33 \pm 0.12$   | $3.38 \pm 0.13$   | $3.361 \pm 0.124^a$ |
| Promedio semen | $3.35 \pm 0.12^a$ | $3.40 \pm 0.15^a$ | $3.380 \pm 0.142$   |

<sup>a</sup> Letras exponenciales iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas ( $P>0.05$ ) entre grupos raciales y entre tipos de semen

La CCC es una medida importante dentro de la ganadería vacuna lechera, toda vez que condiciona el comportamiento reproductivo de las vacas, entre otras características trascendentes. Kim y Jeong (2020) indicaron que el comportamiento reproductivo de la vaca y que aquellas que tienen una CCC superior a 3 tienen mayores probabilidades de quedar preñadas que aquellas cuya CCC está por debajo de tal cifra. Efectivamente, se trata de disponibilidad de energía para la reactivación de los procesos orgánicos (entre ellos los reproductivos) que aprovechan la elevada disponibilidad energética de las reservas corporales sobre todo para la producción de leche (Calsamiglia et al., 2009; pp. 17-18), actividad fisiológica que prima sobre las restantes; así, con una CCC inferior a 3 la vaca no tendría suficientes reservas energéticas para emprender actividades reproductivas.

Gasque y Blanco (2001) han resaltado la importancia de la condición corporal de la vaca lechera, indicando que no debe estar ni gorda ni flaca y que en la CCC debería estar

alrededor de 3 a 3.5 para que su fisiologismo productivo y reproductivo sea adecuado. Así mismo, indican que al inicio de la lactación la pérdida de CCC es mayor y debe cuidarse el aprovisionamiento energético de la vaca sin afectar su normal fisiología de rumiante para que pueda ser económicamente viable.

En el presente ensayo todas las vacas evaluadas mostraron una CCC superior a 3, por lo que se puede inferir que este importante factor no habría ejercido acción negativa sobre la capacidad de las vacas para quedar preñadas.

### 3.2. Período Post Parto (PP)

En la Tabla 3 se presentan los resultados relacionados con la duración del período de post parto. Como se puede apreciar en el análisis de la varianza (Anexos 3 y 4), las diferencias entre “tipo de semen” y entre “grupos raciales” no alcanzaron significación estadística ( $P>0.05$ ).

**Tabla 3.**

***Duración del período de post parto de vacas lecheras cruzadas por B. Swiss y puras para ser servidas con semen convencional y SpermVital***

| Grupo racial          | Semen                    |                          | Promedio racial           |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
|                       | Convencional             | SpermVital               |                           |
| <b>J – BS</b>         | 88.4 ± 14.1              | 83.5 ± 9.73              | 85.73 ± 12.1 <sup>a</sup> |
| <b>H – BS</b>         | 86.5 ± 15.7              | 74.0 ± 25.3              | 81.14 ± 21.3 <sup>a</sup> |
| <b>BS</b>             | 71.3 ± 8.4               | 76.8 ± 14.7              | 75.00 ± 13.2 <sup>a</sup> |
| <b>Promedio semen</b> | 83.5 ± 15.2 <sup>a</sup> | 78.9 ± 16.4 <sup>a</sup> | 80.96 ± 13.2              |

<sup>a</sup> Letras exponenciales iguales sobre los promedios indican diferencias no significativas ( $P>0.05$ ) entre grupos raciales y entre tipos de semen

En esta variable se apreció un coeficiente de variabilidad general, aunque aceptable (20.8%), de mayor magnitud que en el caso de la CCC. Las características reproductivas, afectadas en gran medida por factores ambientales (CCC, estado del semen, habilidad del inseminador, etc.), son propensas a expresarse en magnitudes de mayor variabilidad (Banos y Coffey, 2010; Muller et al., 2018). No obstante, se puede considerar que el comportamiento

entre los “tipos de semen” y entre los “grupos raciales” fue, relativamente, homogéneo. El comportamiento reproductivo dentro de límites aceptables ha sido indicado como trascendente para lograr la sustentabilidad del negocio lechero (Sakaguchi, 2011), dentro del que se incluye un intervalo después del parto económicamente rentable.

