



Análisis de la eficiencia de la inseminación artificial transvaginal mediante el equipo inseminador artificial visual en hembras bovinas

Vilatuña Soria, Jennifer Salome

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Vela Tormen, Diego Alonso Mgs.

08 de agosto del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **Análisis de la eficiencia de la inseminación artificial transvaginal mediante el equipo inseminador artificial visual en hembras bovinas** fue realizado por la señorita **Vilatuña Soria, Jennifer Salomé**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 08 de agosto del 2022



DIEGO ALONSO
VELA TORMEN

Ing. Vela Tormen, Diego Alonso Mgs.

C.I. 1707754535



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo **Vilatuña Soria Jennifer Salomé**, con cédula de ciudadanía No. **1724687932**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Análisis de la eficiencia de la inseminación artificial transvaginal mediante el equipo inseminador artificial visual en hembras bovinas**, 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, 08 de agosto 2022

Vilatuña Soria, Jennifer Salomé

C.I. 1724687932



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo **Vilatuña Soria Jennifer Salomé**, con cédula de ciudadanía No. **1724687932** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Análisis de la eficiencia de la inseminación artificial transvaginal mediante el equipo inseminador artificial visual en hembras bovinas**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 08 de agosto 2022

A handwritten signature in blue ink is positioned above a horizontal dashed line. The signature is cursive and appears to read 'Jennifer Salomé Vilatuña Soria'.

Vilatuña Soria, Jennifer Salomé

C.I. 1724687932

Resultados de las herramientas para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

Tesis_Vilatuña.docx

Scanned on: 21:34 August 5, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	223
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	0
Omitted Words	1506



Presentado al curso de certificación por:
**DIEGO ALONSO
VELA TORMEN**

Ing. Vela Tormen, Diego Alonso Mgs.

C.I. 1707754535

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mis padres Emilio Vilatuña y Susana Soria, quienes son la esencia de mi vida, cada enseñanza y reflexión que me brindan en familia las guardo en mi corazón y serán las mismas que compartiré con mis hijos en el futuro, para siempre recordar las maravillosas y sabias personas que tengo como padres.

A mis hermanos Alexander y Jair que siempre han cuidado de mí y han sido cómplices de muchas travesías marcadas en mi vida. Nunca estuve sola porque siempre tuve a mis compañeros de vida y a pesar de ser tan distintos, siempre fuimos unidos y puedo asegurar que no habrá percance alguno que nos llegue a separar.

A mi hermana y mejor amiga Julieth, la que me impulsa a ser mejor cada día, la que siempre ha tomado mi mano y me ha acompañado para disfrutar hasta los pequeños detalles de la vida. Por cada sueño que nos hemos planteado juntas y por cada sonrisa que nunca faltaron en mi día a día.

Al ser que llegó en el momento más idóneo en mi vida, tocando una parte de mi ser que no sabía que existía, haciéndome una persona más sensible, amorosa y cariñosa. Me recibe con alegría y emoción, denotando su gran amor hacia mí, haciendo de mis días más reconfortantes, mi China preciosa.

Todos ustedes son el impulso y el motivo de haber llegado a donde estoy y prometo que no me detendré aquí, y llegaré hasta donde Dios me lo permita, sin olvidarme del valor de una familia unida y llena de amor, como lo hemos llevado haciendo hasta el día de hoy. Siempre trabajaré duro para que estén muy orgullosos de mí.

Jennifer Salomé Vilatuña Soria

Agradecimiento

Agradezco a mis padres Emilio Vilatuña y Susana Soria, por apoyarme desde el comienzo de mi formación académica, anteponiendo las necesidades de sus hijos siempre. A mis hermanos Alex, Jair y Julieth por nunca dejarme rendir y por recordarme que tengo la capacidad para poder lograr superar cualquier percance que se presente y aligerar mis cargas en los momentos de mayor tensión.

Agradezco a la universidad de las fuerzas Armadas-ESPE por brindarme las instalaciones de la hacienda “El Prado” para poder realizar mi trabajo de titulación y por acogerme durante todos estos años de mi formación. Al cuerpo docente de la carrera de ingeniería agropecuaria que han sido un aporte fundamental para mi formación como profesional.

Al Ing. Diego Vela que me ha ayudado como tutor de este proyecto, guiándome durante todo el desarrollo y en la toma de decisiones del estudio. Al Ing. Julio Pazmiño y al Dr. Román Ron por brindarme su ayuda y orientación para terminar este trabajo con éxito. Al Dr. Santiago Ulloa, por colaborar como biometrista del estudio, encontrándose siempre disponible y dispuesto a colaborar con sus estudiantes a pesar de la distancia.

A mis amigos de la universidad que me han llevado a conocer nuevas experiencias en mi vida. A mi amiga Anita, por todos los años que hemos compartido juntas y por estar conmigo desde el inicio de nuestras carreras, permitiéndome estar en los momentos más importantes de su vida.

Jennifer Salomé Vilatuña Soria

Índice de contenidos

Caratula	1
Certificación	2
Responsabilidad de Autoría	3
Autorización de Publicación	4
Resultados de las herramientas para verificación y/o análisis de similitud de contenidos	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de contenidos	8
Índice de tablas	13
Índice de figuras	14
Resumen	15
Capítulo I	17
Introducción	17
Antecedentes	17
Justificación	18
Objetivos	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos	20

Hipótesis	20
Capítulo II.....	21
Revisión de literatura o marco referencial.....	21
Inseminación artificial	21
Ventajas	21
Desventajas.....	22
Momento óptimo de la inseminación artificial	23
Blanco del inseminador	24
Importancia del sitio de deposición del semen	25
Almacenamiento del semen.....	27
Descongelamiento del semen	27
Métodos de inseminación	28
Inseminación artificial rectovaginal.....	28
Inseminación artificial transvaginal.....	28
Equipo de inseminación artificial visual.	29
Características del equipo de inseminación visual	30
Procedimiento para el uso del equipo inseminador visual.....	31
Factores que afectan la eficiencia de la Inseminación Artificial	31
El ciclo estral de la vaca	34
Estro	34
Metaestro	35

	10
Diestro.....	35
Proestro	35
Detección de celos y signos del celo	36
Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).....	37
Ventajas de la IATF	37
Sincronización del celo	38
Protocolo de sincronización utilizando dispositivos intravaginales CIDR B	38
Uso de eCG en Protocolos de sincronización utilizando dispositivos intravaginales CIDR B.	39
Efecto de las hormonas exógenas en el ciclo hormonal.....	40
Inserción del dispositivo intravaginal.	40
Primera dosis de 2 mg BE.	41
Retiro del dispositivo intravaginal y 2 ml de D- cloprostenol.	41
Dosis de 400 UI de eCG.	41
Segunda dosis de 1 mg de BE.	42
Diagnóstico precoz de gestación	42
Diagnóstico de gestación por ecografía	42
Modo de utilización del ecógrafo.....	43
Errores.....	44
Ventajas de los diagnósticos tempranos con ecógrafo.	45
Ecógrafo draminski iscan 2.....	45
Palpación del útero por vía rectal	46
Muerte embrionaria.....	46
Causas de mortalidad embrionaria	47

	11
Capítulo III.....	50
Metodología	50
Diseño experimental	50
Población y muestra.....	51
Factores en estudio.....	51
Variable a analizarse	51
Ubicación y características del área de estudio	52
Materiales y Métodos	53
Materiales	53
Metodología.....	54
Selección y categorización del grupo de animales.	54
Aplicación del protocolo de Sincronización.....	54
Inseminación artificial.	55
Confirmación de gestación por ecografía.....	59
Chequeo ginecológico por palpación rectal.	60
Análisis estadístico	60
Capítulo IV	62
Resultados y discusión	62
Tiempo de servicio	62
Porcentaje de concepción	66
Factibilidad.....	69
Capítulo V	71

Conclusiones y recomendaciones	71
Conclusiones	71
Recomendaciones	72
Bibliografía.....	73

Índice de tablas

Tabla 1 Tasas de concepción en % de vacas inseminadas a diferentes tiempos.....	24
Tabla 2 Espermatozoides recuperados desde el tracto reproductivo de vaquillonas Hereford...	25
Tabla 3 % de fertilización después de ligar y seccionar el istmo de después del servicio	26
Tabla 4 Determinación de la edad por el largo del feto / embrión	43
Tabla 5 Disposición del experimento en campo	51
Tabla 7 Tiempo en minutos del servicio de inseminación del tratamiento 1.....	62
Tabla 8 Tiempo en minutos del servicio de inseminación del tratamiento 2.....	63
Tabla 9 Prueba t-student variable tiempo de servicio de inseminación	64
Tabla 10 Número de vacas preñadas, primer y segundo diagnóstico.....	66
Tabla 11 Porcentaje de vacas preñadas, primer y segundo diagnóstico.....	66

Índice de figuras

Figura 1 Equipo de inseminación visual	31
Figura 2 Principales cambios ováricos y hormonales durante las diferentes etapas.	36
Figura 3 Esquema de protocolo de sincronización con dispositivos intravaginales CIDR-B	39
Figura 4 Esquema de protocolo de sincronización con dispositivos intravaginales CIDR B y eCG	40
Figura 5 Localización geográfica de la hacienda el Prado- IASA, Ganadería	53
Figura 6 Esquema del protocolo de sincronización empleado para el estudio.	55
Figura 7 Servicio de inseminación artificial rectovaginal	56
Figura 8 Fotografía cervical de la vaca número 1115 del T2.	58
Figura 9 Servicio de inseminación artificial transvaginal, con el equipo inseminador visual.	58
Figura 10 Ecografía utero de la vaca número 1512 del T2 con 35 días de edad	60
Figura 11 Tiempo de servicio en minutos entre tratamientos	65
Figura 12 Porcentaje de vacas preñadas y vacías, a los 40 días post inseminación	67
Figura 13 Porcentajes de vacas preñadas y vacías, a los 60 días post inseminación.....	68

Resumen

El trabajo de investigación se realizó en la provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando, Hacienda el Prado – IASA I. Se seleccionaron 28 hembras bovinas del cruce de la raza Holstein con Montbeliarde. Las vacas seleccionadas se encontraban en un grado de 2,5 a 3,5 de condición corporal, segundo y cuarto parto, entre cuatro a siete años de edad y no presentan un historial de problemas reproductivos. Estas fueron divididas en 2 tratamientos, correspondientes a T1 para las hembras servidas mediante la técnica de inseminación rectovaginal y T2 para las hembras servidas con la técnica de inseminación transvaginal, con 14 repeticiones para cada tratamiento, en donde una vaca corresponde a la unidad experimental. Para la sincronización, se realizó un protocolo de inseminación convencional utilizando dispositivos intravaginales CIDR. El día 0 se colocó un dispositivo intravaginal CIDR Sincrogest más una inyección intramuscular de 2 mg de BE (Benzoato de estradiol). Se procedió a retirar el dispositivo el día 8 y se suministró 0,15 mg de D- Cloprostenol + 400 UI de ECG (Novormon). El día 9 del protocolo se aplicó intramuscularmente 1mg de Benzoato de estradiol. Y por último el día 10 las vacas fueron sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo dentro de las 52 a 56 horas después de haber retirado el dispositivo. Después de 40 días post inseminación se realizó el primer diagnóstico mediante ecografía, obteniendo los siguientes datos: T1 con 7 hembras preñadas y 7 vacías y el T2 con 8 vacas preñadas y 6 vacías. A los 60 días se realizó un segundo diagnóstico siendo este el definitivo, con 7 vacas vacías y 7 preñadas para el T1 manteniendo los mismos resultados que el primer diagnóstico y con 6 vacas preñadas y 8 vacías en el T2. Equivaliendo a un 50 % de concepción en el T1 y un 42,86 % de concepción en T2.

