



Evaluación de la tasa de concepción al primer servicio en Bovinos luego de un protocolo de sincronización de celo con progestágenos intravaginal e IATF en la hacienda el Prado

IASA – I

Nogales Bravo, Samuel Steve

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Vela Tormen, Diego Alonso, Mgtr.

30 de agosto del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Evaluación de la Tasa de Concepción al Primer Servicio en Bovinos Luego de un Protocolo de Sincronización de Celo con Progestágenos Intravaginal e IATF en la Hacienda el Prado IASA – I**, fue realizado por el señor: **Nogales Bravo, Samuel Steve**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 30 de agosto del 2023



Firmado electrónicamente por:
**DIEGO ALONSO VELA
TORMEN**

Ing. Vela Tormen, Diego Alonso Mgtr.

C. C: 1707754535

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos:



Nogales Bravo Samuel Steve UIC - Pro...

Scan details

Scan time:
August 30th, 2023 at 19:38 UTC

Total Pages:
33

Total Words:
8207

Plagiarism Detection



| Types of plagiarism | | Words |
|---------------------|------|-------|
| ● Identical | 3.9% | 317 |
| ● Minor Changes | 0% | 0 |
| ● Paraphrased | 0% | 0 |
| ● Omitted Words | 1.7% | 141 |

AI Content Detection



Text coverage
● AI text
○ Human text



Firmado electrónicamente por:
DIEGO ALONSO VELA
TORMEN

Ing. Vela Tormen, Diego Alonso Mgtr.

C. C: 1707754535



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, **Nogales Bravo, Samuel Steve**, con cédula de ciudadanía No. **1719065458**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación de la Tasa de Concepción al Primer Servicio en Bovinos Luego de un Protocolo de Sincronización de Celo con Progestágenos Intravaginal e IATF en la Hacienda el Prado IASA – I**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 30 de agosto del 2023

Nogales Bravo, Samuel Steve

C.C.: 1719065458



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, **Nogales Bravo, Samuel Steve**, con cédula de ciudadanía No. **1719065458** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación de la Tasa de Concepción al Primer Servicio en Bovinos Luego de un Protocolo de Sincronización de Celo con Progestágenos Intravaginal e IATF en la Hacienda el Prado IASA – I** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 30 de agosto del 2023

Nogales Bravo, Samuel Steve

C.C.: 1719065458

Dedicatoria

Este logro se lo dedico en primer lugar a mis padres por concederme las posibilidades de convertirme en un profesional útil a la sociedad, quienes han sido mi mayor apoyo, dedicación y comprensión, y quienes además de darme la vida, me ha inspirado para que siga adelante y lograr este triunfo. A mi hermano, abuela, primos, tías, tíos porque han aportado motivación e impulso para conseguir este objetivo. A mi hermana Marilyn Carolina Nogales Bravo en su memoria, porque gracias a ella nace mi inspiración para salir adelante cada día y ser una buena persona. A mis mejores amigos, que nunca dejaron de creer en mí. Gracias a todas estas grandes personas hoy les puedo dedicar esta meta cumplida.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis padres, mi abuela y mi hermano por su apoyo y amor incondicional durante este proceso.

Agradezco profundamente a mi tutor Ing. Diego Vela, por todos los conocimientos impartidos y siempre ser un pilar fundamental para lograr esta meta. A la ingeniera Jenifer Cuenca por su ayuda y dirección durante el proyecto.

Muchas gracias a mis amigos David, Amy, Vane, Mela, Douglas, Santi, Liz, Mai por todos los momentos que marcaran para siempre esta etapa académica como la mejor de mi vida.

Agradezco eternamente a mis mejores amigos, Paul, Adrián, Nando, Luchito, Luismi, Pablo, Les, Paula, Lulu, Isabel, Valentina y Nicole por creer siempre en mí, e inspirarme a jamás rendirme, han sido fundamentales en mi formación y felicidad. Gracias a mi hermana Marilyn Carolina Nogales Bravo. Gracias a todos mis docentes. Gracias IASA.

Índice de contenidos

| | |
|---|-----------|
| Carátula | 1 |
| Certificación: | 2 |
| Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos: | 3 |
| Responsabilidad de Autoría: | 4 |
| Autorización de Publicación: | 5 |
| Dedicatoria | 6 |
| Agradecimientos | 7 |
| Índice de contenidos | 8 |
| Índice de tablas | 12 |
| Índice de figuras | 13 |
| Resumen | 14 |
| Abstract | 15 |
| CAPÍTULO I | 16 |
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| Antecedentes | 16 |
| Justificación | 17 |
| Planteamiento del problema | 19 |
| Objetivos | 19 |
| <i>Objetivo General</i> | 19 |
| <i>Objetivos Específicos</i> | 20 |
| Hipótesis | 20 |
| <i>Hipótesis nula</i> | 20 |
| <i>Hipótesis alternativa</i> | 20 |
| CAPÍTULO II | 21 |
| MARCO REFERENCIAL | 21 |

| | |
|---|-----------|
| Ciclo Estral del Bovino | 21 |
| <i>Fase Folicular</i> | 21 |
| <i>Fase Preovulatoria</i> | 22 |
| <i>Fase Luteal</i> | 23 |
| Hormonas en el Ciclo Estral..... | 23 |
| <i>Hormonas hipotalámicas</i> | 24 |
| <i>Hormonas adenohipofisarias</i> | 24 |
| <i>Hormona Folículoestimulante (FSH)</i> | 24 |
| <i>Hormona Luteinizante (LH)</i> | 24 |
| Hormonas gonadales y del tracto reproductor de la vaca..... | 25 |
| Dinámica Folicular..... | 25 |
| <i>Reclutamiento</i> | 25 |
| <i>Selección</i> | 26 |
| <i>Dominancia</i> | 26 |
| Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) | 27 |
| <i>Sincronización de Celos</i> | 27 |
| Sincronización Con el Uso de Progesterona..... | 27 |
| Dispositivo Intravaginal. | 28 |
| Benzoato de Estradiol. | 28 |
| Interacción Entre la Nutrición y la Reproducción | 29 |
| Vitaminas y Minerales | 29 |
| CAPÍTULO III..... | 30 |
| METODOLOGÍA..... | 30 |
| Ubicación de la Investigación..... | 30 |
| <i>Ubicación Política</i> | 30 |
| <i>Ubicación Geográfica</i> | 30 |

| | |
|--|-----------|
| Material Experimental..... | 31 |
| <i>Biológico</i> | 31 |
| <i>Insumos de Campo</i> | 31 |
| <i>Equipos</i> | 32 |
| <i>Materiales registro</i> | 32 |
| Métodos..... | 32 |
| <i>Diseño experimental</i> | 32 |
| <i>Selección de animales</i> | 32 |
| <i>Preparación de los animales</i> | 33 |
| Aplicación del protocolo de sincronización e inseminación artificial a tiempo fijo IATF..... | 34 |
| Variables analizadas | 34 |
| <i>Manifestación de signos de celo</i> | 34 |
| <i>Concentración de progesterona en sangre</i> | 34 |
| <i>Tasa de concepción</i> | 35 |
| Análisis económico..... | 35 |
| CAPÍTULO IV | 36 |
| RESULTADOS Y DISCUSION | 36 |
| Signos de Celo | 36 |
| Progesterona en Sangre | 37 |
| Tasa de Concepción..... | 40 |
| Análisis Económico | 42 |
| Tasas de Concepción de Tres Protocolos de Sincronización de Celo | 45 |
| CAPÍTULO V | 48 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 48 |
| Conclusiones..... | 48 |
| Recomendaciones..... | 48 |

Bibliografia 50

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Listado de animales seleccionados</i> | 33 |
| Tabla 2 <i>Lista de todos los animales especificando si manifiestan signos de calor o no</i> | 36 |
| Tabla 3 <i>Análisis estadístico de la proporción muestral de la manifestación de celo</i> | 37 |
| Tabla 4 <i>Resultado del análisis de progesterona en sangre doce días post inseminación</i> | 39 |
| Tabla 5 <i>Resultado de preñez en vacas y vaconas sincronizados mediante el protocolo con progéstágenos intravaginal</i> | 40 |
| Tabla 6 <i>Análisis estadístico de la proporción muestral de la tasa de concepción</i> | 42 |
| Tabla 7 <i>Costo total en dólares de la implementación del protocolo de sincronización e IATF para 13 vacas</i> | 43 |
| Tabla 8 <i>Costo total en dólares de la implementación del protocolo de sincronización e IATF por vaca</i> | 44 |
| Tabla 9 <i>Costo total en dólares de la implementación del protocolo de sincronización e IATF vaca preñada</i> | 45 |
| Tabla 10 <i>Costos y tasa de concepción de los diferentes protocolos de sincronización de celo empleados durante el mismo periodo en vacas de la Hacienda el Prado IASA – I</i> | 47 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Onda folicular de una hembra bovino</i> | 26 |
| Figura 2 <i>Proyecto de Ganadería IASA – I</i> | 30 |
| Figura 3 <i>Niveles de progesterona en sangre en bovinos sincronizados con DIB e inseminados a tiempo fijo</i> | 38 |
| Figura 4 <i>Tasa de concepción de tres protocolos de sincronización empleados en bovinos de la Hacienda el Prado IASA - I</i> | 46 |