El período post parto representa la reactivación reproductiva de la vaca después del último parto y económicamente para la empresa es preferible que las vacas tengan períodos post parto cortos que den lugar a intervalos entre partos cortos para aprovechar más picos de lactación por vida y mayor rendimiento por vida.

Los valores obtenidos en la presente investigación son concordantes con los reportados por diferentes autores (Ansari-Lari et al., 2010; Dinka, 2012; Muller et al., 2018) que realizaron sus investigaciones en diferentes partes del mundo.

El comportamiento de esta variable permitió inferir que el material con el que se realizó la investigación no habría estado afectado en gran parte por alguna fuente de sesgo. Aunque las vacas fueron de diferente parto se aleatorizó en función de esta variable y del momento de lactación.

### 3.3. Tasa de Preñez

En la Tabla 4 se presentan los resultados de tasa de preñez. El análisis estadístico indicó que la diferencia entre tipos de semen fue significativa ( $P < 0.05$ ).

**Tabla 4.**

***Tasa de preñez de vacas lecheras cruzadas por B. Swiss y puras para ser servidas con semen convencional y SpermVital***

| Grupo racial   | Semen             |                   | Promedio racial |
|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|
|                | Convencional      | SpermVital        |                 |
| J – BS         | 40.0              | 50.0              | 45.5            |
| H – BS         | 50.0              | 100.              | 71.4            |
| BS             | 66.6              | 83.3              | 77.7            |
| Promedio semen | 50.0 <sup>a</sup> | 73.3 <sup>a</sup> | 63.0            |

<sup>a</sup> Letras exponenciales diferentes sobre los promedios indican diferencias no significativas ( $P > 0.05$ ) entre tipos de semen ( $\chi^2$ ).

El porcentaje general de preñez estuvo por encima del 60%; el valor obtenido con el semen SpermVital estuvo por encima de la media general y el convencional por debajo. Tasas de preñez similares a la obtenida con el semen convencional se obtuvieron por Ansari-Lari et al. (2010) y Liu et al. (2018).

Valores mayores fueron obtenidos por Khan et al. (2015), quienes reportaron una tasa de concepción general con semen congelado (en vacas nativas Cebú, cruces Holstein y cruces Sahiwal) de 59.3%. Encontraron un incremento significativo en la tasa de concepción en el segundo y tercer parto ( $P < 0.02$ ) y fue de 73 – 75%, las vacas de segundo y tercer parto tuvieron incrementos en tasa de concepción de varias veces que las nulíparas. La tasa de concepción en los diferentes grupos de edad fue más alta entre 3.5 – 5 años (77.8%) y el grupo de más de 9 años presentó una disminución significativa ( $P < 0.001$ ) en comparación con los otros grupos de edad. En los diferentes grupos raciales, la tasa de concepción fue más alta (64%) en el ganado nativo, intermedia (57%) en los cruces Friesian y la más baja (53%) en cruces Sahiwal. Estas cifras son concordantes con la tasa de preñez obtenida en la presente investigación con el semen SpermVital; así mismo, con las tasas obtenidas con las vacas cruzadas Holstein x Brown Swiss y las Brown Swiss puras.

Mejoras en la tasa de preñez con semen trabajado en microencapsulación y activación progresiva han sido reportadas por Weber et al. (2006), Standerholen et al. (2015), Perteghella et al. (2017), Alm-Kristiansen et al. (2017) y Berg et al. (2017); que es la tecnología aplicada al semen SpermVital utilizado en la presente investigación.

Al parecer, como se ha indicado al tratar sobre el comportamiento reproductivo, es muy poco probable que la hora en la que se detecta el celo represente el momento en el que la vaca entró en celo; y se recomienda esperar hasta 12 horas, en algunos casos, para que se realice el servicio. Por lo que difícilmente habrá una coincidencia con la ovulación y, en

consecuencia, una falla en la concepción, desarrollándose toda una problemática en las explotaciones lecheras relacionada con la productividad por vida de la vaca y la economía de la empresa.