Palabras clave: inseminación transvaginal bovina, equipo inseminador visual, ecografía.

Abstract

The research was made in Pichincha province, Canton Rumiñahui, Parroquia San Fernando, Hacienda El Prado- IASA I. 28 bovine females were selected of the crossbreed Holstein and Montbeliarde. The selected cows had a body condition of 2,5 to 3.5 degrees, second and fourth born, between fourth and seven years old, without a history of reproductive problems. Those 28 cows were divided by 2 treatments, corresponding to T1 for the females where rectovaginal inseminations was used and T2 for females that received transvaginal insemination with 14 repetitions for every treatment where one cow corresponds to the experimental unit. Synchronization was made by conventional insemination using intravaginal dipositive (CIDR). In day 0, intervaginal dipositive CIDR Synchrogest was placed plus 2 mg intramuscular injection of BE (Benzoate of Estradiol). On day 8, the remove of the dipositive was made, 0,15 mg of D-Cloprednol +400 UI of ECG (Novormon) were used. On day 9 of the protocol instramasculants was used 1 mg of Benzoate of Estradiol. On day 10, the cows where subjected to artificial insemination between 52 to 56 hours of fixed time after the remove of the dipositive. 40 days after the insemination, the first diagnosis was made using ultrasound getting the following results: T1: 7 females pregnant and 7 without results. T2: 8 females pregnant and 6 without results. On the 60th day a second diagnostic was made, been this the last one, with a result of 7 cows empty and 7 pregnant for the T1 treatment, and 6 cows pregnant and 8 empties with the T2 treatment, showing the same results as the first diagnosis. Equivalent to 50% conception in T1 and 42.86% conception in T2.

Keywords: transvaginal Insemination Bovine, visual inseminator equipment, ultrasound.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Los productores ganaderos se enfrentan a diversos problemas en el sector, pero la baja tasa de concepción es uno de los principales problemas que más impacta en el área ganadera. El porcentaje de concepción depende de la eficiencia reproductiva, la que, a su vez, está relacionada con la nutrición, el manejo, la correcta detección del celo y la técnica de inseminación artificial implementada. La inseminación artificial (IA) es la técnica reproductiva más empleada en el sector ganadero mundial y nacionalmente. Los resultados favorables ante una inseminación artificial están relacionados principalmente al buen manejo de los protocolos de detección del celo o estro. En Ecuador el protocolo más implementado es el AM-PM, es decir, si la vaca identificada presenta celo en la mañana será inseminada por la tarde y viceversa. Para este tipo de protocolos se necesita de personal capacitado, al existir errores por parte del personal, por lo general una identificación de estro tardío, la eficiencia reproductiva disminuirá y por consiguiente la tasa de concepción bajará, representando grandes pérdidas económicas en la producción (Duarte, 2018).

La técnica de inseminación artificial implementada también es un factor que tiene un impacto directo en la tasa de concepción. Generalmente en el país se implementa la técnica rectovaginal, que se lleva a cabo únicamente por personal capacitado y/o profesional, esto se debe a que el manejo de esta inseminación artificial es complejo, desde un conocimiento claro sobre la anatomía del aparato reproductor, como del entrenamiento y experiencia por parte del mismo. El estrés y malestar en las vacas es evidente, ya que esta técnica, no solo puede llegar a lastimar el recto, también debido a una mala manipulación del equipo de inseminación se puede lacerar la mucosa de cérvix y cometer errores por parte del inseminador al depositar el semen fuera del lugar específico provocando un alto cuadro de estrés en el animal y afectando así la tasa de concepción (Guarneros & Zárate, 2014).

La inseminación transvaginal, es una técnica muy poco aplicada dentro del sector ganadero a nivel nacional, esto se debe a la falta de información y al desconocimiento frente al mismo. Esta técnica ha demostrado generar menos estrés en el animal, además de ser más fácil de implementar que la técnica tradicional (Suárez, 2015).

Justificación

La inseminación artificial tiene una gran importancia en el mejoramiento genético del ganado bovino, cuya práctica es un requisito indispensable y necesario para obtener animales altamente productivos en un lapso de tiempo corto. Por consiguiente, la inseminación artificial tiene un rol importante en la reproducción bovina, de aquí la necesidad de implementar técnicas que aprovechen al máximo los beneficios de la práctica como el incremento de la tasa de concepción, costos, tiempo, productividad, rentabilidad y mano de obra (Marizancén & Artunduaga, 2017).

El insuficiente entrenamiento del personal, el desconocimiento de nuevas técnicas y el tiempo de la ejecución de la técnica son las principales causas que generan el incremento de los costos por inseminación improductiva, el incremento del número de servicios por concepción y la viabilidad del semen, lo que reducen la eficiencia del servicio de la inseminación artificial. En el campo de la inseminación artificial, es muy poco observable el trabajo de técnicos o personal capacitado femenino, esto se debe a que, para la técnica convencional, no solo se necesita de conocimiento, también de destreza y agilidad que la mayoría de veces en el caso de las mujeres, se complica la práctica por la estatura o el largo del brazo, que va en el recto para la identificación del cérvix (Guarneros & Zárate, 2014).

La inseminación artificial transvaginal a pesar de ser una técnica desconocida y poco aplicada en Ecuador, países como México, Colombia y Bolivia han llevado implementando en trabajos de investigación en grandes y pequeñas ganaderías de sus respectivos países, obteniendo resultados positivos, en el porcentaje de concepción y el tiempo de servicio, demostrando que esta técnica puede

ser implementada por personas con poca experiencia en cuanto a estas técnicas reproductivas, debido a que la factibilidad de la técnica, no solo reduce el estrés en el animal, también se logra depositar el semen en un tiempo menor al de la técnica convencional, conservando la viabilidad del mismo (Suárez, 2015).

Bajo este contexto es necesario buscar alternativas, que sean de apoyo para las mujeres y personas que han tenido complicación al llevar a cabo esta práctica, con el método tradicional de inseminación recto vaginal y, sobre todo, para los estudiantes que están empezando a familiarizarse con el tema. El equipo para la inseminación artificial transvaginal visual, al tener una pantalla digital, hace que la práctica sea mucho más fácil y sencilla de realizar. La pantalla ayuda a identificar el cérvix sin necesidad de insertar una mano en el recto del animal y no causa dolor alguno. Si bien este equipo representa un costo importante, el mismo es compensado ampliamente por la disminución de errores en la práctica y la reducción de estrés en las vacas, generando mayores porcentajes de preñez, y por consiguiente mejorías en la producción. Este tipo de técnica reproductiva al ser de última tecnología ha tenido una gran acogida por los grandes países ganaderos como Rusia, Alemania y Suecia. Pero a pesar de ser un gran avance en el área reproductiva pecuaria, muchos países aún desconocen de este tipo de equipos. Pese a que el país vecino Colombia ya implementa esta tecnología en sus producciones ganaderas y han presentado resultados favorables, en Ecuador se desconoce la utilización de este tipo de equipos de inseminación artificial en bovinos, una de las causas es la falta de actualización en tecnología reproductiva y la falta de interés en el campo reproductivo pecuario (Perulactea, 2011).

Por este motivo en la presente investigación se propone evaluar la eficiencia de la inseminación transvaginal con el equipo de inseminación artificial visual en comparación a la inseminación convencional.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la eficiencia de la inseminación artificial transvaginal con el equipo inseminador artificial visual, comparado con la técnica de inseminación tradicional en hembras bovinas.

Objetivos específicos

Establecer el tiempo de ejecución de la inseminación artificial bovina mediante los métodos: transvaginal y rectovaginal.

Determinar el porcentaje de concepción, mediante ecografía a los 40 días post inseminación y por palpación rectal a los 60 días post inseminación por los métodos transvaginal y rectovaginal.

Determinar la factibilidad del uso del equipo inseminador artificial visual, en la técnica de inseminación transvaginal en bovinos.

Hipótesis

Hi. La eficiencia (Tiempo de ejecución y porcentaje de concepción) de la técnica de inseminación artificial transvaginal con el equipo inseminador artificial visual, es superior a la eficiencia alcanzada con la técnica tradicional rectovaginal.

Ho. La eficiencia (Tiempo de ejecución y porcentaje de concepción) de la técnica de inseminación artificial transvaginal con el equipo inseminador artificial visual, no es estadísticamente diferente a la eficiencia alcanzada con la técnica tradicional rectovaginal.

Capítulo II

Revisión de literatura o marco referencial

Inseminación artificial

La inseminación artificial es la sustitución del apareamiento natural, para la reproducción y obtención de crías, sin el contacto directo entre la hembra y el macho. Para este método de reproducción se extrae el semen del macho, para posteriormente diluirlo y poder ser conservado por más tiempo, luego mediante instrumentos especiales y la técnica correcta, se deposita el semen en el lugar y momento preciso del aparato reproductor de la hembra, para lograr la preñez (Robson et al., 2004).

La inseminación artificial era considerada una práctica costosa y poco efectiva, debido a los factores de importancia a considerar para tener buenos resultados como la detección del celo, el correcto manejo de la técnica de inseminación, la calidad y conservación del semen, la experiencia y destreza del inseminador, etc. Pero en la actualidad el conocimiento y las técnicas en esta área han mejorado, por lo cual, los ganaderos han hecho a un lado la práctica de dejar el toro junto a las vacas y esperar la monta natural, por implementar técnicas de inseminación artificial, disminuyendo costos de mantenimiento del macho y aumentando la producción a nivel general (Laguna, 2019).

Ventajas

La inseminación artificial brinda diversas ventajas, las cuales se mencionan a continuación:

Mejoramiento genético: mediante el uso de semen de toros de raza genéticamente superiores, estrictamente seleccionados y de excelente calidad, para obtener descendencia con características de interés económico y productivo a un costo razonable (Robson et al., 2004).

Máximo aprovechamiento del macho: en la monta natural se utiliza un 3 a 4 % de toros para el servicio, es decir, un toro puede montar entre 25 a 35 vacas por temporada de servicio, con un promedio de 150

a 200 vacas al año, mientras que, en la inseminación artificial, de un eyaculado se puede inseminar o servir entre 200 a 300 vacas (Robson et al., 2004).

Control de enfermedades venéreas: la inseminación artificial permite el control de enfermedades como vibriosis, compilobacterium y tricomoniasis, IBR, entre otras al evitar el contacto directo entre el macho y la hembra. Las dosis de semen antes de ser comercializadas, pasan por un control estricto de calidad y enfermedades que son transmitidas generalmente durante la copulación (Suárez, 2015).