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la tasa de concepción al primer servicio en ganado Holstein-Montpellier tras un protocolo de sincronización del estro con progestágenos intravaginales Diprogest 1200 e IATF en la ganadería Prado IASA-I, así como los costes parciales de la utilización de este tratamiento. Se emplearon 13 animales en el estudio, divididos en subgrupos con diferentes estados fisiológicos. Se siguió el protocolo estándar de sincronización con progestágenos, comenzando con la inserción del DIB (día 0) y la inyección de 2 mg de benzoato de estradiol; a los siete días, se retiró el dispositivo junto con la administración de una dosis de 2 mg de prostaglandina; a las 24 horas, se inyectó otra dosis de estradiol, y se realizó la inseminación artificial a las 52 - 56 horas (post retirada del DIB). Para evaluar la existencia de celo se empleó un análisis estadístico transaccional descriptivo no experimental con un total de 92.30% de manifestaciones. Se extrajo sangre de la vena coccígea 12 días después de la inseminación para medir las concentraciones de progesterona, que oscilaron entre 5.08 y 5.83 ng/ml en los animales gestantes y entre 0.1 y 3.57 ng/ml en los animales vacíos. Se utilizó la ecografía transrectal para determinar la tasa de concepción a los 35 días y la palpación rectal a los 60 días para reconfirmar la gestación, lo que proporcionó una tasa de gestación del 46.5%. Con este método de sincronización del celo, el coste de la gestación por bovino se estimó en \$48.37.

Palabras clave: HORMONAS, SINCRONIZACIÓN, ESTRO, PREÑEZ.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the conception rate at first service in Holstein-Montpellier cattle after an estrus synchronization protocol with intravaginal progestins Diprogest 1200 and IATF in Prado IASA-I cattle ranch, as well as the partial costs of using this treatment. Thirteen animals were used in the study, divided into subgroups with different physiological states. The standard synchronization protocol with progestogens was followed, starting with the insertion of the DIB (day 0) and the injection of 2 mg of estradiol benzoate; at seven days, the device was removed together with the administration of a 2 mg dose of prostaglandin; at 24 hours, another dose of estradiol was injected, and artificial insemination was performed at 52 - 56 hours (post DIB removal). A non-experimental descriptive transactional descriptive statistical analysis was used to evaluate the existence of estrus with a total of 92.30% of manifestations. Blood was drawn from the coccygeal vein 12 days after insemination to measure progesterone concentrations, which ranged from 5.08 to 5.83 ng/ml in pregnant animals and from 0.1 to 3.57 ng/ml in empty animals. Transrectal ultrasonography was used to determine conception rate at 35 days and rectal palpation at 60 days to reconfirm gestation, which provided a gestation rate of 46.15%. With this method of estrus synchronization, the cost of gestation per bovine was estimated at \$48.37.

Keywords: HORMONES, SYNCHRONIZATION, ESTROUS, GESTATION.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La cría, procesamiento y reproducción de animales domésticos para su uso en el suministro de alimentos humanos, constituye la actividad del sector primario conocida como "ganadería". La (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2023) menciona que es de conocimiento general para los pueblos y nacionalidades, la importancia clave de la ganadería como fuente de alimentos básicos para la seguridad alimentaria de la población.

Dado que la industria ganadera sustenta directamente a miles de millones de personas en todo el mundo, estos sistemas se consideran el medio social, económico y cultural más eficaz para preservar el bienestar de las comunidades.

En Ecuador, la cría de ganado es una actividad económica importante. Entre 1985 y 2005, la industria agropecuaria aportó una media del 13% al PIB nacional. En 2008, la industria agropecuaria aportó el 10,7% del PIB, sólo superada por la industria petrolera. (Ministerio del Ambiente de Ecuador [MAE], 2014)

Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos, la industria láctea representa alrededor del 4% del PIB agroalimentario nacional y tiene un importante impacto económico debido a la producción de 6,15 millones de litros de leche entera al día, que procede casi en su totalidad del ganado vacuno. Esto permite a la industria láctea mover unos 1.400 millones de dólares al año por la producción e industrialización de la leche (Ionita, 2022).

Vela (2012) menciona que, la producción de leche es una característica sexual secundaria en el ganado bovino, por ende, la reproducción es necesaria para su obtención. En tal caso, el uso de protocolos y procedimientos para la eficiencia reproductiva animal y, el desarrollo de biotecnologías de la reproducción ganadera, eventualmente reflejarán la eficacia productiva en las explotaciones.

Para (Cutaia y Bó, 2006) la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF), cuyo objetivo es mejorar la precisión de la inseminación en el momento del celo, aumentar el valor genético de los animales y corregir los rasgos fenotípicos de interés para la producción, es uno de los procedimientos de biotecnología reproductiva de vanguardia utilizados en el ganado vacuno en los últimos años. Sin embargo, el programa IATF depende de la creación de un sistema eficaz de sincronización de la ovulación mediante el uso de terapias con progestágenos y estrógenos o el uso combinado de hormonas agonistas de GnRH y PG2.

Las glándulas endocrinas reproductoras crean y segregan hormonas, que son sustancias fisiológicas, orgánicas y químicas, las cuales ahora pueden sustituirse por productos complejos gracias a los avances tecnológicos. Esto permite regular el ciclo estral de un animal, que incluye acontecimientos como la maduración de los folículos ováricos preovulatorios, la regresión del cuerpo lúteo y la ovulación (Cutaia y Bó, 2006).

En Ecuador, el uso de las técnicas de sincronización de celos y la inseminación artificial no son actividades nuevas, pero si poco empleadas en la industria de forma conjunta, pues en gran número de haciendas lecheras, no implementan estos procedimientos combinados para lograr hacer una IATF.

Justificación

En la actualidad, la producción de productos lácteos es prioritaria tanto para los pequeños como para los grandes productores, ya sea que estos estén establecidos en países prósperos como Estados Unidos o en vías de desarrollo como Ecuador.

En los últimos años, el negocio lechero ha crecido entre un 25% y un 30%, lo que ha impulsado a los investigadores a buscar estrategias novedosas para potenciar la capacidad reproductiva de los rebaños lecheros (Vega, 2018).

Para López (2019) la capacidad de las explotaciones lecheras para criar nuevos animales sirve de barómetro de su éxito. Por ello, es esencial garantizar una reproducción sana de los animales y concentrarse en variables influyentes de suma importancia como la nutrición,

el medio ambiente, la salud y el bienestar de los animales para ser rentables y aumentar continuamente.

Como resultado del énfasis actual de la industria láctea en maximizar los rendimientos de producción a expensas del bienestar animal, la fertilidad de los animales está sufriendo un impacto negativo. Esto se debe a diversos factores, entre ellos el estrés que provocan. Por ello, es crucial comprender cómo se ven afectados estos procesos fisiológicos de la reproducción en el ganado vacuno.

Vega (2018) nos dice que las vacas son mamíferos con un ciclo estral de 21 días, un poliestro no estacional y una ovulación espontánea regulada hormonalmente. Estas hormonas son producidas por muchos tejidos y órganos; la GnRH es segregada por el hipotálamo, seguida de la FSH y la LH por la hipófisis. Los esteroides como la P4 y el estradiol (E2) se crean en el cuerpo lúteo (CL) y los folículos del ovario, respectivamente. Además, el útero produce una hormona llamada prostaglandina PGF2 α . El ciclo estral del animal está regulado por estas hormonas a través de un bucle de retroalimentación.

Numerosos estudios han demostrado que el método de gestión empleado en la producción lechera y el clima influyen en el nivel de estrés que pueden presentar los animales. Estas circunstancias relacionadas con el estrés interfieren directamente en el eje hipotálamo-hipófisis-suprarrenal (HHA), un circuito neuroendocrino que inicia el ciclo del celo. Esto repercute en la fertilidad del animal, por lo que es probable que no se manifieste el celo.

Por ello, se han buscado alternativas para evitar que estos sucesos causen pérdidas tanto en el ámbito reproductivo como en el económico. De este modo, se ha implementado protocolos de sincronización del celo mediante el uso de hormonas, estimulando el crecimiento folicular y la formación de cuerpos lúteos; en conjunto con la técnica de inseminación artificial, para conformar el programa de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo, donde no es necesario que se presenten signos de celo.

El presente trabajo pretende evaluar la tasa de concepción al primer servicio en vacas de producción y vaconas, las cuales presentan cuadros de estrés al ser época lluviosa, mediante el empleo de un protocolo de sincronización hormonal con dispositivos intravaginal de progestágenos (Diprogest 1200), estradiol (Grafoleon) y d-Cloprostenos como análogo de prostaglandina (Vetalgan); con inseminación artificial, disminuyendo los días abiertos y mejorando la eficiencia reproductiva de los animales.

Planteamiento del problema

La principal causa de que los animales en la ganadería de leche sean descartados, es el bajo rendimiento reproductivo. El alto número de días abiertos que presentan los animales, que son aquellos que transcurren desde el día que una vaca tiene un parto hasta cuando inicia una nueva preñez; y la reposición de animales enviados a camal, representan pérdidas y un alto costo en producción.