Desde el punto de vista de la economía del empleo de semen SpermVital es el producto de una tecnología de última generación y como tal se encarece. Existe una diferencia de 47 soles entre la dosis nacional de semen convencional y SpermVital; sin embargo, cuando se costea la falla en la reproducción (más dosis para lograr una concepción), el alargamiento de Días en Leche (DEL) de la vaca (con el consecuente menor rendimiento por vida de la vaca), la menor disponibilidad de terneras para reemplazo, etc., puede resultar en que el producto tecnológico sea mucho más barato.

### 3.4. Tiempo Celo-Servicio

Los resultados relacionados con la duración del período “detección del celo – servicio” se presentan en la Tabla 5. El análisis estadístico evidenció la significación para la diferencia entre los dos tipos de semen.

**Tabla 5.**

*Tiempo celo – servicio de vacas lecheras cruzadas por B. Swiss y puras para ser servidas con semen convencional y SpermVital (horas)*

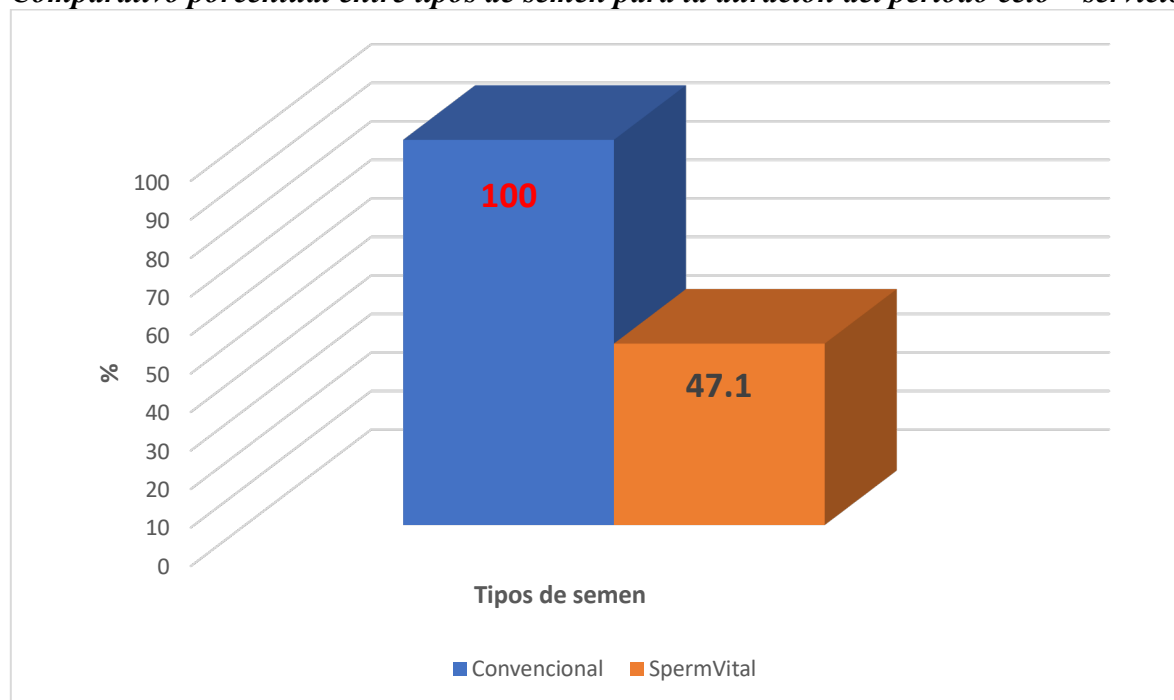
| Grupo racial          | Semen              |                   | Promedio racial   |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
|                       | Convencional       | SpermVital        |                   |
| <b>J – BS</b>         | 10.15              | 7.03              | 8.45 <sup>a</sup> |
| <b>H – BS</b>         | 11.98              | 1.79              | 7.61 <sup>a</sup> |
| <b>BS</b>             | 10.36              | 4.79              | 6.65 <sup>a</sup> |
| <b>Promedio semen</b> | 10.81 <sup>A</sup> | 5.09 <sup>B</sup> | 7.63 <sup>a</sup> |

<sup>A, B</sup> Letras exponenciales diferentes sobre los promedios indican diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre tipos de semen.

En la Figura 1 se ilustra el comparativo porcentual entre tipos de semen para la duración del período “detección del celo – servicio”, observándose que el período es más de 50% superior con el semen convencional.