Control más estricto de los vientres: para implementar una técnica de inseminación artificial, se debe identificar el ganado con el que se va a trabajar, permitiendo conocer y estar familiarizado con el comportamiento reproductivo de los vientres. Por ende, será más fácil identificar las vacas con problemas reproductivos, con mayores dificultades para concebir, así como también conocer con exactitud la fecha del parto (Jaime, 2018).

Prescindir del macho reproductor: el mantenimiento de un toro es difícil en la mayoría de los casos, por la competencia de alimento o forraje, por la complicación del manejo y sobre todo por el peligro que genera el tener en la producción un toro que generalmente es difícil de manejar. Además, se prescinde de machos que por su tamaño dificultan el servicio, como, por ejemplo, toros grandes que hacen daño a vacas, o toros muy pequeños que no pueden servir a vacas grandes (Giraldo, 2007).

Costos: los resultados obtenidos en relación al bajo costo del semen y el bajo costo del servicio, es la principal ventaja de interés por parte de los productores ganaderos, a su vez, existen menores riesgos asociados con la monta natural (Giraldo, 2007).

Desventajas

Personal experto: se necesita de personal capacitado, tanto para la implementación de la técnica de inseminación artificial, así como la adecuada identificación del celo.

Inversión inicial: al empezar con un programa de inseminación artificial, la compra de equipos, como pistola de inseminación, tanque de nitrógeno, lugar de almacenamiento, así como el establecimiento, es considerado una inversión alta (Robson et al., 2004).

Manejo de pajuelas: se debe cumplir con un protocolo de almacenamiento estricto para el mantenimiento del semen, caso contrario se verá afectada la viabilidad y calidad del mismo. Si no se tiene un buen manejo del nivel de nitrógeno o no se realiza bien la práctica de descongelación, el porcentaje de concepción se ve afectado en gran manera. (Robson et al., 2004).

Objetivos no claros: al no tener objetivos claros, se cometen errores en la selección de las pajuelas del toro reproductor, por consiguiente, la producción se ve afectada negativamente.

Diseminación de enfermedades: la mala manipulación, practicada y control sanitario tanto del inseminador como del semen, genera la diseminación de enfermedades, que afectan a la productividad y salud de la vaca, generando más costos y pérdidas por el tratamiento de las misma (Sumba, 2012).

Momento óptimo de la inseminación artificial

La preñez se logra, cuando se ha depositado el semen en el lugar adecuado y en el momento óptimo (Hidalgo et al., 2018).

El celo en las vacas a diferencia de otras hembras domésticas no coincide con la ovulación, el óvulo es liberado de 10 a 14 horas luego de concluir el celo y es fértil por 6 a 12 horas. El espermatozoide antes de cumplir su rol de fecundar el óvulo, pasa por un proceso de adaptación dentro del aparato reproductivo, que dura alrededor de 4 a 6 horas y puede vivir hasta 24 horas. La regla AM-PM o mañana-tarde es la más implementadas en el país, que consiste en observar la manifestación del celo en las vacas, si llegan a presentar el celo en la mañana, se procede a inseminar en la tarde, y si el celo se presenta en la tarde, la inseminación se realiza en la mañana del día siguiente, es decir, las vacas deben ser inseminadas dentro de 4 a 16 horas de haber sido identificado el celo (Hidalgo et al., 2018).

En la siguiente tabla se puede observar la variabilidad de la tasa de concepción, en relación al intervalo entre el celo y el momento de la inseminación artificial (tabla 1).

Tabla 1

Tasas de concepción en % de vacas inseminadas a diferentes tiempos

Intervalo entre Celo Estable e I.A. (horas)	Número de Inseminaciones	Tasa de Concepción (%)
0 to 4	327	43.1
>4 to 8	735	50.9
>8 to 12	677	51.1
>12 to 16	459	46.2
>16 to 20	317	28.1
>20 to 24	139	31.7
>24 to 26	7	14.3

Nota: Hidalgo et al., 2018.

Blanco del inseminador

El Blanco del inseminador, es el lugar en donde debe ser depositado el semen, para obtener buenos porcentajes de concepción. La inseminación intracervical utilizado en la técnica rectovaginal o tradicional, consiste en atravesar con una cánula el canal cervical, y colocar el semen entre donde termina el cérvix y comienza el útero, este sería el blanco del inseminador (Grasso et al., 2012).

Para que el espermatozoide pueda fecundar el óvulo, éste debe pasar por diversas pruebas, entre ellas las barreras físicas generadas por los estrechamientos y pliegues del cérvix, generalmente el espermatozoide toma el mayor tiempo para cruzar esta zona, al colocar el semen en el blanco del inseminador, el espermatozoide toma menos tiempo en llegar a la trompa de Falopio u oviducto por consiguiente, hay mayores posibilidades de preñez y por este motivo es la técnica más implementada en el sector ganadero (Cabodevila, 2009).

Importancia del sitio de deposición del semen

Cabe recalcar que únicamente una pequeña porción del esperma depositado en el tracto reproductivo de la vaca logra llegar al ámpula, el sitio donde ocurre la fecundación del óvulo, un gran porcentaje de los espermatozoides son eliminados al exterior mediante la mucosa cervical (Bó et al., 2008).

Bó et al., (2008). Mencionan en su trabajo de investigación los resultados obtenidos en relación a la recuperación del semen, después de ser depositado en el cuerpo del útero de la vaca. A las dos horas post inseminación fue de 14,6%, del cual un 98,5% del mismo se encontraba en la vagina y el cérvix. El resultado obtenido en la recuperación del semen a las 12 horas post inseminación fue únicamente del 0,6%, del cual el 73,7% se recuperó de la vagina y el cérvix.

En un trabajo de investigación, utilizando vacas Hereford. Se depositó 2 billones de espermatozoides en la cavidad vaginal de la vaca, simulando lo más proximal a la deposición del semen de macho reproductor en una monta natural. Después de intervalos de tiempo (1 hora, 8 horas y 24 horas), se realizó necropsia de las vacas para recuperar los espermatozoides en el cuerpo uterino, los resultados fueron los siguientes: Del 100% de los espermatozoides depositados, a la 1 hora post inseminación se recuperó 13,4%, a las 8 horas post inseminación la recuperación fue del 3,8% y a las 24 horas únicamente fue del 0,9%. Los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Espermatozoides recuperados desde el tracto reproductivo de vaquillonas Hereford

Tiempo desde IA	Totales	%	Vagina	Cérvix	Útero	Unión útero tubárica	Oviducto
(h) ¹	(10 ⁶)	(%)	(10 ⁶)	(10 ⁶)	(10 ⁶)	(10 ³)	(10 ³)
1	269	13.4	207	59	2.9	40	24
8	76	3.8	51	20	5.3	150	200
24	18	0.9	10	5	2.7	60	15

Nota. Fuente: Bó et al., 2008.

Al parecer la fertilización no está relacionada con los espermatozoides que se transportan rápidamente a los oviductos después de la inseminación artificial o servicio. Según los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de fertilización después de ligar y seccionar el istmo, se demostró que los espermatozoides que son capaces de fertilizar, son aquellos que llegan a las 8 horas después del servicio o de la inseminación, pero este a su vez es almacenado en el istmo por 18 horas, hasta el momento de la ovulación. Los resultados se muestran en la tabla 3 (Bó et al., 2008).

Tabla 3

% de fertilización después de ligar y seccionar el istmo de después del servicio

Intervalo del servicio a la ligadura	Ovocitos		
	Recuperados	Fertilizados	
(h)	(N)	(N)	(%)
6	11	1	9
8	10	4	40
10	12	5	42
12	10	7	70

Nota: Bó et al., 2008.

Al tener en cuenta que una dosis seminal comercial para la inseminación artificial, tiene entre 10 y 30 millones de espermatozoides, dependiendo de la casa comercial y de la fertilidad del macho, a las 24 horas post inseminación llegan al útero entre 10.000 y 100.000 espermatozoides. Además de este dato, se debe estimar la pérdida producida por la manipulación y deposición del semen. Estos datos son importantes al considerar el tipo de inseminación a implementar, ya que la cantidad de espermatozoides viables que lleguen al ámpula dependerá del sitio de deposición ya sea transvaginal o intrauterino y de la manipulación al momento del descongelamiento, al igual que el tiempo que se tarda en realizar el servicio (Bó et al., 2008).

Almacenamiento del semen

La preservación a bajas temperaturas es el factor importante para mantener los espermatozoides intactos por largos periodos de tiempo. Para conservar el máximo de la fertilidad del semen, la temperatura para el almacenamiento debe estar por debajo de $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ en todo momento. Cuando la temperatura supera los $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$, el semen sufre un daño irreversible en los espermatozoides debido a la formación de los cristales durante la congelación, también conocido como el fenómeno de la recristalización. Para evitar este tipo de daños, es recomendable manipular el semen lo más rápido posible dentro del termo, sin exponer a las pajuelas al viento y a los rayos solares (Bó et al., 2017).

Recomienda que el semen debe ser almacenado en termos de nitrógeno líquido a una temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un nivel de nitrógeno no inferior a los 12 centímetros, con una periódica supervisión por parte del personal encargado de la manipulación del termo. El semen almacenado en estas condiciones puede permanecer viable y fértil durante 10 a 15 años (Vela & García, 2009).

Descongelamiento del semen

Existen diferentes protocolos para el descongelamiento del semen y de esta práctica depende un gran porcentaje para el éxito de la inseminación artificial, por este motivo lo debe realizar únicamente personal capacitado y confiable. El protocolo más recomendado es utilizar agua a $35\text{-}37\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 30 segundos, para que las espermatozoides no sufran shock térmico. Si la inseminación artificial llegará a retrasarse por factores externo, se recomienda mantener las pajuelas en el mismo baño a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el momento del servicio, pero la inseminación debe realizarse dentro de los 15 minutos después del descongelamiento, puesto que a partir de ese momento la viabilidad y la motilidad del espermatozoide empieza a disminuir (Bó et al., 2017).

Métodos de inseminación

Inseminación artificial rectovaginal

Esta técnica se llama rectovaginal, puesto que con una mano se manipula el cérvix a través del recto y con la otra mano se introduce la pistola por la cavidad vaginal. La introducción de una mano en el recto del animal, es necesaria debido a que los dedos dirigen la pistola de inseminación hacia la abertura externa del cérvix. Cuando la pistola ya se encuentre dentro del cérvix, esta debe seguir siendo manipulada para pasar por los tres anillos cervicales. Cabe mencionar que se debe manipular la pistola con delicadeza y habilidad, debido a que se puede lastimar la mucosa y en situaciones graves se puede producir perforaciones. El semen se deposita una vez que ya se ha pasado el último anillo cervical, para verificar que la pistoleta está en el lugar adecuado, se puede sentir con la mano introducida por el recto del animal la punta de la pistola de inseminación (Rodríguez & Vargas, 2015).

El sitio en donde se deposita el semen para esta técnica de inseminación es intracervical profunda, es decir, el lugar donde termina el cérvix y empieza el útero. En cuanto a la inseminación rectovaginal este es el sitio más adecuado, puesto que los espermatozoides no deben cruzar las principales barreras de transporte y la eliminación a través de la mucosa cervical y vaginal es mínima. La mayoría de inseminadores piensan que depositan el semen en el cuerpo del útero, pero en realidad entre un 23% y 25% de las veces la deposición se realiza en el último tramo del cérvix (Vela & García, 2009).