Según Castro (2013) en la ganadería de leche se desea que una vaca dé una cría cada 365 días, para lo cual, considerando que el promedio de gestación es de 285 días, se debe procurar conseguir la gestación de cada animal en menos de 90 días. Sin embargo, en la reproducción bovina, el estro se detecta observando signos como el estímulo de apareamiento, pero no siempre se identifican a tiempo o son poco claros, generando que los días abiertos aumenten y con ello los costos; en este caso, al utilizar sincronización con progestágenos intravaginal y la técnica de IATF, se busca inducir al celo e inseminar en un momento determinado, sin la necesidad de constatar si el animal está listo en ese momento.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar de la tasa de concepción al primer servicio en bovinos luego de un protocolo de sincronización de celo con progestágenos intravaginal e IATF en la Hacienda el Prado IASA – I.

Objetivos Específicos

Determinar el efecto de la sincronización sobre la manifestación de signos de celo en bovinos.

Evaluar los niveles de progesterona en sangre en laboratorio a los 12 días post inseminación.

Determinar la tasa de concepción en vacas y vaconas sincronizadas mediante el protocolo con dispositivo intravaginal Diprogest 1200 e IATF.

Estimar el costo de preñez por vaca/vacona al usar el protocolo de sincronización dispositivo intravaginal Diprogest 1200 e IATF.

Hipótesis

Hipótesis nula

La implementación de un protocolo con progestágenos intravaginal Diprogest 1200 con IATF en vacas y vaconas de la Hacienda el Prado IASA – I, no mejora la tasa de concepción al primer servicio.

Hipótesis alternativa

La implementación de un protocolo con progestágenos intravaginal Diprogest 1200 con IATF en vacas y vaconas de la Hacienda el Prado IASA – I, mejora la tasa de concepción al primer servicio.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Ciclo Estral del Bovino

El periodo de tiempo en el que una hembra está disponible para el apareamiento se conoce como estro, celo o calor; en las vacas, el estro dura una media de 16 horas. El ciclo estral CE es el intervalo entre dos celos normales consecutivos o el número de días entre un celo y el siguiente. Los procesos ováricos, endocrinos y conductuales necesarios para la ovulación, el apareamiento y la gestación tienen lugar a lo largo del ciclo estral de la vaca, que dura entre 18 y 24 días (21 días de media) (Vela, 2012).

Durante el CE se producen un conjunto de cambios hormonales a través de un eje que conecta el hipotálamo, la hipófisis y el ovario, desencadenando distintos eventos fisiológicos y conductuales. El ciclo involucra un período de receptividad sexual, la ovulación y cambios adaptativos que son necesarios para conservar el embrión si se produce una fecundación (Carvajal y Martínez, 2020).

La vaca está clasificada como poliéstrica continua, es decir, tiene ciclos estrales (CE) todo el año y presenta su primer ciclo a los 12 meses de edad generalmente, pero esto depende del peso, manejo, la raza y la alimentación que se emplea. El ciclo estral solo es interrumpido en el caso de presentarse una gestación o patología en el animal (Jiménez, 2019).

El CE se puede dividir en tres fases, la fase folicular o de regresión Luteal (Proestro), fase periovulatoria (Estro y Metaestro) y fase Luteal (Diestro).

Fase Folicular

Este periodo de tiempo, que también se conoce como proestro, dura unos tres días de media (días 17 a 21 de la CE), comienza con la lisis o regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior, y finaliza cuando se manifiesta el siguiente celo. En el curso de la regresión luteínica, los niveles de progesterona en sangre descienden agresivamente (a niveles inferiores o iguales a 1 ng/ml), y el peso del cuerpo lúteo se reduce rápidamente a una formación cicatricial inerte

conocida como cuerpo albicans. La principal hormona luteolítica es la prostaglandina ($PG2\alpha$), esta procede del útero y viaja a contracorriente entre la vena uterina y la arteria ovárica hasta los llegar a los ovarios y cumplir su principal función (Palma, 2001).

Los niveles bajos de progesterona aumentan la frecuencia de los pulsos de LH y, en menor medida, de FSH, al suprimir el feed back negativa sobre la liberación de gonadotropinas. En esta fase, la hipófisis aumenta su respuesta a la GnRH y secreta un pulso de LH cada hora, lo que estimula el crecimiento de los folículos dominantes y aumenta la secreción de estradiol (López, 2019).

Fase Preovulatoria

Esta fase incluye todos los cambios que permiten la ovulación y la producción del cuerpo lúteo, y comienza con la receptividad de la hembra al macho y la aparición de un comportamiento homosexual cuando se deja montar por otras hembras. Los indicadores del celo de la vaca son:

- Monta otras vacas y se deja montar.
- Aparece el moco cervical por la vulva.
- Vulva algo dilatada.
- Inquietud y muge con frecuencia.
- Disminución de producción de leche (Vela, 2012).

En el estro, a nivel de útero, se produce un aumento del tono miometrial y el canal cervical sufre un proceso de ablandamiento. La oxitocina, es la encargada de regular la abertura del canal cervical junto con la progesterona. Los estrógenos en altas concentraciones alcanzan el umbral de estimulación del centro cíclico hipotalámico, incitando a las neuronas hipotalámicas a producir el pico de GnRH y en consecuencia el pico preovulatorio de LH, siendo el resultado el aumento de frecuencia y amplitud de los pulsos de esta hormona. (Sintex, 2005).

La primera oleada de desarrollo folicular se correlaciona con un aumento de la concentración basal y de la amplitud de los pulsos de FSH que se produce de 4 a 12 horas después del pico de LH. El sistema neurológico del bovino se vuelve resistente al estradiol después de 12 a 24 horas de estro, y todos los síntomas del estradiol cesan posteriormente (Palma, 2001).

La vaca ovula durante el Metaestro, que se produce justo después de finalizar el celo, que en otras especies se produce durante el estro. La ovulación va seguida de una profunda hemorragia, llenando el folículo de sangre para convertirse en un corpus hemorrhagicum. Durante la creación del cuerpo lúteo (luteinización) se produce una secuencia de cambios morfológicos y bioquímicos que permiten la transición de las células foliculares a células luteínicas, cambios que culminan al séptimo día con un cuerpo lúteo funcional (Palma, 2001).

Fase Luteal

Es la fase conocida como Diestro y se caracteriza por el predominio del cuerpo lúteo. Debido a sus propiedades luteotróficas y productoras de progesterona, la LH contribuye a la formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. En los primeros doce días del ciclo estral, su secreción pulsátil es necesaria para mantener los niveles de progesterona; posteriormente, esta secreción no es necesaria. La secreción de progesterona aumenta como resultado de la unión de la FSH a los receptores del cuerpo lúteo. Otra hormona implicada en la producción de progesterona es la prostaciclina (PGI₂), que estimula las células lúteas y además aumenta el flujo sanguíneo ovárico, haciendo un efecto beneficioso sobre la síntesis y secreción de progesterona. El cuerpo lúteo sigue activo hasta el día 15 aproximadamente si el ovocito no ha sido fecundado, luego de este tiempo, es el momento en el que empieza la regresión para prepararse para un nuevo ciclo estral (López, 2019).

Hormonas en el Ciclo Estral

Son compuestos fisiológicos, orgánicos y químicos que producen y segregan las glándulas endocrinas reproductoras. Proceden principalmente del núcleo del hipotálamo, los

lóbulos anterior y posterior de la hipófisis, las gónadas, el útero y la placenta. Las hormonas reproductivas se clasifican en glicoproteínas, polipéptidos, esteroides, ácidos grasos y aminos en función de su composición bioquímica (Gutiérrez, 2008).

Hormonas hipotalámicas

La hormona liberadora de gonadotropina, o GnRH, es un decapeptido generado y almacenada a nivel de hipotálamo basal medio. La GnRH sirve de puente humoral entre los sistemas endocrino y neurológico. Las señales neuronales hacen que se liberen pulsos de GnRH en el sistema portal hipofisario, lo que hace que la hipófisis anterior produzca posteriormente FSH y LH (Gutiérrez, 2008).

Hormonas adenohipofisarias

En el lóbulo anterior de la hipófisis se generan dos hormonas glucoproteicas, la FSH y la LH. Cada una de estas hormonas se compone de dos partes denominadas subunidades α y β . La secuencia de las subunidades α (92 aminoácidos) es idéntica en todas las especies, difiriendo solo en el contenido de carbohidratos; en cambio, las subunidades β de la LH y la FSH cambian en cada especie y estas son las responsables para las propiedades biológicas e inmunológicas de la hormona (Gutiérrez, 2008).

La GnRH hipotalámica regula la secreción de gonadotropinas hipofisarias. La secreción basal de FSH y LH es pulsátil, siendo suspendido por un pico masivo de LH durante el estro.

Hormona Folículoestimulante (FSH)

Su función principal es el desarrollo y la maduración del folículo ovárico femenino o folículo de Graff. Requiere la presencia de LH para estimular la síntesis de estrógenos a nivel ovárico; no puede hacerlo por sí sola (Gutiérrez, 2008).

Hormona Luteinizante (LH)

Glucoproteína con actividad biológica de treinta minutos, en niveles basales actúa en conjunto con la FSH para inducir la secreción de estrógeno del folículo maduro. LH se encarga

de inducir la ovulación y mantiene el cuerpo lúteo. Junto con la FSH estimula la secreción de esteroides ováricos (estrógeno en folículo y progesterona en cuerpo lúteo) (Gutiérrez, 2008).

Hormonas gonadales y del tracto reproductor de la vaca.