**Figura 1.**

**Comparativo porcentual entre tipos de semen para la duración del período celo – servicio**



El semen SpermVital ha sido obtenido en base a la aplicación tecnológica mediante la que se procede a la encapsulación de los espermatozoides y a su progresiva activación una vez que se aplica en el aparato reproductor de la vaca. El sustento para lograr mejor comportamiento reproductivo estriba en que al irse activando progresivamente los espermatozoides se dispone de mayores posibilidades de concordancia con la ovulación, lo que no sucede con el semen convencional, en el que todos los espermatozoides que se depositan están activados. Los fundamentos de la encapsulación y progresiva activación han sido descritos por diferentes investigadores (Smidsrod y Skjak-Braek, 1980; 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 ya está siendo aplicada en otras especies animales, como en el caso del búfalo de agua (Perteghella *et al.*, 2017) con marcado éxito.

La técnica ha sido descrita como la encapsulación y liberación progresiva de los espermatozoides lo que se realiza en geles de alginato, los que se forman por interacciones entre iones divalentes como el  $\text{Ca}^{2+}$  y estructuras de bloques de ácido gulurónico en la cadena polímera de alginato. Así, la formación de estos geles puede hacerse en condiciones muy suaves y de esta manera ha sido utilizado comúnmente para la inmovilización de varios tipos de células. Sin embargo, la inmovilización en alginato ha sido, comúnmente, más empleada como un punto de partida para la formación posterior de varios tipos de cápsulas con un núcleo líquido. Existe información científica relacionada con la encapsulación de espermatozoides dentro de micro cápsulas, los reportes indican que se ha utilizado métodos en los que los espermatozoides se localizaron dentro de partículas de núcleo líquido rodeadas por una membrana y que motivarían mayor eficiencia reproductiva, como se ha evidenciado en la presente investigación.

Definitivamente se trata de uno de tantos factores que coadyuvan en el logro de eficiente reproducción, pero es necesario que todos los factores se presenten en óptimas condiciones.

## IV. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La hipótesis planteada no fue rechazada, ya que el semen micro encapsulado y de liberación progresiva permitió lograr mejor tasa de concepción en las vacas.
2. La condición física (CCC) y reproductiva (Período Post Parto) de las vacas fue adecuada, asumiéndose su no interferencia sobre la tasa de preñez de las vacas evaluadas.
3. La tasa general de preñez fue de 63%, la diferencia entre semen convencional (50%) y semen SpermVital (73.3%) se considera de magnitud considerable, indicando la conveniencia del empleo del semen encapsulado.
4. El promedio general de duración del período “detección del celo – servicio” fue de 7.63 horas, con diferencia significativa entre tipos de semen; con semen convencional fue de 10.81 horas y con el semen SpermVital de 5.09 horas; con el semen innovado tecnológicamente la duración de este período estuvo más de 50% por debajo.