Inseminación artificial transvaginal

La veterinaria boliviana de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, especializada en reproducción bovina, fue la creadora de esta técnica de inseminación artificial, siendo una alternativa efectiva para personas menos hábiles para este tipo de prácticas, como personas de tallas pequeñas, débiles, mujeres o aprendices (Perulactea, 2011).

Para esta técnica no se debe introducir el brazo por el recto, sino únicamente un espéculo por la vagina. Se utiliza un kit de inseminación conocido como “el torito”. Esta es una herramienta práctica y efectiva, que no necesita de personal estrictamente capacitado para poder realizar el servicio. Se utiliza un espéculo en forma de pico de pato, que es introducido delicadamente a nivel vaginal con el pico cerrado. Una vez ya bien ubicado el espéculo, se procede a abrir el pico de pato, para introducir la pipeta y con la ayuda de iluminación se puede identificar la entrada del cérvix, cuando la pipeta ingresa en el cérvix se deposita el semen. Esta técnica no solo reduce el estrés en la vaca, también se puede hacer el servicio en menor tiempo que el método convencional, presentando resultados superiores al 20% que la técnica rectovaginal (Perulactea, 2011).

El lugar de deposición del semen de esta técnica es a nivel vaginal, en la parte posterior del cérvix, en consecuencia, la pérdida de espermatozoides es mayor, debido a las diversas barreras por las que deben afrontarse. El cérvix es la primera barrera a la que se deben someter los espermatozoides en el aparato reproductivo femenino, esto se debe a que el canal endocervical secreta un moco que sirve como tapón bactericida. El estrógeno durante el celo, dilata al cérvix, permitiendo la salida de esta mucosa hacia el exterior, eliminando un gran porcentaje de los espermatozoides, que se encuentran en el interior del cérvix, así como también a los que se encuentran en la cavidad vaginal. Los espermatozoides demandan de mucha energía para lograr atravesar los pliegues, hendiduras y surcos, en consecuencia, la cantidad que llegan a cruzar el cérvix es mínima, es decir una gran parte de los espermatozoides son eliminados o se pierden durante el recorrido desde la vagina hasta el oviducto (Rosatti, 2013).

Equipo de inseminación artificial visual.

La pistola de Inseminación Artificial Visual es un equipo moderno, que se ha ido implementando en países con mejores producciones ganaderas. Al utilizar este equipo, el servicio de inseminación se puede realizar en menos tiempo, que al implementar la técnica de inseminación tradicional. El aprender

a utilizar esta pistola es mucho más fácil y rápido, puesto a que se aplica para la técnica de inseminación transvaginal y no rectovaginal, es decir, no es necesario aprender a insertar la mano en el recto, identificar el cérvix o pasar la pistola por los anillos del cérvix (Catálogo equipo de inseminación visual, 2021).

Características del equipo de inseminación visual

Material del endoscopio: acero inoxidable 304 y resina

Longitud total: 33 cm

Tubo de sonda endoscópica; A 33 cm – B: 27 cm

Tubo de sonda: acero inoxidable 304 quirúrgico

Diámetro del tubo de sonda: 18mm exterior – 16mm interior

Mango: 5 cm x 11 cm en resina poliéstrica

Diámetro del canal de inseminación: 7 mm acero inoxidable 304 quirúrgico

Tamaño de la pantalla: 4,5 pulgadas

Toma datos y graba video en una tarjeta micro sd 32 gb

Resolución: 2560 x 1920 (5mp) imagen full HD

Ángulo de la pantalla: ajustable

Lente de la cámara: gran angular de 180º impermeable

Grado: ip67

Macro foco: de 4 cm a 20 cm

Iluminación: 8 leds luz blanca fría con intensidad ajustable

Temperatura de funcionamiento de 10 °C a 50 °C

Humedad de funcionamiento: 15% a 85%

Fuente de poder: batería interna de lithium recargable 2.000 mAh

Tiempo de trabajo por carga: 3 horas (Catálogo equipo de inseminación visual, 2021).

Figura 1*Equipo de inseminación visual*

Nota: Catálogo equipo de inseminación visual, (2021)

Procedimiento para el uso del equipo inseminador visual

Una vez confirmado que el equipo tiene la batería cargada, se procede a armar y con la cámara encendida se verifica que todo esté en orden, después se introduce la pistola por la vulva de la hembra bovina, una vez introducida la punta se enciende la linterna para poder visualizar el interior de la cavidad vaginal de la vaca. Cuando se identifique el cérvix en la pantalla se procede a insertar el catéter ya preparado previamente con el semen, a través de la pistola y realizando pequeños movimientos, se intenta pasar algún anillo del cérvix o únicamente se deposita el semen en la entrada cervical, y por último se retira el catéter y posteriormente la pistola de inseminación (Catálogo equipo de inseminación visual, 2021).

Factores que afectan la eficiencia de la Inseminación Artificial

El porcentaje de concepción después de aplicar un plan de inseminación artificial, está influenciado por varios factores, los cuales tienen un efecto sobre la fecundación, implantación, preñez, etc. Afectando directamente la eficiencia de la inseminación. Estos factores son:

Mala detección del celo: Este factor es el más importante al considerar en un programa de inseminación artificial, por este motivo se debe hacer una correcta selección de la vaca, tomando en cuenta los signos del celo. Es importante contar con personal capacitado adecuadamente para este tipo

de trabajo y emplear el tiempo suficiente para la detección. La observación se recomienda realizar dos veces al día, una por la mañana y la otra por la tarde, por lo menos por 30 minutos en cada observación, para no dejar pasar por alto algún comportamiento clave de la presencia de celo. A raíz de la mala detección del celo, las hembras son inseminadas fuera del periodo de máxima fertilidad, afectando la tasa de preñez (Stahringer, 2013).

Fertilidad de la hembra: La fertilidad está directamente relacionada con el estrés. El cortisol liberado en situaciones de estrés, es inhibidor para la secreción de la hormona luteinizante, la cual está encargada en romper el folículo para que se dé la ovulación. La edad de la vaca a ser inseminada también es un factor que influye en la fertilidad. Las vacas que son servidas en el primer celo han presentado niveles de preñez bajos, eso se debe a que son menos fértiles que los siguientes celos (Stahringer, 2013).

Fertilidad del semen: Es importante seleccionar semen de calidad para utilizar en un programa de inseminación, ya que este es el 50% responsable para la fecundación y, por consiguiente, la concepción. El almacenamiento del semen congelado debe estar en óptimas condiciones desde la compra, hasta el momento de la inseminación. La descongelación del semen debe ser un proceso rápido, que debe ser llevado a cabo por personal capacitado por lo general el mismo inseminador, mientras menor sea el tiempo de descongelamiento, mayor será la fertilidad del semen (Adolfo & Mañoti, 2016).

Nutrición: Las vacas no deben ser sometidas a restricciones alimenticias, debido a que influye en el celo, en razón de que este puede llegar a disminuir drásticamente al mismo. Hay evidencia que demuestra que las vacas que no tienen apetito o que han ido perdiendo peso, presentan una tasa de fertilidad menor, por este motivo la condición corporal es otro factor que incide al momento de seleccionar una hembra para ser sometida a inseminación artificial. La condición corporal idónea debe ser no menos de 5 a 5,5 (Adolfo & Mañotii, 2016).

Eficiencia del inseminador: La suavidad y rapidez con la que se logra inseminar, ayuda a aumentar el porcentaje de preñez, puesto a que la vaca no es sometida a estrés. Si el inseminador realiza algún

movimiento o actividad que provoca estrés o asusta a la vaca, el porcentaje de preñez disminuye, de igual manera si el semen es depositado fuera del lugar asignado, el espermatozoide no podrá fecundar al óvulo (Adolfo & Mañotij, 2016).

Condiciones climáticas: Los animales siempre están en interacción con los procesos físicos y químicos de su cuerpo, y con el medio ambiente. El clima tiene una importante influencia en la producción bovina, desde el comportamiento hasta la salud del animal. Los bovinos a pesar de vivir adaptados a las condiciones ambientales a las que son expuestos, estos sufren estrés al ser sometidos a fluctuaciones climáticas como la temperatura o factores externos negativos. Para afrontar estos factores negativos climáticos, los animales se ven obligados a realizar modificaciones fisiológicas y comportamentales. Cuando el animal se encuentra fuera de su zona termoneutral, se manifiestan cambios de los requerimientos nutricionales, agua y energía, generando más estrés al animal y llegando a afectar su desempeño productivo y reproductivo (Arias et al., 2008).

Los bovinos tienen una temperatura corporal constante a pesar de las variantes climáticas a las que son sometidos, por eso son denominados animales homeotermos. Cuando los animales son expuestos a temperaturas fuera de su termoneutralidad, inicia el mecanismo de termorregulación, el cual demanda de más gasto energético generando estrés por calor o frío. La termoneutralidad en bovinos oscila entre 15°C a 21 °C, siendo ideal para el funcionamiento de los mecanismos físicos y químicos del animal, sin necesidad de más demanda energética, por lo que la producción no se ve afectada. Los extremos climáticos como fuertes lluvias u ondas de calor, alteran la transferencia energética entre el medio ambiente y el animal, afectando directamente en la eficiencia reproductiva, puesto que, se ve afectada la función córtico adrenal, disminuyendo la producción de hormonas esenciales para la reproducción, con el fin de que animal pueda adaptarse a estas condiciones climáticas (Komański et al., 2015).

El ciclo estral de la vaca

La vaca tiene ciclos estrales todo el año, de tal modo que está clasificada como poliéstrica continua. El primer celo se manifiesta a los 12 meses de edad, pero esto puede variar dependiendo del manejo, raza, condición corporal, condiciones ambientales, alimentación, etc. El ciclo estral está definido por el periodo entre dos estros, en las vacas está comprendida en intervalos de 19 a 23 días con un promedio de 21 días, el cual es interrumpido, por presencia de preñez, patologías o problemas hormonales (Jiménez, 2018).

El ciclo estral se divide en cuatro etapas, definidas según sus características endocrinas y comportamiento de la vaca, estas son:

Estro

También llamada celo o calor, puesto que, en esta etapa la hembra acepta la cópula y la monta de otra vaca, es decir se muestra receptiva sexualmente. Esto se debe al incremento significativo del estradiol, producido por un folículo preovulatorio y por la ausencia de un cuerpo lúteo. La conducta en el estro, permite identificar fácilmente la etapa del ciclo en la que se encuentra la vaca, por este motivo, se denomina al estro el inicio del ciclo estral. La duración del estro es de 12 a 18 horas regularmente, pero puede variar dependiendo de la raza, condiciones climáticas, cuadros de estrés, etc. El estro se caracteriza por la producción de estrógeno, como se mencionó anteriormente, este tiene un efecto de retroalimentación positiva sobre el hipotálamo, provocando que los niveles de GnRH aumenten estimulando a la hipófisis para que se puede producir FSH Y LH. Desde el estro hasta el pico de LH que está relacionado con la conducta estral, transcurre entre 2 a 6 horas. La ovulación se presenta después de 30 a 36 horas del inicio del estro o de 28 a 30 horas después del pico de LH (Hernández, 2018).