Hormona Estrógeno. Es un esteroide producido por la teca interior del folículo ovárico. Su función principal es provocar el celo, pero también tiene un efecto anabólico y contribuye a varios rasgos sexuales secundarios (Gutiérrez, 2008).

Hormona Progesterona. Su producción se lleva a cabo a nivel del cuerpo lúteo, y tiene la función de mantener la preñez. Debido a su efecto inhibitorio sobre el celo y la ovulación (inhibe la liberación de GnRH), actúa como limitante en la duración del ciclo estral en las vacas cíclicas. Como la progesterona natural tiene una semivida corta (entre 3 y 4 minutos), se necesitan grandes dosis al ser utilizada en protocolos de sincronización (Gutiérrez, 2008)

Hormona Prostaglandina F2 α . Es una sustancia química con notable actividad sobre la regulación del ciclo estral, ya que se encarga de la luteólisis del cuerpo lúteo del ovario. Se origina a nivel uterino, en el endometrio, y se transporta por contracorriente desde la vena uterina hasta la arteria ovárica. Además, desencadena contracciones uterinas ventajosas para la transferencia de espermatozoides y el parto (Gutiérrez, 2008).

Dinámica Folicular

Es el proceso de crecimiento y regresión de folículos antrales que llevan a la formación y desarrollo de un folículo preovulatorio. Durante el ciclo estral, se producen de una a cuatro oleadas de crecimiento folicular, siendo de esta última de la cual deriva el folículo preovulatorio (Vela, 2012).

Una onda de crecimiento folicular se conforma por:

Reclutamiento

Es el proceso donde una cohorte de folículos comienza a madurar en un medio con un aporte adecuado de gonadotropinas FSH que le permite avanzar hacia la ovulación. El pico de

FSH ocurre cuando el folículo dominante presenta un tamaño aproximado de 8 a 9 mm en bovinos (Vega, 2018).

Selección

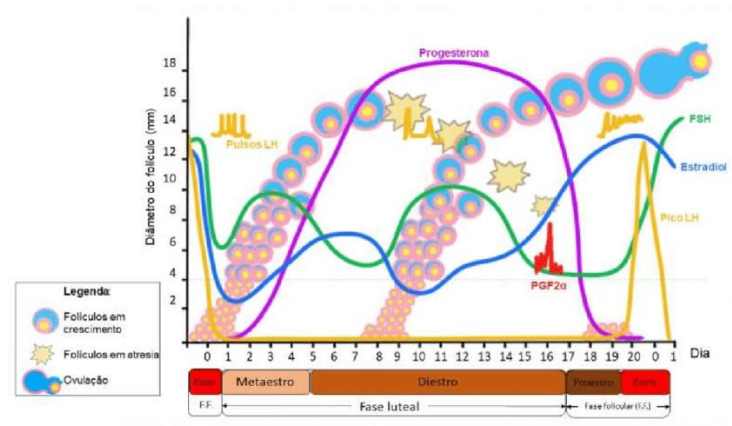
A lo largo de esta fase se selecciona el folículo dominante, que muestra un crecimiento constante mientras bloquea el apoyo hormonal de la FSH para los demás folículos, ralentizando y suprimiendo el crecimiento de los mismos (atresia) (Vega, 2018).

Dominancia

El folículo dominante produce un efecto inhibitor que impide el reclutamiento de un nuevo grupo de folículos primordiales. En este punto, el folículo dominante alcanza su tamaño máximo y provoca la liberación de estradiol, lo que le confiere la capacidad de seguir desarrollándose en un entorno hormonal hostil para los demás folículos (Vela, 2012).

Figura 1

Onda folicular de una hembra bovino



Nota. Adaptado de *Ciencia Animal* (p.122), por Melissa Sanches Mongelli, 2021, Researchgate.

Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF)

La Inseminación Artificial a Tiempo Fijo es una técnica que, mediante el uso de hormonas para sincronizar los celos y ovulaciones de vacas, permite inseminar gran cantidad de animales en un corto período de tiempo (Castañón, 2022).

Entre los beneficios del uso de la IATF se incluyen el avance genético, la prevención de la detección del celo, una temporada reproductiva más corta, un menor número de días abiertos, la mejora de los índices reproductivos y productivos, y el aumento de la proporción de vacas preñadas precozmente, entre otros (G. Bó y Baruselli, 2002).

Sincronización de Celos

La sincronización del celo, una técnica que se utiliza junto con la inseminación artificial (IA), modifica los ciclos de un grupo de hembras para que puedan mostrar un ciclo viable en días predeterminados. Esto permite realizar la IA sin necesidad de detectar el celo en un momento determinado.

Desde la aparición de Ovsynch en los años 90, la industria láctea ha adoptado una amplia gama de protocolos de sincronización. El desarrollo de estrategias para regular el ciclo estral de la vaca puede dividirse en cinco etapas. La primera comprende investigaciones donde se prolonga la fase lútea a través de la administración de progesterona. Luego, estos métodos pasaron a contar con una asociación de estrógenos y gonadotropinas (segunda fase); la utilización de prostaglandinas con el fin de acortar la fase lútea es la tercera fase; la cuarta fase supuso el desarrollo de los métodos con la asociación de progestágenos y prostaglandinas; la quinta fase resultó de estudios recientes de ondas foliculares, que concluyeron que el control del ciclo estral de la vaca requiere la manipulación de la fase lútea y del crecimiento folicular

Sincronización Con el Uso de Progesterona

Los protocolos de sincronización con progesterona han sido empleados en todo el mundo con tasas de gestación oscilantes entre 35% al 55%; este protocolo es influenciado por la condición corporal del animal.

Este tipo de procedimiento sincroniza con precisión el estro porque impide que el cuerpo lúteo se desarrolle en las hembras que han tenido una ovulación reciente, acortando la duración del ciclo estral mediante la administración de progesterona intravaginal utilizando un dispositivo. El tratamiento también sincroniza el desarrollo del folículo, la regresión lútea y el momento de la ovulación para aumentar la probabilidad de concepción (López, 2019).

Dispositivo Intravaginal.

Son dispositivos de uso intravaginal que, actualmente contienen progesterona natural, la cual es liberada por difusión a partir de una envoltura de silicón, misma que se encuentra en un aparato diseñado para fijarse en el interior de la vagina de la vaca. La hormona es absorbida a través de la mucosa vaginal, dando como resultado el bloqueo de la liberación de LH y FSH de la adenohipófisis; inhibiendo así el estro y la ovulación (Castañón, 2022).

Al realizar la inserción de un dispositivo de liberación de progesterona y administrar por vía parenteral intramuscular estradiol (día 0), se logra sincronizar la emergencia de la onda folicular y evitar el desarrollo de folículos persistentes. De esta forma, se garantiza que al retirar el dispositivo intravaginal (día 7 u 8), la liberación de LH aumentará, dando lugar al inicio del celo y a la ovulación del folículo dominante (Castañón, 2022).

Benzoato de Estradiol.

Es una forma sintética de 17β estradiol, una hormona esteroide producida por el folículo ovárico, la cual se desarrolló para potenciar los efectos reproductivos de las terapias con progestágenos, como la sincronización del estro. Se induce una onda folicular fresca utilizando progestágenos junto con benzoato de estradiol; a continuación, la aplicación de BE a la extracción del dispositivo provoca un pico preovulatorio de LH a través de la feed back positiva del estradiol sobre la GnRH y la LH, dando lugar a ovulaciones sincrónicas. Bo GA (1994) citado por (Castañón, 2022).

Interacción Entre la Nutrición y la Reproducción

Uno de los factores clave de la inactividad ovárica de las hembras (anestro) durante la reproducción es una nutrición insuficiente. Cuando la energía no se suministra a niveles óptimos, influye directamente en la tasa de concepción del rebaño; en las vacas lecheras, una nutrición inadecuada precede a un retraso en la presentación del primer celo posparto.

En los rumiantes, el desarrollo sexual depende en gran parte del grado de crecimiento animal; si se reduce el aporte de energía al mismo tiempo que el crecimiento corporal, se altera el desarrollo de las glándulas endocrinas y de los órganos reproductores. Una nutrición inadecuada puede tener efectos desfavorables sobre la función de la hipófisis, es decir, sobre la síntesis o liberación de gonadotropinas, lo que pueden influir sobre la respuesta de los órganos efectores y hormonas gonadales.

Vitaminas y Minerales

Las vitaminas y minerales son esenciales para la reproducción; cuando se producen carencias, sobre todo de micro minerales como el fósforo, cobre, magnesio y cobalto, la fertilidad y la madurez sexual de las vacas se ven afectadas; esto conlleva a evidenciar un cuadro de anestro continuo, problemas reproductivos y, en caso de preñez, dificultad para parir (Castro, 2013).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

Ubicación de la Investigación

Ubicación Política

El estudio se realizó en las instalaciones del proyecto ganadero localizado en la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando, Hacienda El Prado perteneciente a la carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Figura 2

Proyecto de Ganadería IASA – I



Nota. Captura de pantalla de *Google Earth Pro*, vista satelital. Autoría propia.

Ubicación Geográfica

El proyecto ganadero de la facultad agropecuaria IASA I, está ubicado a 2748 msnm con coordenadas geográficas 0°23'36.49"S 78°24'48.88"O dentro del Campus Hacienda El Prado de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Datos:

- Temperatura: 13-14 °C.