## **V. RECOMENDACIONES**

- 1.** Emplear semen tratado con la tecnología de encapsulamiento y activación progresiva en la inseminación artificial de vacas lecheras por permitir la obtención de mejores tasas de preñez y realizar el servicio sin tener en consideración el momento en que fue detectado el celo.
- 2.** Realizar estudios relacionados con la economía del empleo del semen encapsulado y de activación progresiva con la finalidad de determinar si es conveniente económicamente su empleo.
- 3.** Implementar trabajos de investigación que permitan cuantificar la participación de otras variables sobre las respuestas reproductivas de las vacas lecheras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alm-Kristiansen, A. H., Gaustad, E. R., Bai, G., Standerholen, F. B., Klinkenberg, G., Kommisrud, E., & Waterhouse, K. E. (2017). *In vitro* studies of Norwegian Red bovine semen immobilized and cryopreserved in alginate solid gel network. *Reproduction in Domestic Animal*, 00: 1-6. <https://doi.org/10.1111/rda.13115>
- Ansari-Lari, M., Kafi, M., Sokhtanlo, M., and Ahmadi, H. N. (2010). Reproductive performance of Holstein dairy cows in Iran. *Trop. Anim. Health Prod.*, 42: 1277-1283. DOI:10.1007/s11250-010-9561-y
- Banos, G. and Coffey, M. P. (2010). Genetic association between body energy measured throughout lactation and fertility in dairy cattle. *Animal*, 4(2): 189-199. Doi:10.1017/S1751731109991182
- Berg, H. F. (2020). Reproductive potential and quality of Sperm Vital Semen used for artificial insemination in cattle. *Ph. D. thesis*. Department of Production Animal Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Norwegian University of Life Sciences. ISBN 978-82-575-1681-9.
- 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>
- Calsamiglia, S., Bach, A., de Blas, C., Fernández, C., y García-Rebollar, P. (2009). *Necesidades Nutricionales para: Rumiantes de Leche*. Fundación Española para el Desarrollo de la Alimentación Animal (FEDNA). Madrid. ISBN: 13:978-84-613-5862-6.
- Cuevas, A. (2008). Los bioartefactos: Viejas realidades que plantean nuevos problemas en la adscripción funcional. Universidad de Salamanca. *Argumentos de Razón Técnica*, 11: 71-96.
- Del Carpio H., S. R. B. (2021). Caracterización ambiental de la explotación del ganado lechero en la Asociación de Ganaderos de Lambayeque, 2019. *Tesis para optar el grado de Maestro en Ingeniería Ambiental*. Escuela de Posgrado, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. Lambayeque, Perú.
- Dinka, H. (2012). Reproductive performance of crossbred dairy cows under smallholder condition in Ethiopia. *International Journal of Livestock Production*, 3(3): 25-28. DOI: 10.5897/IJPLM.055
- Gasque, R. y Blanco, M. (2001). *Zootecnia en Bovinos Productores de Leche*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. ISBN: 968-36-9295-8.
- Herd, D. B., and Sprott, L. R. (1985). Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. Texas Agric. Ext. Bull. No. 1526, College Station, TX.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ta edición. McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A. de C.V. Impreso en Chile.
- Khan, M. R. K., Uddin, J., and Gofur, R. (2015). Effect of age, parity and breed on conception rate and number of services per conception in artificially inseminated cows. *Bangladesh Livestock Journal*, 1: 1 – 4. ISSN 2409-7691.

- Kim, I. H. and Jeong, J. K. (2019). Risk factors limiting first service conception rate in dairy cows and their economic impact. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 31(4): 519-526. <https://doi.org/10.5713/ajar.18.0296>
- Kusumaningrum, D. A., Purwantra, B., Yusuf, T. L., and Situmorang, P. (2015). Micro encapsulation of bovine spermatozoa: Cryopreservation of micro encapsulation sperm using glycerol. *Indonesian Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 20(4): 233-241. <http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v20i4.1240>
- Liu, W.-B., Peh, H.-C., Wang, C.-K., Mangwe, M. C., Chen, C.-F., and Chiang, H.-I. (2018). Effect of seasonal changes on fertility parameters of Holstein dairy cows in subtropical climate of Taiwan. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 31(6): 820-826. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.6301>
- Maletta, H. (2015). *Hacer Ciencia. Teoría y práctica de la producción científica*. Universidad del Pacífico: Lima, Perú. 700 PP. ISBN: 978-9972-57-339-2
- Muller, C. J.C., Cloete, S. W. P., and Bothra, J. A. (2018). Fertility in dairy cows and ways to improve it. *South African Journal of Animal Science*, 48(5): 858-868. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v48i5.6>
- 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: 10.3168/jds.S0022-0302(92)77809-6
- Nebel, R. L., Bame, J. H., Saacke, R. G., and 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., and Saacke, R. G. (1993). Microencapsulation of bovine spermatozoa for use in artificial insemination: a review. *Reprod. Fertil. Dev.* 5:701–12. DOI: 10.1071/rd9930701
- Nebel, R. L., Vishwanath, R., McMillan, W. H., and 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., and 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>
- Rauw, W. M. (2009). Introduction. In: *Resource Allocation Theory Applied to Farm Animal Production*. (Rauw, W. M., ed.) CAB International: London.
- Sakaguchi, M. (2011). Practical aspects of the fertility of dairy cattle. *Journal of Reproduction and Development*, 57(1): 17-33. DOI: 10.1262/jrd.10-197e
- Scheffler, E. (1982). *Bioestadística*. Fondo Educativo Interamericano. EE. UU. de N. A.
- Smidsrod, O., and Skjak-Braek, G. (1990). Alginate as immobilization matrix for cells. *Trends Biotechnol.* 8:71–8. [https://doi.org/10.1016/0167-7799\(90\)90139-0](https://doi.org/10.1016/0167-7799(90)90139-0)
- Standerholen, F. B., Waterhouse, K. E., Larsgard, A. G., Garmo, R. T., Myromslien, F. D., Sunde, J., Ropstad, E., Klinkenberg, G., and Kommisrud, E. (2015). Use of immobilized cryopreserved bovine semen in a blind artificial insemination trial.