Metaestro

El metaestro tiene una duración de 4-5 días, en esta etapa ocurre la ovulación y aquí se forma el cuerpo lúteo. Después de la ovulación, se observa la depresión ovulatoria, para dar paso a la formación del cuerpo hemorrágico, es decir el cuerpo lúteo en proceso de formación. En esta etapa se observa el incremento de la progesterona a un nivel $> 1\text{ng/ml}$, considerando que el cuerpo lúteo es funcional o llegó a su madurez. En esta etapa se produce un nacimiento o inicio de una nueva onda postovulatorio de FSH, conocido como reclutamiento, para su posterior selección (Hernández, 2018).

Diestro

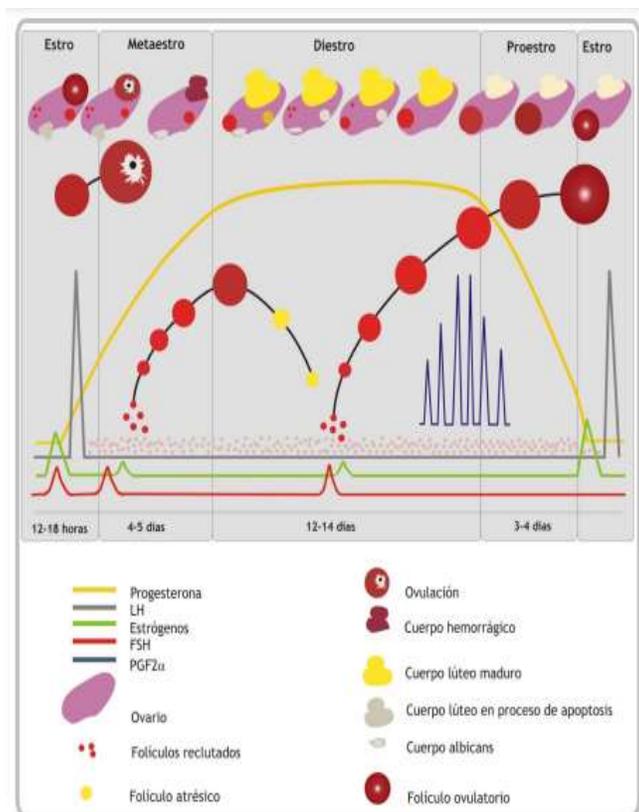
El diestro dura aproximadamente entre 12 a 14 días, siendo la etapa con mayor duración del ciclo estral. En esta etapa la concentración de progesterona presenta niveles mayores a 1 ng/ml , de tal modo que existe un efecto de retroalimentación negativa sobre el hipotálamo, disminuyendo los niveles de GnRH y por consecuencia también disminuyen los niveles de FSH y LH, inhibiendo el crecimiento de un nuevo folículo. Durante esta etapa el cuerpo lúteo se mantiene funcional y es conocido como cuerpo lúteo amarillo (Hernández, 2018).

Proestro

El proestro dura entre 2 a 3 días y se caracteriza principalmente por la ausencia de un cuerpo lúteo funcional o amarillo. En el proestro se da lugar a la disminución de progesterona, debido a que el útero, al no detectar la presencia de un embrión, descarga prostaglandina, que es luteolítica, generando el aumento de segregación de GnRH, por consiguiente, el aumento en la producción de FSH y LH, ocasionando el desarrollo y maduración del folículo ovulatorio, reflejando un incremento de las concentraciones de estradiol. Una vez los niveles de estradiol llegan a su punto máximo, se desencadena nuevamente el pico de LH, dando lugar a la maduración del folículo ovulatorio, regresando al estro y complementando el ciclo estral (Hernández, 2018).

Figura 2

Principales cambios ováricos y hormonales durante las diferentes etapas.



Nota: Hernández, (2018)

Detección de celos y signos del celo

La detección del celo en las vacas, es una labor que se debe realizar diariamente, puesto que es de gran importancia para la implementación de un programa de inseminación artificial.

Los principales signos que presenta una vaca cuando está en celo son:

- Se muestra receptiva y se deja montar por otras vacas. La vaca que trata de montar, persigue y olfatea a otras, debe ser observada ya que puede o no estar en celo.
- La vulva está hinchada, húmeda y se observa una secreción como clara de huevo que cuelga como hilos y que puede estar adherido a la base de la cola.

- Muge con frecuencia, se presenta inquieta, está nerviosa, da cabezazos suaves a otras vacas, camina y orina con frecuencia.
- El pelo sobre la base de la cola está revuelto o raspado, evidencia de que fueron montadas por otras vacas.
- Algunas vacas después de dos a tres días después del celo presentan sangrado en la vulva.
- La concentración de estrógeno elevada durante el celo induce edema y congestión de la vulva (Ortiz & ávila, 2018).

Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)

La Inseminación artificial a Tiempo Fijo es una técnica que tiene como principio sincronizar el celo y ovulaciones mediante la utilización de hormonas, para inseminar en tiempo corto a un gran número de hembras (Raso, 2012).

Ventajas de la IATF

Los beneficios de la implementación artificial son diversos, desde la mejora genética hasta el monitoreo estricto de la progenie y de la descendencia, además de eso la IATF aporta más beneficios a este tipo de programas, tales como:

- Al evitar la detección de celo, se reducen los errores por personal poco capacitado, además de la reducción de honorarios, por prescindir de esta actividad.
- Se reduce el tiempo de inseminación, por el corte del período de anestro postparto.
- Aumento del número de vacas preñadas al año
- Obtención de crías homogéneas en tamaño y peso, facilitando el manejo de los terneros durante el destete.
- Planificación de pariciones concentradas en ganado de carne y/o lechero.
- Planificación en fecha de partos según temporadas de alimento abundante, para un mejor aprovechamiento de los recursos forrajeros (Raso, 2012).

Sincronización del celo

La sincronización de celo es una actividad complementaria para un programa de inseminación artificial, que permite la modificación de los ciclos estrales de las hembras a ser servidas, para programar los días fértiles y poder realizar la inseminación artificial a tiempo fijo. La sincronización se puede llevar a cabo por la aplicación parenteral de hormonas o por el uso de dispositivos intravaginales impregnados de progesterona (Bastidas & Góme, 2019).

Protocolo de sincronización utilizando dispositivos intravaginales CIDR B

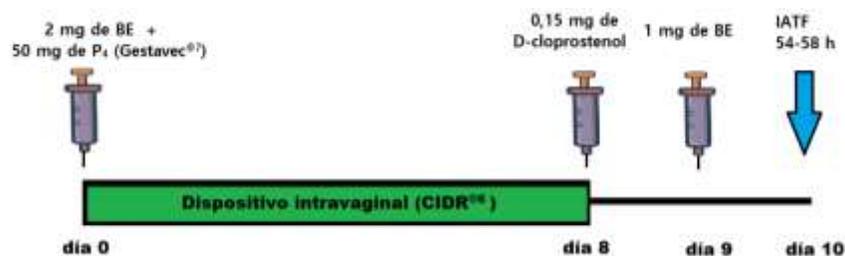
Estos dispositivos son muy empleados en Sudamérica y en el país. Fueron sometidos a diferentes trabajos de investigación con el fin de depurar la gran cantidad de protocolos que se propusieron en sus inicios y determinar el más eficiente. El tratamiento de 14 a 21 días fue de los primeros protocolos a ser evaluados, fue muy empleado por su buena sincronización de celos, pero debido a la formación de folículos persistentes las tasas de concepción eran deficientes a causa de una baja fertilidad, por lo que dejó de ser empleada. La condición corporal está relacionada con la fertilidad de las vacas, así como las condiciones de anestro depende de las condiciones nutricionales. Al hablar de una condición corporal media de una escala de 1 a 5, es decir de 2,5 a 3, esta condición favorece al desarrollo de nuevas ondas foliculares y por consiguiente la formación de folículos dominantes que no llegan a ovular. Por este motivo la ovulación debe ser inducida mediante la administración exógena de estradiol, GnRh, hCG o directamente LH. Pero si la condición corporal no favorece al crecimiento y maduración del folículo, se recomienda administrar eCG, para asegurar una correcta maduración y en consecuencia una ovulación fértil (Bó et al., 2017).

El protocolo más empleado utilizando dispositivos intravaginales CIDR B es el siguiente: El día 0 se introduce un dispositivo intravaginal con P₄ (CIDR^{®6}) más una inyección intramuscular de 2 mg de BE y 50 mg de P₄ (Gestavec^{®7}). El dispositivo se retira el día 8 del tratamiento y se suministra una inyección intramuscular con 0,15 mg de D-cloprostenol. El día 9 del protocolo se aplica intramuscularmente 1mg

de BE. Para el día 10 las vacas se inseminan dentro de las 54-58 horas después de haber sido retirado el dispositivo (Villa et al., 2007).

Figura 3

Esquema de protocolo de sincronización con dispositivos intravaginales CIDR-B



Nota: Elaboración propia

Uso de eCG en Protocolos de sincronización utilizando dispositivos intravaginales CIDR B

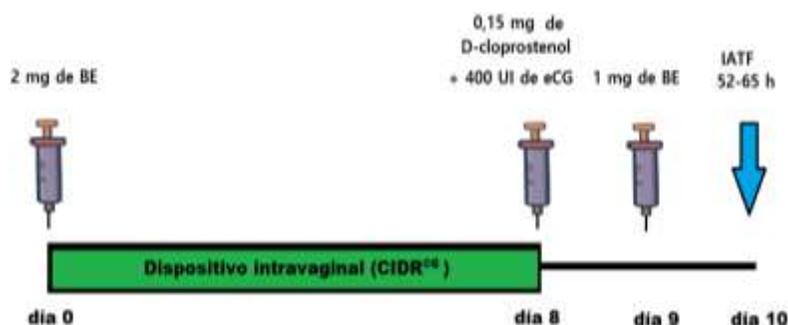
En los años de 1999 y 2000 se realizaron los primeros trabajos para evaluar el efecto de la gonadotropina coriónica equina (eCG) para la sincronización con dispositivos intravaginales liberadores de progesterona. Los resultados obtenidos demostraron que la eCG, aumentó la ovulación en hembras bovinas, estimulando el crecimiento y desarrollo final del folículo ovulatorio. El cuerpo lúteo de las vacas tratadas fue significativamente más grande, por lo tanto, las concentraciones de progesterona eran mayores durante las dos primeras semanas luego de la inseminación artificial (Bó et al., 2017).

López, (2019) en su trabajo “Efecto de la gonadotropina coriónica equina sobre el porcentaje de concepción en ganado bovino doble propósito” concluye que la dosis más eficiente en un protocolo de sincronización para vacas en anestro o con moderada condición corporal, es de 400 UI de eCG administrada en el momento del retiro del dispositivo, logrando incrementar un 22% en número de vacas gestantes, en comparación al protocolo sin la administración de esta hormona. El protocolo más recomendado para vacas con un plano de aumento de peso o en anestro, se menciona a continuación:

El día 0 se introduce un dispositivo intravaginal con P₄ (CIDR^{®6}) más una inyección intramuscular de 2 mg de BE. El dispositivo se retira el día 8 del tratamiento y se suministra una inyección intramuscular con 0,15 mg de D-cloprostenol y 400 UI de eCG. El día 9 del protocolo se aplica intramuscularmente 1mg de BE. Para el día 10 las vacas se inseminan dentro de las 52-65 horas después de haber sido retirado el dispositivo (López, 2019).