- Precipitación anual: 1 200 milímetros de columna de agua.

Material Experimental

Biológico

- 8 vacas mestizas Holstein Montbéliarde en producción con un peso promedio de 500 ± 50 kg.
- 5 vaconas mestizas Holstein Montbéliarde r secas con un peso promedio de 400 ± 20 kg.

Insumos de Campo

- Catéteres.
- Vacutainer.
- Jeringas de 5, 10 y 20 ml.
- Pistola de inseminación.
- Chamis para catéter.
- Termo para descongelar.
- Pajuelas.
- Corta pajuelas.
- Guantes ginecológicos.
- Papel absorbente.
- Aplicador de dispositivo intravaginal.
- Tubos de ensayo tapa Lila con EDTA.
- Vanodine.
- Gel lubricante de uso ginecológico.
- Oxitetraciclina.
- Vitamic NF forte.
- Ectonil.

- Livanal.
- Vetalgan.
- Estrover (Benzoato de estradiol).
- Dispositivo intravaginal Diprogest 1200.

Equipos

- Ecógrafo.
- Refrigerador.
- Computador.
- Tanque de Nitrógeno.

Materiales registro

- Cámara fotográfica.
- Cuaderno de campo.
- Registros reproductivos.

Métodos

Diseño experimental

El estudio se llevó a cabo mediante un planteamiento no experimental transaccional descriptivo, es decir, no se emplearon variables independientes. Para explorar la frecuencia y los valores con que se exponen las variables analizadas, la investigación se basó en la observación del comportamiento de las vacas en su entorno natural, sin alterar e influir en el mismo.

Selección de animales

Se eligieron trece animales en total, entre ellos cinco vacas de cruce Holstein y Montbéliarde, y ocho vacas del rebaño lechero de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de similar mestizaje. Para poder incluir a los animales en el ensayo, se evaluó la condición corporal que estos presentaban (CC), esta se midió utilizando una escala de

clasificación de 5 niveles, siendo 1 muy delgado y 5 muy obeso; el objetivo del estudio fue que los animales tuvieran una CC entre 2 y 3,5. Además, se tomó en cuenta el estatus reproductivo de los animales mediante palpación rectal, seleccionando hembras vacías, con estructura uterina sana y ovarios de tamaños considerables.

Tabla 1

Listado de animales seleccionados

| Arete | C. C | Peso | Estado reproductivo | Ovario derecho | Ovario izquierdo | Vaginitis | Etapas fisiológica |
|--------------|-------------|-------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|---------------------------|
| V240 | 3 | 350 | Vacía | 1x1x1 | 2x1x1 | No | Vacona |
| V226 | 3 | 400 | Vacía | 2x2x1 | 1x1x1 | No | Vacona |
| V215 | 4 | 500 | Vacía | 3x2x1 | 1x1x1 | No | Vacona |
| 1935 | 4 | 400 | Vacía | 3x2x1 | 2x1x1 | No | Vacona |
| 2101 | 3 | 360 | Vacía | 2x1x1 | 3x2x1 | Si | Vacona |
| 1816 | 2,5 | 480 | Vacía | 4x2x1 | 2x2x1 | Si | Vaca |
| 1521 | 2 | 500 | Vacía | 2x1x1 | 2x1x1 | No | Vaca |
| 1905 | 2,5 | 500 | Vacía | 3x2x1 | 1x1x1 | No | Vaca |
| 1817 | 2 | 500 | Vacía | 2x2x1 | 2x1x1 | No | Vaca |
| 1705 | 2,8 | 500 | Vacía | 2x1x1 | 2x1x1 | No | Vaca |
| 1925 | 3 | 500 | Vacía | 2x1x1 | 2x1x1 | No | Vaca |
| 1331 | 3 | 500 | Vacía | 3x2x2 | 2x1x1 | No | Vaca |
| 1329 | 3 | 500 | Vacía | 2x1x1 | 2x1x1 | No | Vaca |

Nota. Autoría propia.

Preparación de los animales

Previo al inicio de la inseminación artificial a tiempo fijo, se realizó un acondicionamiento de los animales de estudio. Se llevó a cabo un lavado uterino con una dosis de 15 ml por animal de una solución en proporción 1:4 de Oxitetraciclina (para vaconas) o yodo (para vacas en producción) con gel lubricante de uso ginecológico, además de la administración intramuscular de vitaminas en dosis de 8 ml/animal del medicamento Vitamic Nf forte.

Al cabo de siete días, se llevó a cabo una inmunoestimulación utilizando una solución de Livalan y leche entera desnatada en una proporción de 1:5 a una dosis de 20 ml/vaca para

estimular el buen funcionamiento del aparato reproductor femenino y prevenir los déficits de yodo.

Aplicación del protocolo de sincronización e inseminación artificial a tiempo fijo IATF

La sincronización del estro se consiguió en los animales elegidos mediante un implante intravaginal de progestágeno (Diprogest 1200) y la inyección intramuscular de 2 mg de benzoato de estradiol (Estrover) el día 0; el día 7, se retiró el implante intravaginal y se administró una dosis de prostaglandina (Vetalgan) intramuscular (2 mg). A las 24 horas se administró un miligramo de benzoato de estradiol intramuscular. Luego de 52 a 56 horas después de retirar el dispositivo, se procedió a la inseminación artificial.

Variables analizadas

Manifestación de signos de celo

Entre las 48 a 50 horas del retiro del dispositivo intravaginal con progestágenos, se evaluó mediante observación la presencia de celo en los animales utilizados en el estudio. El estímulo para montar y dejarse montar, la presencia de moco cervical, una vulva dilatada, inquietud y mugidos frecuentes fueron los síntomas que se valoraron para constatar la manifestación del calor.

Concentración de progesterona en sangre

Se tomaron muestras sanguíneas de las ocho vacas y cinco novillas 12 días después de la inseminación artificial. Con ayuda de un Vacutainer, se extrajo sangre de la vena coccígea colectadas en tubos de ensayo con tapa lila que contenían el anticoagulante (EDTA), que, posteriormente fueron identificados y conservados. Estas muestras se llevaron al laboratorio de inmunología clínica "InmunoLab", donde se evaluaron los niveles de progesterona en las muestras.

Tasa de concepción

La tasa de concepción se obtuvo mediante imágenes ecográficas a los 35 días de la inseminación artificial y se validó mediante palpación transrectal a los 60 días. Se calculó como la proporción de vacas que quedaron preñadas en relación con el número de vacas inseminadas en un periodo determinado. El porcentaje fue calculado mediante la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ Concepción = \frac{Número\ de\ vacas\ preñadas}{Número\ de\ vacas\ inseminadas} \times 100$$

Análisis económico

Se realizó un análisis de costos al implementar la IATF por vaca/vacona, dentro del cual fue analizado el costo de los fármacos y hormonas utilizados. Considerando la respuesta de la eficiencia reproductiva alcanzada con el protocolo de sincronización de progestágenos intravaginal, se evaluó la viabilidad de la tecnología implantada.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

Signos de Celo

El 92.30% de los animales mostraron signos de celo tras la implantación de los dispositivos como parte del enfoque de sincronización del calor utilizando progestágenos intravaginales (Tabla 2); entre los signos que las vacas presentaron se encontró la monta de otros animales y la mucosidad a nivel de la vulva. (Callejas *et al.*, 2014) afirman que este dispositivo funciona como un reservorio de progesterona natural que es liberada y absorbida por la mucosa vaginal en concentraciones lo suficientemente altas como para impedir que la hipófisis segregue hormonas LH y FSH, acción que retrasan la ovulación y, en consecuencia, el inicio del celo. Tras la retirada del dispositivo, el nivel de progesterona en sangre disminuye en menos de 6 a 7 horas, y el animal entra en celo alrededor de las 48 - 50 horas. Esto es corroborado por (Pacheco y Rajo, 2012), que utilizaron en su estudio CIDR en bovinos de cruce Holstein - Jersey, obteniendo resultados de 85.7% de calores después de retirar el implante a los 6 y 7 días. Por otro lado, (Canacuán, 2016) en su investigación donde evaluó la influencia en la tasa de preñez en bovinos al reutilizar implantes de progestágenos intravaginal, obtuvo porcentajes de presencia de señales de celo del 75% de los animales valorados a las 48 horas de retirado el implante. Por lo tanto, es justificable que casi en su totalidad los animales hayan presentado calor, debido al uso de dispositivos intravaginales nuevos, mismos poseen alta concentración de P4.

Tabla 2

Lista de todos los animales especificando si manifiestan signos de calor o no

| # | Arete | Manifestación de celo | Estado fisiológico | Monta/se deja montar | Mucosidad a nivel de vulva |
|---|-------|-----------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|
| 1 | V240 | SI | Vacona | SI | SI |
| 2 | V226 | SI | Vacona | SI | NO |
| 3 | V215 | SI | Vacona | SI | NO |
| 4 | 1935 | SI | Vacona | SI | SI |

| # | Arete | Manifestación de celo | Estado fisiológico | Monta/se deja montar | Mucosidad a nivel de vulva |
|----|-------|-----------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|
| 5 | 2101 | SI | Vacona | SI | NO |
| 6 | 1816 | SI | Vaca | SI | SI |
| 7 | 1521 | SI | Vaca | SI | SI |
| 8 | 1905 | SI | Vaca | SI | SI |
| 9 | 1817 | NO | Vaca | NO | NO |
| 10 | 1705 | SI | Vaca | SI | NO |
| 11 | 1925 | SI | Vaca | SI | NO |
| 12 | 1331 | SI | Vaca | SI | NO |
| 13 | 1329 | SI | Vaca | SI | SI |

Nota. Autoría propia.