<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: 10.1016/s0093-691x(97)00248-3
- Weber, W., Rimann, M., Schafroth, T., Witschi, U., and Fussenegger. (2006). Design of high-throughput-compatible protocols for microencapsulation, cryopreservation and release of bovine spermatozoa. *Journal of Biotechnology* 123: 155–163.
- Wildman, E. E., Jones, G. M., Wagner, P. E., Boman, R. L., Troutt, H. F., Jr., and Lesch, T. N. (1982). A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J. Dairy Sci.*, 65:495-501. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82223-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82223-6)

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### Prueba de homogeneidad de varianzas con la calificación de la condición corporal

| Muestra | SC <sub>i</sub> | GL | S <sup>2</sup> <sub>i</sub> | log <sub>10</sub> S <sup>2</sup> <sub>i</sub> | GL x log <sub>10</sub> S <sup>2</sup> <sub>i</sub> |
|---------|-----------------|----|-----------------------------|---|--|
| 1       | 0.075           | 4  | 0.01875                     | -1.7270                                       | -6.9080  |
| 2       | 0.09375         | 5  | 0.01875                     | -1.7270                                       | -8.6350  |
| 3       | 0.0625          | 3  | 0.0208                      | -1.6812                                       | -5.0437  |
| 4       | 0.125           | 2  | 0.0625                      | -1.2041                                       | -2.4082  |
| 5       | 0.0417          | 2  | 0.0208                      | -1.6809                                       | -3.3618  |
| 6       | 0.09375         | 5  | 0.01875                     | -1.7270                                       | -8.6350  |
| Suma    | 0.4917          | 21 | -----                       | -----   | -34.9917   |

$$S^2 = 0.0234$$

$$\chi^2 = 1.73^{NS}, \text{ varianzas homogéneas}$$

### Anexo 2.

#### Análisis de la varianza con la calificación de la condición corporal

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | F  | Signif. |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|----|---------|
| Media               | 308.3912          | 1                  | -----          |    |         |
| Tratamientos        | 0.0546            | 5                  |                |    |         |
| GR                  | 0.0227            | 2                  | 0.01135        | <1 | NS      |
| S                   | 0.0140            | 1                  | 0.0140         | <1 | NS      |
| GR x S              | 0.0179            | 2                  | 0.00895        | <1 | NS      |
| Residual            | 0.4917            | 21                 | 0.0234         |    |         |
| Total               | 308.9375          | 27                 |                |    |         |

$$CV = 4.53\%$$

### Anexo 3.

#### Prueba de homogeneidad de varianzas con la duración del período post parto

| Muestra | SC <sub>i</sub> | GL | S <sup>2</sup> <sub>i</sub> | log <sub>10</sub> S <sup>2</sup> <sub>i</sub> | GL x log <sub>10</sub> S <sup>2</sup> <sub>i</sub> |
|---------|-----------------|----|-----------------------------|---|--|
| 1       | 987.2           | 4  | 246.8                       | 2.3924  | 9.5694   |
| 2       | 567.5           | 5  | 113.5                       | 2.0550  | 10.2750  |
| 3       | 989.0           | 3  | 329.7                       | 2.5181  | 7.5542   |
| 4       | 1922.0          | 2  | 961.0                       | 2.9827  | 5.9655   |
| 5       | 210.7           | 2  | 105.35                      | 2.0226  | 4.0453   |
| 6       | 1300.8          | 5  | 260.16                      | 2.4152  | 12.0762  |
| Suma    | 5977.2          | 21 | -----                       | -----   | 49.4856  |