Figura 4

Esquema de protocolo de sincronización con dispositivos intravaginales CIDR B y eCG



Nota: Elaboración propia

Efecto de las hormonas exógenas en el ciclo hormonal

Las hormonas exógenas empleadas para la sincronización del celo, tienen diferentes reacciones en el ciclo estral, esto depende de sus características e interacciones, además de las concentraciones de la aplicación de dichas hormonas durante las diferentes fases del ciclo estral inducido (Franco & Uribe, 2012).

Inserción del dispositivo intravaginal

Los niveles altos de progesterona (>1 ng/ml) provocan la regresión del folículo dominante y precipita el recambio de las ondas foliculares. Al no mantener un fólculo dominante, la producción de estrógeno se suspende, estimulando así la producción de FSH, por consiguiente, el desarrollo de una nueva onda folicular (López & Puerto, 2015).

Primera dosis de 2 mg BE

La administración de la primera dosis de estradiol, genera la atresia de los folículos existentes evitando la formación de folículos persistentes que afectan directamente a la tasa de concepción, debido a su baja fertilidad. Después del proceso de atresia se desarrolla una nueva onda folicular a los 4 días de la aplicación del BE, asegurando así al retirar el dispositivo la presencia de un folículo nuevo y un ovocito viable (López & Puerto, 2015).

Retiro del dispositivo intravaginal y 2 ml de D- cloprostenol

Cuando se retira el dispositivo junto con la dosis de prostaglandina administrada se provoca la caída de la concentración de progesterona (<1 ng/mg) induciendo el incremento de la frecuencia de los pulsos de la LH, el crecimiento, la maduración y la persistencia del folículo dominante, el que a su vez produce estrógeno. Este aumento de la producción de estrógeno induce el celo en la hembra y estimula a la hipófisis para alcanzar el pico de la LH encargado de la ruptura del folículo para provocar la ovulación (López & Puerto, 2015).

Dosis de 400 UI de eCG.

La gonadotropina coriónica equina tiene doble acción foliculoestimulante y luteinizante, estimulando el desarrollo de nuevas ondas foliculares y una sincronización de celos fértiles más óptimos. Los dispositivos liberadores de progesterona producen un bloqueo hipotalámico inhibiendo la liberación de la LH y la FSH, por lo tanto, cesando la ovulación, hasta el momento deseado. Al momento de retirar el dispositivo se provoca una caída brusca de los niveles de progesterona, estimulando a la FSH y por consiguiente la hembra entra en celo. La eCG en este momento es ideal para la sincronización del celo fértil, siendo este el interés más importante al momento de implementar un protocolo de sincronización para IATF (López & Puerto, 2015).

Segunda dosis de 1 mg de BE

La aplicación de una segunda dosis de benzoato de estradiol al momento de retirar el dispositivo intravaginal, induce el pico de la LH para iniciar la ovulación, así se logra una mejor sincronización ovulatoria en todas las hembras tratadas (López & Puerto, 2015).

Diagnóstico precoz de gestación

Una práctica cotidiana dentro de las producciones ganaderas es el diagnóstico precoz de la gestación, con el fin de confirmar la preñez lo antes posible y poder descartar la reintegración de la hembra no gestante nuevamente al programa de inseminación artificial. A pesar de que el celo sería el primer signo a evaluar para confirmar que la hembra no está preñada, debido a la ineficiencia en la detección del celo, es necesario una reconfirmación con un diagnóstico precoz (Hernández, 2018).

Diagnóstico de gestación por ecografía

La técnica de ecografía para el diagnóstico precoz de la gestación es una de las más empleadas, ayudando a identificar a tiempo la gestación en hembras bovinas, así como también estructuras en el ovario, siendo útil para reducir el número de días abiertos entre servicios. A pesar de que esta técnica tiene un grado de confiabilidad alta, no reemplaza el control de la gestación por palpación rectal, se recomienda que la ecografía solo se emplee hasta los 60 días del servicio y una vez confirmada la gestación el control se siga realizando por palpación, al menos de que se presenten casos particulares o de emergencia. La sensibilidad y especificidad entre los 26 a 33 días es del 97,7% y del 87,8% respectivamente, siendo esta una técnica confiable y eficiente para el diagnóstico precoz de la gestación (Guitérrez & Báez, 2014).

No se recomienda hacer diagnósticos antes del día 28 post inseminación, debido a la frecuencia de muertes embrionarias en vacas y a pesar de que un embrión a los 20 días puede llegar a medir de 3,5 a 4 mm, es muy difícil detectarlo. Las ecografías realizadas a partir de los 28 días post inseminación, facilitará la visualización debido a la presencia de líquido uterino intraluminal y se puede identificar los

latidos del embrión para el control vital del mismo. A partir de este periodo se pueden realizar seguimientos para la inspección de un normal desarrollo del embrión y del feto de acuerdo a los días y la longitud de referencia mostrada en la tabla 4.

Tabla 4

Determinación de la edad por el largo del feto / embrión

	Largo (cm)	Edad (días)
Embrión	13	30
	15	35
	21	40
Feto	28	45
	38	50
	51	55
	69	60

Nota: Gutiérrez & Báez, 2014.

Modo de utilización del ecógrafo

Es importante adecuar el establecimiento donde se realizarán los chequeos para reducir errores o complicaciones que afecten al diagnóstico, para aquello se debe preparar a las vacas con anticipación, reducir la proporción de artefactos a usar, asignar un lugar que de protección y genere sombra para obtener imágenes de buena calidad, reduciendo errores en la interpretación y el diagnóstico (Tamayo, 2015).

La técnica de ecografía para el diagnóstico precoz de la gestación es muy similar a la exploración del sistema reproductivo por vía rectal. No es necesario la eliminación de las excretas del recto, pero el contenido fecal puede dificultar la examinación en vacas en gestación temprana, por lo que se recomienda vaciar el recto antes de empezar el proceso. Después de la evacuación de las excretas se introduce la sonda para comenzar con la exploración rectal. La sonda se sujeta entre los dedos pulgar, índice y corazón, para mejorar la calidad de las imágenes observadas en la pantalla del ecógrafo es

importante procurar un buen contacto del transductor con la mucosa rectal y el deslizamiento de la sonda debe ser suave con movimientos controlados, para obtener distintos cortes de los órganos o tejidos para facilitar la evaluación. Lo recomendable es empezar ubicando la vejiga para posteriormente encontrar con más facilidad el útero, en donde se concentrará la atención para una observación y valoración exhaustiva de las imágenes generadas. Una vez identificado el embrión en el útero y los latidos cardíacos, los profesionales recomiendan también determinar la presencia de un cuerpo lúteo funcional en los ovarios para confirmar la preñez (Tamayo, 2015).

Errores

Los errores en los diagnósticos aumentan con las inexperiencias por parte del examinador, pero con la preparación necesaria el error es mínimo y la precisión es alta. Pero es importante mencionar ciertos elementos que pueden complicar el diagnóstico, los cuales son:

- La condición de útero flácido en vacas anéstricas confunde a los examinadores, puesto que retiene líquido intrauterino, pero al examinar ovarios se identifica la ausencia de estructura lútea.
- Las vacas pueden retener líquido producido en el celo en la curvatura mayor del útero, dando una perspectiva de una gestación precoz, pero al examinar ovarios, estos carecen de un cuerpo lúteo funcional y se identifica la formación de un folículo preovulatorio.
- Las vacas con piometra generalmente tienen lleno el útero de pus, pero al ser este un líquido purulento refleja más ondas en la ecografía que el líquido alantoideo, un examinador con experiencia puede identificar las diferencias sin complicación.
- En caso de muerte embrionaria se puede observar en las imágenes reflejadas menos cantidad de líquido de lo que debería representar una gestación temprana, no se presencia latidos cardíacos, se visualiza rotura de la membrana fetal y granos ecogénicos flotando dentro de este líquido, que corresponden al embrión o restos de la membrana.

- En caso de muerte fetal, se observa membranas fetales y cuernos uterinos con ausencia de feto, en el caso de visualizar algún feto este no tendrá latidos cardíacos, pulsos en el cordón umbilical o algún movimiento que confirmé su vitalidad, además se puede observar anomalías en su desarrollo y aspecto (Tamayo, 2015).

Ventajas de los diagnósticos tempranos con ecógrafo

La ventaja principal y la más crucial de los chequeos ginecológicos en gestaciones temprana, radica en la identificación de las hembras gestantes y vacías, para su posterior separación e implementación de estrategias, técnicas o terapias reproductivas para el incremento de la fertilidad dentro del hato ganadero, reduciendo el número de días abiertos entre servicios. No obstante, es importante recalcar, que puede haber pérdidas embrionarias y fetales desde un 14% al 16% antes de los 60 días de gestación, por consiguiente, es importante un segundo diagnóstico por chequeo rectal. Este segundo diagnóstico, identificará las pérdidas por muertes embrionarias, hallando y justificando una de las causas más importantes que afectan a la eficiencia reproductiva del hato, para proceder con posibles estrategias de solución ante la problemática (Alonso et al., 2012).

Ecógrafo draminski iscan 2

Este equipo es muy empleado en el campo veterinario para un diagnóstico más puntual, debido a su facilidad de movilidad al ser ligero, por su pantalla grande que facilita la visibilidad y por su batería eficiente, es uno de los más recomendados para el diagnóstico de gestación precoz en vacas, yeguas y cerdas. Al adquirir el dispositivo se puede elegir el tipo de sonda a necesitar, en este caso la sonda rectal es utilizada para el campo reproductivo en hembras bovinas y yeguas. También se puede emplear para el diagnóstico de tendones, globos y condición general. El ecógrafo draminski iscan 2 ofrece buena calidad de imagen visible, debido al tamaño de la pantalla de 7 pulgadas, giro de imagen de 90°, contraste, rango dinámico y resolución, facilitando el diagnóstico y reduciendo los errores de interpretación. Este equipo tiene una durabilidad eficiente, debido a que tiene una carcasa de aluminio

que da protección, así como también tiene una armadura adicional para brindar una doble protección contra a golpes y otros daños. Al tener una carcasa de aluminio el ecógrafo es ligero y fácil de emplear, pesando únicamente 2,4 kg. El equipo también ofrece alta resistencia al agua y al polvo. Su carcasa hermética protege el interior del ecógrafo, mejorando los requisitos de bioseguridad al poder facilitar el lavado y desinfección del equipo después de ser usado. La batería del ecógrafo draminski iscan 2 es eficiente, permitiendo trabajar durante 7 horas seguidas. También presenta la opción de salvapantallas para el ahorro de energía sin necesidad de apagar el ecógrafo (Catálogo ecógrafo draminski iscan 2, 2021).