Para el análisis estadístico poblacional de la muestra $n=13$, se añadieron 12 datos totalmente aleatorios con la misma distribución discreta. Se utilizó como parámetro el rango de valores de entrada con su probabilidad, $1=0.9231$ y $0=0.0769$ (siendo 1 =presenta celo y 0 = no presenta celo), resultando en una población total de $N=25$. Mediante un análisis del porcentaje de muestra de la manifestación del celo se estimó que el límite de confianza inferior era del 75.25% y el superior del 100%. Tabla 3.

Tabla 3

Análisis estadístico de la proporción muestral de la manifestación de celo

| n | p | E | L | U |
|----|--------|--------|--------|---------|
| 25 | 88.00% | 12.74% | 75.26% | 100.74% |

Nota. Número de muestra (n), proporción muestral (p), margen de error (E), límite inferior de confianza (L), límite superior de confianza (U). Autoría propia.

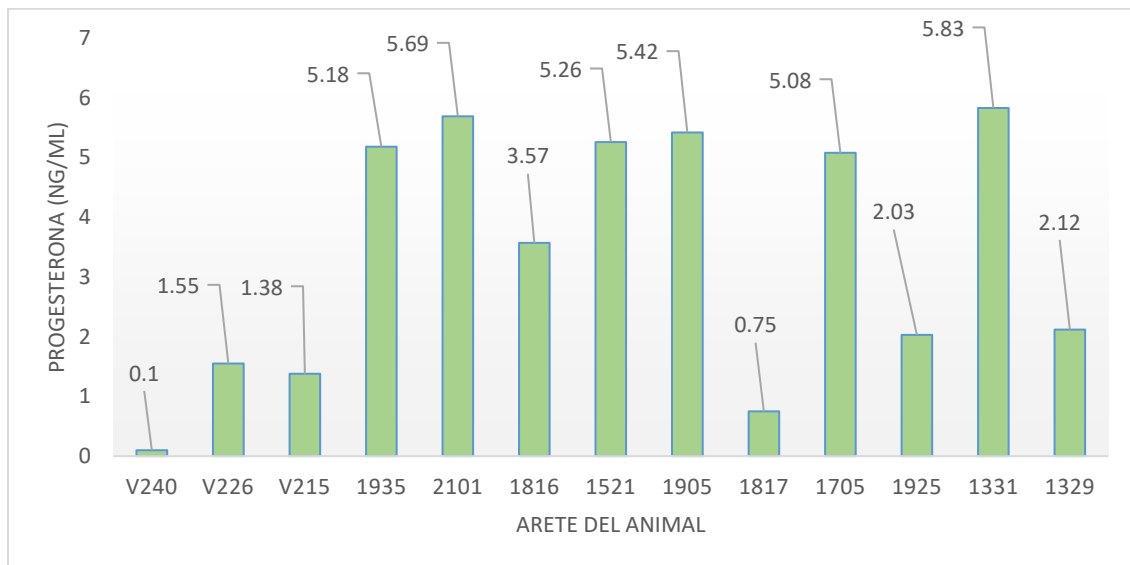
Progesterona en Sangre

La hormona esteroidea progesterona, segregada por el cuerpo lúteo y la placenta, es esencial para los procesos reproductivos, así como para el inicio y el mantenimiento de la gestación. Un análisis de sangre realizado 12 días después de la IATF reveló que la

concentración de progesterona en los animales evaluados era fluctuante (Figura 3), esto debido a tres razones principales; cambios hormonales provocados externamente (por el DIB), reinicio del ciclo debido a la ausencia de gestación o preñez en los animales (formación de CL).

Figura 3

Niveles de progesterona en sangre en bovinos sincronizados con DIB e inseminados a tiempo fijo



Nota. Autoría propia.

Al evaluar la concentración de progesterona, se observó que el nivel más alto alcanzado fue de 5.83 ng/ml y el nivel mínimo de progesterona fue de 0.1 ng/ml, lo cual es posible corroborar con lo obtenido por (Wettemann y Hafs, 1973). En su estudio, se analizaron los niveles de LH, prolactina, estradiol y progesterona en suero sanguíneo bovino en preñez temprana, donde la progesterona sérica mínima fue de 0.4 ± 1 ng/ml en el estro previa inseminación y de 6.8 ± 4 ng/ml en el día 11 post – inseminación en animales gestantes. A diferencia de las vacas que resultaron vacías, las cuales tuvieron niveles más bajos de dicha hormona (0.1 – 3.57 ng/ml), los niveles altos de progesterona en sangre demuestran que las vacas/vaconas presentan preñez, lo cual se corrobora con la ecografía posteriormente realizada.

Tabla 4

Resultado del análisis de progesterona en sangre doce días post inseminación

| # | Arete | Estado fisiológico | Resultado (ng/ml) |
|----|-------|--------------------|-------------------|
| 1 | V240 | Vacona | 0.10 |
| 2 | V226 | Vacona | 1.55 |
| 3 | V215 | Vacona | 1.38 |
| 4 | 1935 | Vacona | 5.18 |
| 5 | 2101 | Vacona | 5.69 |
| 6 | 1816 | Vaca | 3.57 |
| 7 | 1521 | Vaca | 5.26 |
| 8 | 1905 | Vaca | 5.42 |
| 9 | 1817 | Vaca | 0.75 |
| 10 | 1705 | Vaca | 5.08 |
| 11 | 1925 | Vaca | 2.03 |
| 12 | 1331 | Vaca | 5.83 |
| 13 | 1329 | Vaca | 2.12 |

Nota. Autoría propia.

Los resultados de esta evaluación son comparables a los de (Layme y Málaga, 2019), que analizó los niveles séricos de progesterona en vacas que recibían tratamiento hormonal tras la inseminación y halló una media total de 4.58 ng/ml de progesterona/vacas gestantes. Sin embargo, (Roche *et al.*, 1985) en la evaluación de las concentraciones de hormona luteinizante y progesterona en novillas preñadas y no preñadas, llega a concluir que las concentraciones sanguíneas basales de hormona luteinizante y progesterona, en muestras tomadas tres veces al día, no eran diferentes en las novillas preñadas o no preñadas antes y durante los 16 días siguientes a la inseminación.

Por otro lado, España *et al.* (2004) que realizó un estudio comparativo sobre la eficacia de la detección precoz de la preñez en vacas, reportó como hembras preñadas aquellas que presentaban un nivel de progesterona mayor o igual a 2.5 ng/ml y no preñadas aquellas con niveles inferiores, datos que en el presente estudio no son justificados debido a que animales

con valores cercanos o superiores al propuesto, no presentaron gestación, un claro ejemplo es en el animal #1816 con 3.57 ng/ml.

Tasa de Concepción

La tasa de concepción obtenida en el presente estudio evaluada mediante ecografía al día 35 y reconfirmada por palpación rectal al día 60 después de la inseminación fue del 46.15% del total de los animales. Al analizar la preñez dependiendo el estado fisiológico de los bovinos, se obtuvo que la tasa de concepción para vaconas fue del 40%, mientras que para el caso de vacas en producción fue del 50%. (Tabla 5)

Tabla 5

Resultado de preñez en vacas y vaconas sincronizados mediante el protocolo con progestágenos intravaginal

| # | Arete | Estado fisiológico | Preñada o vacía | Tasa de concepción Estado fisiológico | Tasa de concepción total |
|----|-------|--------------------|-----------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | V240 | Vacona | V | | |
| 2 | V226 | Vacona | V | | |
| 3 | V215 | Vacona | V | 40% | |
| 4 | 1935 | Vacona | PR | | |
| 5 | 2101 | Vacona | PR | | 46.15% |
| 6 | 1816 | Vaca | V | | |
| 7 | 1521 | Vaca | PR | | |
| 8 | 1905 | Vaca | PR | | |
| 9 | 1817 | Vaca | V | 50% | |
| 10 | 1705 | Vaca | PR | | |
| 11 | 1925 | Vaca | V | | |
| 12 | 1331 | Vaca | PR | | |
| 13 | 1329 | Vaca | V | | |

Nota. Autoría propia.

Los porcentajes de concepción alcanzados en la IATF sincronizada con DIB nuevo (46,15%) son relativamente diferentes a los alcanzados por (Canacúan, 2016) en su estudio,

donde evalúa la concepción en bovinos al utilizar implantes intravaginales de progesterona nuevo, de segundo y tercer uso, donde para T1 (DIB nuevo) alcanzó una tasa de preñez del 62,5% (cinco de ocho vacas quedaron preñadas), sin embargo, (Pérez de la Ossa, 2007) alcanza un porcentaje de 54,8% en su estudio sobre la tasa de preñez en vacas con dispositivos intravaginales utilizados una, dos o tres veces por semana, resultados sensiblemente más cercanos a los obtenidos. En comparación con otros estudios, los resultados de la tasa de concepción revelan respuestas más altas en prácticamente todos los escenarios, por otro lado, (Bó y Cutaia, 2023) indican que, con la inserción de dispositivos de liberación de progesterona, más la administración de estradiol para sincronizar la ovulación de vacas obtuvieron tasas de gestación del 47.3%, muy cercanos a los alcanzados en el presente estudio.