$$S^2 = 284.6286$$

$$\chi^2 = 4.73^{NS}, \text{ varianzas homogéneas}$$

#### Anexo 4.

##### Análisis de la varianza con la duración del período post parto

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | F  | Signif. |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|----|---------|
| Media               | 176985.037        | 1                  | -----          |    |         |
| Tratamientos        | 963.763           | 5                  |                |    |         |
| GR                  | 569.924           | 2                  | 284.962        | 1  | NS      |
| S                   | 139.030           | 1                  | 139.030        | <1 | NS      |
| GR x S              | 254.809           | 2                  | 127.405        | <1 | NS      |
| Residual            | 5977.2            | 21                 | 284.629        |    |         |
| Total               | 183926.           | 27                 |                |    |         |

CV = 20.8%

#### Anexo 5. Prueba de chi cuadrado para tasa de preñez

|  |      |           |      |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
|--|------|-----------|------|------|------|------|-------|----------|-----------|---------|-------|-------|--------|------|------|-------|
| Prueba $\chi^2$ considerando la igualdad o la homogeneidad de porciones cuando existen más de dos grupos |      |           |      |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
| Ho: No hay diferencias   |      |           |      |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
| H <sub>a</sub> : Si hay diferencias  |      |           |      |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
|  | J-BS |           | H-BS |      | BS   |      |       |          |           | J-BS    |       | H-BS  |        | BS   |      |       |
| Resultado  | Conv | Sper      | Conv | Sper | Conv | Sper | TOTAL |          | Resultado | Conv    | Sper  | Conv  | Sper   | Conv | Sper | TOTAL |
| Preñada  | 2    | 3         | 2    | 3    | 2    | 5    | 17    |          | Preñada   | 3.15    | 3.78  | 2.52  | 1.89   | 1.89 | 3.78 | 17.00 |
| No preña   | 3    | 3         | 2    | 0    | 1    | 1    | 10    |          | No preña  | 1.85    | 2.22  | 1.48  | 1.11   | 1.11 | 2.22 | 10.00 |
| TOTAL  | 5    | 6         | 4    | 3    | 3    | 6    | 27    |          | TOTAL     |         |       |       |        |      |      | 27.00 |
|  |      |           |      |      |      |      | Prom  |          |           | -1.15   | -0.78 | -0.52 | 1.11   | 0.11 | 1.22 |       |
| p=   | 0.40 | 0.50      | 0.50 | 1.00 | 0.67 | 0.83 | 0.63  | Preñadas |           | 1.32    | 0.60  | 0.27  | 1.23   | 0.01 | 1.49 | 4.93  |
|  | 0.60 | 0.50      | 0.50 | 0.00 | 0.33 | 0.17 | 0.37  | No preña |           |         |       |       |        |      |      |       |
|  |      |           |      |      |      |      |       |          |           | G.L = 5 |       | 0.01  | 13.277 |      |      |       |
| H-BS Sper  | 0.01 | 0.00      | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.99  |          |           |         |       | 0.05  | 9.489  |      |      |       |
| BS Sper  | 0.01 | 0.00      | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.99  |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
| BS Conv  | 0.01 | 0.00      | 0.00 | 0.00 |      |      | 0.99  |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
| H-BS Conv  | 0.01 | 0.00      | 0.00 |      |      |      | 1.00  |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
| J-BS Sper  | 0.01 | 0.00      |      |      |      |      | 1.00  |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
| J-BS Conv  | 0.00 |           |      |      |      |      | 1.00  |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
|  |      |           |      |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
|  |      | H-BS Sper | 0.00 |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
|  |      | BS Sper   | 0.00 |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
|  |      | BS Conv   | 0.00 |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
|  |      | H-BS Conv | 0.00 |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
|  |      | J-BS Sper | 0.00 |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |
|  |      | J-BS Conv | 0.00 |      |      |      |       |          |           |         |       |       |        |      |      |       |