Palpación del útero por vía rectal

Una técnica práctica y con altos resultados en precisión es la palpación del útero por vía rectal. Esta técnica se puede realizar a partir de los 40 días después de que la hembra fue servida o inseminada. Esta práctica debe ser realizada únicamente por un profesional capacitado en el área y consiste en la identificación de vesículas amnióticas y/o el deslizamiento de las membranas corioalantoideas. Si la palpación se realiza 65 días post-inseminación se puede palpar el feto y a los 90 días se puede sentir placentomas. Cualquiera de estos signos dentro de los días correspondientes confirma la preñez de la vaca (Hernández, 2016).

Muerte embrionaria

La muerte embrionaria es una de las principales causas que afecta los índices reproductivos a nivel ganadero. Los bajos valores de concepción y el aumento del intervalo entre partos son fallas reproductivas con un valor económico considerable, por lo tanto, es importante conocer causas y efectos de la muerte embrionaria. La muerte embrionaria puede ser temprana o tardía, dependiendo si la muerte es anterior o posterior a la regresión del cuerpo lúteo. Se conoce como muerte embrionaria temprana cuando el embrión muere antes de que la madre reconozca la presencia de preñez, es decir se da antes de los 13 a 15 días, por consiguiente, la vaca volverá al ciclo estral y presentará celo entre 21 a

24 días. Es la muerte embrionaria más frecuente y la más difícil de identificar, puesto que la vaca presenta celo normal, siendo diagnosticada como una vaca que no aprovechó el servicio (Catena, 2014).

La muerte embrionaria tardía se da cuando el embrión muere después de que la madre reconoce la presencia de preñez, es decir, la presencia de celo se extiende a un periodo más largo de un ciclo normal de 18 a 24 días. Esta es la muerte embrionaria más fácil de identificar, puesto que después de no observar retorno de celo dentro del rango establecido, la vaca se la considera gestante por lo que una regresión después de una confirmación de preñez se puede concluir como muerte embrionaria tardía. La muerte embrionaria temprana es la más frecuente en hembras bovinas, representando del 70 al 80% del total de las pérdidas por mortalidad embrionaria, entre los 8 a 16 días de gestación, sin alteraciones en la duración del ciclo estral. La muerte embrionaria tardía representa de un 10 al 15% del total de las pérdidas, hasta el día 42 de la gestación, con alteraciones o alargamientos del ciclo estral (Hernández, 2008).

Causas de mortalidad embrionaria

Los factores que causan mortalidad embrionaria temprana y/o tardía son diversos, entre los más importantes son los factores maternos, ambientales y embrionarios.

Factores maternos: La edad es una variable crucial al momento de valorar la fertilidad de una vaca, las hembras muy jóvenes con edad muy avanzada presentan complicaciones para fertilizar el óvulo, así como para mantener al embrión con vida, especialmente en hembras de mayor edad, debido a la disminución de la producción hormonal. Después de la fertilización del óvulo el cuerpo lúteo produce progesterona para mantener la preñez, si el nivel de progesterona es deficiente, el embrión no se desarrolla normalmente y llega a morir. La inmunosupresión materna durante la gestación debido a las altas concentraciones de progesterona hace más vulnerables a las vacas a los agentes infecciosos. Los cambios hormonales durante la gestación y el parto son normales, pero esto favorece a la presencia de agentes infecciosos. La infección más común es a nivel uterino que proviene de secuelas de metritis

regularmente, por consiguiente, el útero no está en condiciones para permitir la implantación y el desarrollo del embrión. Otra causa común es la asincronía entre el ambiente uterino y el embrión, cuando se produce un desequilibrio hormonal entre los niveles de progesterona y estrógeno, el embrión llega al útero antes de tiempo o tardío, generando problemas para el desarrollo normal del embrión. Trabajos de investigación resaltan la sensibilidad del embrión en transición de mórula a blastocisto, siendo esta la etapa más vulnerable para sufrir muerte embrionaria (Catena, 2014).

Factores embrionarios: Cuando se presenta poliespermia, el cigoto que fue fecundado por más de un espermatozoide no llega a sobrevivir por más de unas horas o días. Las anomalías estructurales genéticas como la translocación provocan pérdidas embrionarias, puesto que el organismo elimina al embrión con cromosomas defectuosos como medio biológico. Estudios comprobaron que las hijas de toros con translocación presentaron un número mayor de servicios para lograr la concepción y el número entre partos es mayor que las hijas de toros normales (Hernández, 2018).

Las muertes embrionarias por consanguinidad son del 30% debido al incremento de las posibilidades de homocigosis de genes recesivos letales para el embrión durante la cruce. Dentro del país no se manejan registros actualizados que reduzcan los errores por consanguinidad, en consecuencia existen errores genéticos graves y como resultado las muertes embrionarias son elevadas (Catena, 2014).

Factores ambientales: Es fundamental una condición corporal media en las hembras a ser servidas o inseminadas artificialmente. Cuando la condición es muy baja la tasa de fecundación disminuye y aumenta el número de muertes embrionarias, si la condición es muy alta a pesar de que la tasa de ovulación es mayor, la muerte embrionaria también aumenta. Durante la implantación es sustancial la disponibilidad de nutrientes en la alimentación, cuando es deficiente las muertes embrionarias son más frecuentes (Hernández, 2008).

El estrés calórico es el factor ambiental más influyente en muertes embrionarias, puesto que las altas temperaturas disminuyen la fertilidad en las hembras bovinas y combinado con una humedad relativa alta la incidencia es mayor. Estudios evidencia el efecto de químicos que aumentan el porcentaje de muertes embrionarias, como: nitratos, exceso de nitrógeno ureico en sangre, micotoxinas, endotoxemias, estimulando la producción de prostaglandina, por consiguiente, ocasionando la muerte del embrión. Como se mencionó anteriormente el embrión es muy susceptible a los agentes infecciosos, principalmente por la inmadurez de su sistema inmune y por la acción inmunosupresora de la progesterona (Catena, 2014).

Capítulo III

Metodología

Diseño experimental

El diseño experimental que se implementó fue un diseño completamente al Azar (DCA), con dos tratamientos: Tratamiento 1, correspondiente a inseminación tradicional o rectovaginal y tratamiento 2, correspondiente a inseminación transvaginal con el equipo de inseminación visual. Para cada tratamiento corresponden 14 repeticiones.

Los criterios a evaluar en la selección de las hembras para el estudio fueron: número de partos, edad, condición corporal y antecedentes de problemas reproductivos, tomando en cuenta estos factores de inclusión y exclusión, las vacas tomadas eran óptimas para ser sometidas al estudio, minimizando la influencia de estos factores en la eficiencia de la inseminación artificial en los dos métodos de inseminación propuestos, de igual manera la población del estudio fue homogénea para los dos tratamientos expuestos. Las vacas seleccionadas estaban entre los 4 a 7 años de edad, con una condición corporal de 2,5 a 3,5, entre el segundo y cuarto parto y sin historial de problemas reproductivos. Las hembras bovinas fueron tomadas de un hato de 73 hembras lecheras, de las cuales 33 estaban vacías, es decir se utilizaron el 84,85% de las vacas vacías para el estudio, siendo este un valor representativo considerando a la población de vacas en edad reproductiva y vacías que conforman el hato ganadero. Estos datos fueron obtenidos del programa Ganadero SG utilizado por el taller de ganadería IASA I, el día 28 de enero del 2022.

Se estudiaron las variables tiempo de servicio o ejecución y número de vacas preñadas. Para la variable tiempo de ejecución se utilizó una prueba de T-student y para la variable número de vacas preñadas se empleó una prueba de Chi cuadrado. Se utilizó una simulación de Montecarlo, dado al bajo número de animales, para el análisis del número de vacas preñadas.

Tabla 5*Disposición del experimento en campo*

Tratamiento	Repeticiones													
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14
T1	T1R1	T1R2	T1R3	T1R4	T1R5	T1R6	T1R7	T1R8	T1R9	T1R10	T1R11	T1R12	T1R13	T1R14
T2	T2R1	T2R2	T2R3	T2R4	T2T5	T2T6	T2R7	T2R8	T2R9	T2R10	T2R11	T2R12	T2R13	T2R14

Nota: Elaboración propia***Población y muestra***

Se utilizaron 28 hembras bovinas del cruce de la raza Holstein con Montbeliarde. Estas fueron divididas en 2 tratamientos (Inseminación Rectovaginal e Inseminación Transvaginal), con 14 repeticiones para cada tratamiento, en donde una vaca corresponde a la unidad experimental. Se incluyeron al estudio las vacas que se encuentren en un grado de 2,5 a 3,5 de condición corporal, segundo y cuarto parto, entre cuatro a siete años de edad y que no presentaban un historial de problemas reproductivos. Las hembras bovinas seleccionadas según los factores antes mencionados, se encontraban en óptimas condiciones para ser sometidas a inseminación artificial por los métodos rectovaginal y transvaginal.

Factores en estudio

Se analizó un factor de estudio, que correspondió al tipo de inseminación artificial (Rectovaginal y Transvaginal).

Variable a analizarse

Tiempo de ejecución: El tiempo de ejecución en minutos de la práctica de inseminación rectovaginal y transvaginal se midió con la ayuda de un cronómetro digital. La medición se realizó desde el momento

que se tomó la pistola o el equipo de inseminación para introducirla en la cavidad vaginal, hasta el momento que se retiró la pistoleta después de depositar el semen, en el blanco inseminador.

% de Concepción: Es la cantidad de vacas que quedaron preñadas en porcentaje, por cada tratamiento.

Analizado mediante ecografía a los 35-45 días post inseminación y un segundo diagnóstico por palpación rectal a los 60 días post inseminación artificial.

Facilidad del uso de equipo: Para esta variable se evaluó la pistola de inseminación rectovaginal y el equipo inseminador visual, tomando como referencia un rango de categorización según su facilidad de manejo al momento que se realizó la práctica de inseminación, la cual se muestra a continuación:

Tabla 6

Categorización de facilidad del uso del equipo inseminador

Categorización	Muy fácil	fácil	Algo complicado	complicado	Muy complicado
Descripción	No presentó ningún tipo de dificultad	Presentó pocas o casi ninguna dificultad, pero se pudieron solucionar fácil e inmediatamente	Presentó varias dificultades y para solucionarlas se necesita de un tiempo prudente y sin ayuda de una segunda persona.	Presentó varias dificultades y necesitó de tiempo suficiente y ayuda de una segunda persona como guía	Presentó muchas dificultades, y necesitó de una segunda persona que intervenga en la práctica.

Nota: Elaboración propia

Ubicación y características del área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en la provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, parroquia San Fernando, Hacienda el Prado – IASA I. Geográficamente se localiza a 78°24'44" O y 0°23'20" S y a una altitud de 2748 msnm. La Temperatura promedio es de 14,19 °C, temperatura máxima de 20,65 °C, temperatura mínima de 7,24 °C y humedad relativa de 67,11% (Estación meteorológica IASA, 2014).

Figura 5

Localización geográfica de la hacienda el Prado- IASA, Ganadería



Nota: Google Earth, (2014)

Materiales y Métodos

Materiales

- a) Para el registro de la condición corporal, peso e identificación:** Hoja de registro de datos.