La diferencia en los porcentajes de concepción encontrada entre las diversas investigaciones está probablemente relacionada con factores externos típicos de la zona en la que se realizó el estudio; esto debido al estrés por clima causado en el animal por la época del año (época lluviosa) en la que se realizó la sincronización e inseminación, así como a las condiciones de pastoreo extensivo, los problemas de desnutrición y las deficiencias minerales comunes en el manejo.

Es importante señalar que, en comparación con las vacas en producción, se encontró una menor tasa de concepción en el caso de las vaconas, con un 40% de los animales (o dos de cada cinco preñadas). En su evaluación (Orozco *et al.*, 2023) encontró resultados similares, un menor porcentaje de preñez en novillas, y lo atribuyó al hecho de que, en las novillas tratadas con un CIDR en ausencia de un cuerpo lúteo, el cual se desarrolla a partir de la ovulación de un folículo dominante persistente, hace que el folículo entre en retroceso y muera sin ovular, dejando a las vaconas sin fecundar.

Para el análisis estadístico poblacional de la muestra $n=13$, se añadieron 12 datos totalmente aleatorios con la misma distribución discreta. Se utilizó como parámetro el rango de

valores de entrada con su probabilidad, $1=0.4615$ y $0=0.5384$ (siendo 1=preñada y 0= no preñada), resultando en una población total de $N=25$. Mediante un análisis de la proporción muestral de la tasa de concepción, se estimó que el límite de confianza inferior era del 24.54% y el superior del 63.46%. Tabla 6.

Tabla 6

Análisis estadístico de la proporción muestral de la tasa de concepción

| n | p | E | L | U |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 25 | 44.00% | 19.46% | 24.54% | 63.46% |

Nota. Número de muestra (n), proporción muestral (p), margen de error (E), límite inferior de confianza (L), límite superior de confianza (U). Autoría propia.

Análisis Económico

El análisis económico se realizó tomando en cuenta los gastos de la sincronización del celo y de la inseminación artificial a tiempo fijo de los animales (Tabla 7). Los costos totales en dólares al implementar el protocolo de sincronización para el total de los animales evaluados (8 vacas y 5 vaconas) fue de \$628.81. (Castro, 2013) encontró que el costo de la sincronización con CIDR + prostaglandina + estrógeno para las doce vacas analizadas en su estudio sobre el impacto de la resincronización del estro con DIB y la detección precoz de la preñez por ultrasonografía en vacas lecheras fue de \$573.32, tomando en cuenta un valor operativo, sin embargo, es comparable al costo encontrado en la presente investigación si se toma en consideración el costo de mano de obra actual.

Tabla 7

Costo total en dólares de la implementación del protocolo de sincronización e IATF para 13 vacas

| | Unidad | Dosis vaca | # de vacas | Dosis total | Costo Unitario | Costo total |
|-----------------------|--------|------------|------------|-------------|----------------|---------------|
| Diprogest 1200 | - | 1 | 13 | 13 | 10 | 130 |
| Estrover | ml | 3 | 13 | 39 | 0.3 | 11.7 |
| Vetalgan | ml | 2 | 13 | 26 | 1 | 26 |
| Jeringas | Unidad | 1 | 13 | - | 0.5 | 6.5 |
| Inseminación | Unidad | 1 | 13 | - | 34.16 | 444.08 |
| Guantes ginecológicos | Unidad | 1 | 13 | - | 0.81 | 10.53 |
| | | | | | Costo total | 628.81 |

Nota. Autoría propia.

En la Tabla 8 se muestran los gastos de insumos utilizados por unidad experimental, el cual alcanza un costo de \$48.37 por vaca (López, 2019). adquirió un coste por animal de \$37.34 para T0 (donde no utiliza eCG, solo sincroniza con CIDR) en la investigación sobre la influencia de la hormona gonadotropina coriónica equina en la tasa de concepción del ganado vacuno; cabe señalar que hay una diferencia en los productos utilizados y esto puede ser la explicación de la discrepancia de costes. Al comparar el costo alcanzado por vaca de (Castro, 2013), el cual fue de \$47.78, relativamente similar al planteado en esta investigación, se puede sustentar que la variación de costos se debe en su mayoría a los diferentes recursos utilizados.

Tabla 8*Costo total en dólares de la implementación del protocolo de sincronización e IATF por vaca*

| | Unidad | Dosis | # de | Dosis | Costo | Costo |
|--------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|--------------|
| | | vaca | vacas | total | Unitario | total |
| Diprogest 1200 | - | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 |
| Estrover | ml | 3 | 1 | 3 | 0.3 | 0.9 |
| Vetalgan | ml | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Jeringas | Unidad | 1 | 1 | - | 0.5 | 0.5 |
| Inseminación | Unidad | 1 | 1 | - | 34.16 | 34,16 |
| Guantes ginecológicos | Unidad | 1 | 1 | - | 0.81 | 0.81 |
| | | | | | Costo total | 48.37 |

Nota. Autoría propia.

En la Tabla 9 se considera la tasa de concepción, donde 6 bovinos de 13 evaluadas presentan gestación, esto define un costo por vaca preñada de \$130.80, donde se incluyen valores de los métodos para diagnosticar la gestación, en este caso, la prueba a nivel de laboratorio de progesterona en sangre y la ecografía transrectal.

Tabla 9

Costo total en dólares de la implementación del protocolo de sincronización e IATF vaca preñada

| | Unidad | Dosis vaca | # de vacas | Dosis total | Costo Unitario | Costo total |
|---------------------------|---------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Diprogest 1200 | - | 1 | 13 | 13 | 10 | 130 |
| Estrover | ml | 3 | 13 | 39 | 0.3 | 11.7 |
| Vetalgan | ml | 2 | 13 | 26 | 1 | 26 |
| Jeringas | Unidad | 1 | 13 | - | 0.5 | 6.5 |
| Inseminación | Unidad | 1 | 13 | 13 | 34.16 | 444.08 |
| Guantes ginecológicos | Unidad | 1 | 13 | 13 | 0.81 | 10.53 |
| Prueba de P4 | Unidad | 1 | 13 | 13 | 8 | 104 |
| Ecografía | Alquiler | 1 | 13 | 13 | 4 | 52 |
| Costo Total | | | | | | 784.81 |
| Número de vacas preñadas | | | | | | 6 |
| Costo Vaca Preñada | | | | | | 130.80 |

Nota. Autoría propia.

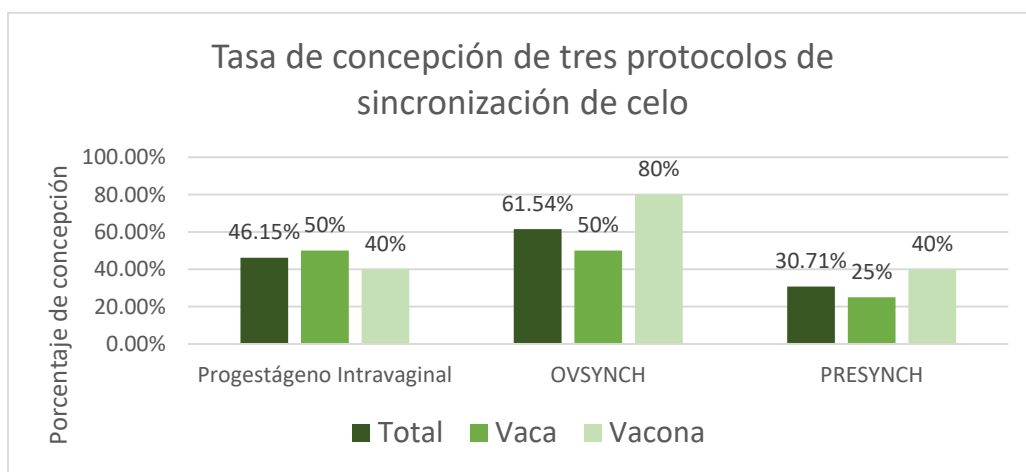
Tasas de Concepción de Tres Protocolos de Sincronización de Celos

Al utilizar como protocolo de sincronización de celo e IATF, la tasa de concepción para el DIB o progestágeno intravaginal alcanzó el 46.15% del total de los animales (seis de trece animales preñados) mientras que con el tratamiento OVSYNCH fue superior, obteniendo un

61.54% (ocho de trece vacas preñadas); por otro lado, el protocolo hormonal PRESYNCH fue el que presentó menor tasa de concepción, con un 30.71%, es decir que cuatro de trece animales entraron en gestación. Figura 4

Figura 4

Tasa de concepción de tres protocolos de sincronización empleados en bovinos de la Hacienda el Prado IASA - I



Nota. Autoría propia.

De igual manera se analizó la tasa de concepción en relación con el estado fisiológico del ganado, y se descubrió que, en el caso de las vacas, los protocolos "Progestágeno intravaginal" y "OVSYNCH" obtuvieron los mejores resultados, con una tasa de concepción del 50%. En cuanto a las vaconas, el procedimiento "OVSYNCH" produjo los mejores resultados, con una tasa de concepción del 80% en los animales de primer servicio.