#### Anexo 6. Análisis de la varianza con la duración del período celo – servicio

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | F     | Signif. |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------|---------|
| Media               | 1572.1615         | 1                  | -----          |       |         |
| Tratamientos        | 282.6985          | 5                  |                |       |         |
| GR                  | 15.9966           | 2                  | 7.9983         | <1    | NS      |
| S                   | 218.6696          | 1                  | 218.6696       | 18.49 | **      |
| GR x S              | 48.0323           | 2                  | 24.0162        | 2.18  | NS      |
| Residual            | 248.3959          | 21                 | 11.8284        |       |         |
| Total               | 2103.2559         | 27                 |                |       |         |

CV = 45.08%



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Daney Nicolasa Sandoval Suclupe  
Título del ejercicio: Quick Submit  
Título de la entrega: Tasa de concepción con espermatozoides de activación prog...  
Nombre del archivo: Tesis\_Daney\_Sandoval.pdf  
Tamaño del archivo: 607.4K  
Total páginas: 39  
Total de palabras: 8,387  
Total de caracteres: 43,151  
Fecha de entrega: 27-may.-2022 07:26p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 1845664623



Derechos de autor 2022 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos  
Asesor

---

# Tasa de concepción con espermatozoides de activación progresiva en vacas cruzadas Holstein x Brown Swiss

*por* Daney Nicolasa Sandoval Suclupe

---

**Fecha de entrega:** 27-may-2022 07:26p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1845664623

**Nombre del archivo:** Tesis\_Daney\_Sandoval.pdf (607.4K)

**Total de palabras:** 8387

**Total de caracteres:** 43151



Dr. Pedro Antonio Del Carpio Ramos  
Asesor

## Tasa de concepción con espermatozoides de activación progresiva en vacas cruzadas Holstein x Brown Swiss

### INFORME DE ORIGINALIDAD

|                     |                     |               |                         |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 7%                  | 7%                  | 2%            | 2%                      |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

### FUENTES PRIMARIAS

|   |  |     |
|---|--|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Nacional de Educación a Distancia<br>Trabajo del estudiante                   | 1%  |
| 2 | <a href="http://petit.lib.yamaguchi-u.ac.jp">petit.lib.yamaguchi-u.ac.jp</a><br>Fuente de Internet     | <1% |
| 3 | <a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a><br>Fuente de Internet     | <1% |
| 4 | <a href="http://repositorio.aunar.edu.co:8080">repositorio.aunar.edu.co:8080</a><br>Fuente de Internet | <1% |
| 5 | <a href="http://doczz.net">doczz.net</a><br>Fuente de Internet   | <1% |
| 6 | <a href="http://www.scielo.org.mx">www.scielo.org.mx</a><br>Fuente de Internet                         | <1% |
| 7 | <a href="http://doku.pub">doku.pub</a><br>Fuente de Internet   | <1% |
| 8 | <a href="http://repositorio.udl.edu.pe">repositorio.udl.edu.pe</a><br>Fuente de Internet               | <1% |

Dr. Pedro Antonio-Del Carpio Ramos  
Asesor



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA**  
**UNIDAD DE INVESTIGACION PECUARIA**

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



**CONSTANCIA DE SIMILITUD**

**N° 003-2023-VIRTUAL-UIP-FIZ**

**EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, HACE CONSTAR:**

Que, la Bachiller: **Sandoval Suclupe, Daney Nicolasa**, de la escuela profesional de Ingeniería Zootecnia, ha cumplido con presentar la **SIMILITUD DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS (TURNITIN)**; como requisito indispensable para la sustentación de la tesis; según detalle:

**TITULO: “Tasa de concepción con espermatozoides de activación progresiva en vacas cruzadas Holstein x Brown Swiss”**

**INDICE DE SIMILITUD: 7%**

**ASESOR : Ing. Pedro Antonio Del Carpio Ramos, Dr.**

Se expide la presente, para la tramitación del Título Profesional; dispuesto en la **Directiva para la evaluación de originalidad de los documentos académicos, de investigación formativa y para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG.**

Lambayeque, 26 de enero de 2023

Atentamente,

**Ing. Napoleón Corrales Rodríguez Dr.**  
Unidad de Investigación Pecuaria



c.c Archivo