Cuando consideramos los costos en relación a la efectividad del protocolo en la situación específica de Hacienda El Prado IASA - I, encontramos que la sincronización del estro utilizando OVSYNCH es la más beneficiosa, produciendo una tasa de concepción de 61.45% a un costo total de \$420.87. Tabla 10.

Tabla 10

Costos y tasa de concepción de los diferentes protocolos de sincronización de celo empleados durante el mismo periodo en vacas de la Hacienda el Prado IASA – I

| | Costo | | | Tasa de Concepción |
|------------------------------|-------|--------------|--------|-----------------------|
| | Vaca | Vaca Preñada | Total | |
| Progestágeno intravaginal | 48.37 | 130.80 | 628.81 | 46.15% |
| OVSYNCH | 32.37 | 52.61 | 420.87 | 61.45% |
| PRESYNCH | 38.43 | 124.09 | 499.58 | 30.71% |

Nota. Autoría propia.

Un análisis no paramétrico de la varianza mediante la prueba de Kruskal Wallis no revela diferencias significativas en la gestación animal ($p=0.2209$), lo que indica que los tres protocolos de sincronización de celo funcionan al mismo nivel de eficacia en esta investigación conjunta.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Al aplicar el protocolo de sincronización con Dispositivo intravaginal bovino, se obtuvo que el 92.30% de las reses presentaron signos de celo luego de 48 a 50 horas de extraer los progestágenos, esto debido a que el DIB actúa como fuente de progesterona natural inhibiendo la comunicación del eje hipotálamo – hipófisis, permitiendo que a su extracción se reinicie el ciclo hormonal y se produzca las gonadotropinas.
- En la evaluación de progesterona 12 días post inseminación, se obtuvo que las vacas gestantes presentaron concentraciones séricas de P4 en el rango de 5.08 – 5.83 ng/ml, mientras que los animales vacíos dataron valores inferiores en el rango de 0.1 – 3.57 ng/ml.
- La tasa de concepción obtenida mediante el protocolo de sincronización a partir de un dispositivo intravaginal de progestágenos Diprogest 1200 fue del 46.15%; dividido por estado fisiológico de los animales evaluado, para vacas en producción fue del 50% (es decir, cuatro de ocho vacas se preñaron) y para vaconas fue del 40% (o dos de cinco animales entraron en gestación).
- Mediante el uso del protocolo de sincronización de celo con dispositivo intravaginal Diprogest 1200 e IATF se obtuvo un costo de preñez por animal de \$48.37, mientras que el costo por vaca preñada fue de \$130.80.

Recomendaciones

- Se recomienda emplear el protocolo de sincronización de la ovulación en bovinos con progestágenos intravaginales, ya que se obtuvo un alto índice de gestación en animales que presentaron estrés por clima y déficit de nutrición, y el coste por vaca preñada es bajo en comparación con protocolos alternativos.

- Se recomienda poner en marcha prácticas de gestión eficaces, como una dieta equilibrada y un programa sanitario completo, para incluir las biotecnologías reproductivas en los sistemas de producción.
- Se recomienda aumentar el valor nutritivo de los potreros utilizando especies forrajeras mejoradas para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales y evitar las dificultades reproductivas causadas por la falta de alimento.
- Se recomienda aumentar el número de unidades experimentales para adquirir más datos que ayuden y mejoren el análisis estadístico.

Bibliografía

- Bó, G. A., y Cutaia, L. (2023). Estado del arte en IATF: Factores que afectan sus resultados. *Revista Syntex SA*, 13(2). <https://docplayer.es/23556018-Estado-del-arte-en-iatf-factores-que-afectan-sus-resultados-g-a-bo-12-y-l-cutaia.html>
- Bó, G., y Baruselli, P. (2002). Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en el ganado bovino en regiones subtropicales y tropicales. In A. Gabriel (Ed.), *Avances en la ganadería de doble propósito* (Vol. 1, pp. 498–514). Universidad de Los Andes. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/38349>
- Callejas, S., Uslenghi, G., Catalano, R., Larghi, J., y Cabodevila, J. (2014). Comparación de dos protocolos para sincronizar ovulación e implementar inseminación artificial en vaquillonas. *Revista Veterinaria*, 25(2), 100–104. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/502/436>
- Canacuán, S. (2016). *Evaluación de la reutilización de implantes intravaginales de progesterona de segundo y tercer uso; en vaquillas Brown Swiss mestizas, en programas de inseminación artificial a tiempo fijo* [Informe final de investigación, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13181>
- Carvajal, A., y Martínez, E. (2020). El ciclo estral en la hembra bovina y su importancia productiva. *Revista Del Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 34(2), 1–4. https://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5f739ec4a0051.pdf
- Castañón, W. (2022). *Evaluación del protocolo de resincronización de celo con dispositivos intra vaginales nuevos y de segundo uso, sobre el porcentaje de preñez de vacas lecheras inseminadas a tiempo fijo, San Ignacio, Beni* (Issue 1) [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/30155>

- Castro, O. (2013). *Efecto de la resincronización de celo con dispositivo intravaginal bovino (CIDR) y detección temprana de preñez mediante ecógrafo en vacas lecheras* [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7245>
- Cutaia, L., y Bó, G. (2006). Uso de la Tecnología de IATF en rodeos lecheros. *Revista Sitio Argentino de Producción Animal*, 1(1), 1–14. https://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/101-iatf_en_rodeos_lecheros.pdf
- España, F., Pérez, C., Rodríguez, I., Dorado, M., y Hidalgo, M. (2004). Comparative Evaluation of Early Pregnancy Diagnosis in Cattle by Progesterone Concentration and Luteal Ultrasonography. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 14(1), 20–27.
<https://smujo.id/biodiv/article/download/7653/4705/39220>
- Gutiérrez, J. (2008). Hormonas de la Reproducción Bovina. In *Desarrollo Sostenible de Ganadería Doble Propósito* (pp. 515–517).
http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollosost/pdf/capitulo_42.pdf
- Ionita, E. (2022). *La producción de leche en Ecuador*. Recuperado El 10/06/2023.
<https://www.veterinariadigital.com/articulos/la-produccion-de-leche-en-ecuador/>
- Jiménez, A. (2019). *El ciclo estral bovino*. Recuperado El 10/06/2023.
<https://bmeditores.mx/ganaderia/el-ciclo-estral-bovino-2163/>
- Layme, P., y Málaga, J. (2019). Efecto de GnRH y eCG en la tasa de concepción y niveles de progesterona en vacas inseminadas a celo natural. *Revista de Investigaciones de La Escuela de Posgrado Universidad Nacional Del Altiplano*, 8(3), 1164–1172.
<http://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/1007/263>
- López, J. (2019). *Efecto de la Gonadotropina coriónica equina (eCG) sobre el porcentaje de concepción en ganado bovino doble propósito en el Triunfo-Guayas* [Trabajo de

titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15924/1/T-IASA%20I-005484.pdf>

Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2014). *MAE ejecuta proyecto sobre manejo de ganadería sostenible – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Recuperado El 06/07/2023. <https://www.ambiente.gob.ec/mae-ejecuta-proyecto-sobre-manejo-de-ganaderia-sostenible/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2023). *Producción Pecuaria en América Latina y el Caribe*. Recuperado El 06/08/2023. <https://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/>

Orozco, M., Oñate, F., y Larrea, C. (2023). Evaluación de dos implantes intravaginales (DIB-CIDR-B) en la sincronización en vaconas holstein de reemplazo. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 1(1), 2–9. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/07/vaconas-holstein-reemplazo.html> //hdl.handle.net/20.500.11763/caribe1807vaconas-holstein-reemplazo

Pacheco, C., y Rajo, E. (2012). *Inducción del celo y porcentaje de preñez en vaquillas de razas lecheras implantadas con dispositivos intravaginales y diferentes tiempos de aplicación de la PGF 2 α* [Proyecto especial de graduación. Universidad Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1089>

Palma, G. (2001). *Bioteología de la Reproducción* (Vol. 1). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <https://doi.org/987-43-3779-6>

Pérez de la Ossa, J. (2007). *Tasa de preñez en vacas con dispositivos intravaginales CIDR nuevos y usados dos o tres veces por siete días, en la Hacienda Santa Elisa, El Paraíso, Honduras* [Proyecto especial de grado, Universidad Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/742>

- Roche, J. F., Ireland, J. J., Boland, M. P., y McGeady, T. M. (1985). Concentrations of luteinising hormone and progesterone in pregnant and non-pregnant heifers. *Revista: The Veterinary Record*, 116(6), 153–155. <https://doi.org/10.1136/vr.116.6.153>
- Sintex. (2005). *Fisiología Reproductiva del Bovino*. Recuperado El 10/08/2023. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/71-fisiologia_reproductiva_del_bovino.pdf
- Vega, D. (2018). *Efecto del plasma seminal de llama (Lama glama), sobre la tasa de ovulación y formación de cuerpos lúteos accesorios en vacas* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14242>
- Vela, D. (2012). *Manual de Inseminación Artificial en Bovinos* (Vol. 1). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Wettemann, R. P., y Hafs, H. D. (1973). LH, prolactin, estradiol and progesterone in bovine blood serum during early pregnancy. *Revista de Ciencia Animal*, 36(1), 51–56. <https://doi.org/10.2527/jas1973.36151x>