- b) Para el proceso de sincronización:** Se utilizaron 28 dosis de 2 mg de benzoato de estradiol, 28 dosis de 1 mg de benzoato de estradiol, 28 CIDR Sincrogest de 1 g de P4, 28 dosis de prostaglandina de 2 ml, 28 dosis de 400 UI de eCG, frasco de gel lubricante y un aplicador para los dispositivos intravaginales.

- c) Para el proceso de inseminación artificial:** Hoja de registro de datos, frasco de gel lubricante, guantes ginecológicos, equipo inseminador visual, 28 catéter de inseminación, pistola de inseminación, un termómetro, un corta pajuelas, un termo para descongelar las pajuelas, un tanque de nitrógeno líquido, un cronómetro y 28 pajuelas de semen.

- d) Para el diagnóstico de preñez por ecografía:** Hoja de registro de datos, guantes ginecológicos, frasco de gel lubricante, ecógrafo draminski iscan 2.

- e) Para el chequeo ginecológico por el método de palpación:** Hoja de registro de datos, guantes ginecológicos y frasco de gel lubricante.

Metodología

Selección y categorización del grupo de animales

Se categorizaron 28 animales para el estudio según número de parto, edad, condición corporal y antecedentes de problemas reproductivos. La evaluación de la condición corporal de las vacas, se realizó mediante observación visual identificando el estado de la base de la cola, tuberosidad isquiática, cadera y vertebral, para posteriormente asignar el grado de condición corporal siendo aceptable de 2,5 a 3,5. Se revisó los antecedentes de problemas reproductivos de cada vaca, edad y número de partos, estos datos se obtuvieron de los registros del hato ganadero. Se descartaron las vacas que presentaron o presentan problemas reproductivos y se seleccionaron las vacas que se encontraban entre el segundo y cuarto partos de 4 a 7 años de edad. Todos estos datos fueron registrados, junto con el número de identificación de la hembra. Se dividieron a las hembras para el estudio, en dos grupos. Un grupo de 14 hembras que fueron asignadas para inseminación artificial rectovaginal (IARV) y el otro grupo de 14 hembras que se les asignó para la inseminación transvaginal con el equipo inseminador visual (IATV). El tamaño de la muestra se determinó dependiendo del número de vacas vacías disponibles del hato, tomando un 84,85% de las hembras bovinas vacías para que el estudio sea representativo en relación a la población.

Aplicación del protocolo de Sincronización

Para la sincronización, se realizó un protocolo de inseminación convencional utilizando dispositivos intravaginales CIDR. Todas las hembras se sometieron al mismo tratamiento de sincronización. El día 0 se colocó un dispositivo intravaginal CIDR Sincrogest más una inyección intramuscular de 2 mg de BE (Benzoato de estradiol). Se procedió a retirar el dispositivo el día 8 y se suministró 0,15 mg de D- Cloprostenol + 400 UI de ECG (Novormon). El día 9 del protocolo se aplicó intramuscularmente 1mg de Benzoato de estradiol. Y por último el día 10 las vacas fueron sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo dentro de las 52 a 56 horas después de haber retirado el dispositivo.

Figura 6

Esquema del protocolo de sincronización empleado para el estudio.



Nota: Elaboración propia

Inseminación artificial

El protocolo que se llevó a cabo en las dos técnicas de IA estudiadas, para la preparación de las pajuelas y armado de la pistola de inseminación tradicional fue exactamente el mismo. Pero el servicio y el uso del equipo inseminador visual, se llevó a cabo con diferentes protocolos.

Preparación de las pajuelas: Primero se identificó la vaca a ser servida, para referir el macho o pajuela asignada según los registros reproductivos del hato ganadero. Se preparó un termo con agua a 37,5°C para el descongelamiento. El semen se conserva dentro de un tanque de nitrógeno a -196 °C, hasta el momento de la inseminación. Una vez identificada la canastilla en la que se encontraba la pajuela requerida, se procedió a destapar el tanque, levantando rápidamente la canastilla, se retiró la pajilla de la canastilla asignada y limpiando brevemente el nitrógeno de la pajuela, se introdujo en el agua que se encontraba a 37,5 °C durante aproximadamente 45 segundos. El termo utilizado para el descongelamiento mantuvo el agua en pocas variaciones de temperatura.

Preparación de la pistola de inseminación rectovaginal: Mientras transcurrían los 45 segundos para el descongelamiento de la pajuela, con una mano mediante flexión se procedió a calentar la pistola, para reducir el impacto o choque térmico evitando muerte espermática. Después de la descongelación, se secó la pajilla con papel toalla cuidadosamente evitando movimientos bruscos y se colocó dentro de la

pistola de inseminación, dejando afuera el extremo sellado por calor, es decir, el lado contrario del tapón de algodón, con la ayuda de una guillotina especial se procedió a cortar la pajuela, posteriormente se colocó un catéter completamente limpio y nuevo. Se cubrió con papel toalla el extremo de la pistola que se introduce en el interior del tracto reproductivo de la vaca con papel toalla, para mantener la temperatura y se llevó al lugar donde se encontraban las vacas a ser servidas debajo del brazo, para proteger las espermias de viento, rayos solares y cambio de temperatura. Todo este proceso se realizó cerca del lugar en donde se encontraban las vacas a ser servidas, para que el tiempo que transcurra desde la descongelación hasta la inseminación no sea mayor de 2 minutos.

Procedimiento de la inseminación rectovaginal: Primero se limpió la vulva con papel toalla suavemente, sin estresar o molestar a la vaca. Se insertó la mano izquierda enguantada y lubricada previamente en el recto de la vaca. Esta mano sirve para localizar y agarrar el cérvix, además de ayudar a la pistola a cruzar pliegues vaginales o eliminar bolsas de gases al interior de la vagina. Posteriormente se ingresó la pistola de inseminación con una inclinación de 45 ° a través de la vagina hasta el cérvix. La pistola de inseminación se guía hacia la apertura del cérvix y con ayuda de la mano izquierda con pequeño movimiento ondular se pasó la punta de la pistola a través del conducto cervical. Una vez cruzado el cérvix, se depositó el semen en el blanco inseminador, en caso de esta técnica es a nivel intrauterino.

Figura 7

Servicio de inseminación artificial rectovaginal



Nota: Elaboración propia

Preparación del equipo de inseminación transvaginal: Una vez asegurada la carga completa de la pantalla visual y la limpieza de la cámara frontal, se colocó la pantalla encima de la pistola con ayuda del sujetador que viene en la parte trasera del dispositivo, después se conectó la cámara mediante una entrada USB a la pantalla visual, se encendió y se aseguró que exista una buena visualización y que nada obstruya la cámara. Por último, se procedió a armar la pistola de inseminación tradicional con los pasos mencionados anteriormente en la preparación de la pistola de inseminación rectovaginal y se introdujo dentro del dispositivo.

Procedimiento de la inseminación transvaginal: Al ser este un equipo no implementado dentro del país, no existen protocolos evidenciados para su utilización y desinfección, por este motivo se realizó previamente prácticas en úteros y en vacas vacías del mismo hato ganadero y después de varias complicaciones y soluciones se determinó el siguiente protocolo:

Se inició limpiando la vulva con movimientos suaves. Después se insertó lentamente el equipo previamente lubricado, con una inclinación de 45° y girado con la cámara hacia abajo, para evitar lastimar las paredes vaginales con la punta oblicua del dispositivo. Desde la pantalla del equipo se visualiza el interior de la vagina, y se localiza el extremo caudal del cérvix.

En ocasiones cuando la cámara se ensuciaba por mucosa vaginal impidiendo una clara visualización, se hicieron movimientos circulares con el dispositivo para limpiar en el interior de la cavidad vaginal, pero si la imagen seguía sin ser clara, se procedió a retirar el dispositivo del tracto reproductivo de la vaca, para limpiar la cámara desde el exterior, con ayuda de papel toalla y un marcado especial de alcohol retirando todo tipo de suciedad o secreción de la cámara y se volvió a lubricar e introducir el dispositivo.

Figura 8

Fotografía cervical de la vaca número 1115 del T2.



Nota: Elaboración propia. Fotografía tomada desde el equipo

Una vez localizado la entrada del cérvix, se insertó la pistola de inseminación girando lentamente, hasta haber logrado pasar la entrada cervical, y se procedió a depositar el semen, Por último, se retiró el equipo de inseminación lentamente y se realizó masajes vulvares.

Figura 9

Servicio de inseminación artificial transvaginal, con el equipo inseminador visual.



Nota: Elaboración propia

En el caso de esta técnica, por lo general el semen se deposita únicamente en la entrada del cérvix, y en pocos casos se logró atravesar un anillo, en consecuencia, este tipo de inseminación es a

nivel vaginal o posterior del cérvix. Es importante mencionar que después de cada servicio se desinfectó el dispositivo con paños de alcohol, la cámara se limpió con un marcador especial de alcohol y con ayuda de un cepillo de limpieza se eliminó residuos de secreción o mucosa del interior del equipo.

Confirmación de gestación por ecografía

La práctica se pudo realizar con ayuda del equipo de participantes de la especialidad de reproducción bovina impartida por el instituto de reproducción animal de Córdoba IRAC, se utilizó el ecógrafo del taller de ganadería, pero debido a problemas técnicos se optó por tomar los datos con los ecógrafos de los participantes, que proveyeron también de imágenes del embrión en el caso de estar gestante y caso contrario del útero vacío. Todos los datos fueron confirmados por un segundo diagnóstico por parte del capacitador encargado del módulo de ecografía designado del instituto, el doctor Andrés Tribulo. El chequeo se realizó a los 40 días post inseminación artificial. Primero se inició calibrando los ecógrafos, verificando foco, ganancia, contraste, brillo, amplitud, y en caso de que el ecógrafo lo permita seleccionar la especie a ser chequeada en este caso bovino. Las vacas fueron previamente separadas e introducidas en la manga. Se identificó el número del arete de la vaca, para poder tomar los datos en el registro elaborado con anticipación, en el que consta el número de la vaca, fecha de inicio de la sincronización, fecha de la inseminación artificial, pajuela asignada, número días post inseminación y observaciones. Se procuró que el establecimiento tenga las mejores condiciones para poder visualizar las imágenes proyectadas, haciendo sombra sobre la pantalla. Una vez verificado todos estos puntos clave, se introdujo el brazo en el recto colocado previamente un guante ginecológico y lubricado, con el fin de expulsar todas las excretas. Se introdujo la sonda en el recto y se realizó una exploración rectal para poder ubicar la vejiga, posteriormente el útero y ovarios. Con el transductor bien pegado a la mucosa rectal se procedió a observar el útero, si este presentaba líquido uterino intraluminal, se procedió a la identificación del embrión para confirmar la gestación, si se dificultaba la observación del embrión, también se podría guiar con el grosor de la pared del útero. En el caso de no

presentar ninguna de las características mencionadas anteriormente, se procedió a desplazar la sonda con movimientos suaves hacia adelante para encontrar el oviducto y deslizándose con dirección al ovario, aquí se identificó la formación de estructuras como folículos, cuerpos lúteos funcionales o cuerpos lúteos cavitarios, para así dar el diagnóstico de vacas gestante, o vaca vacía ciclando.

Figura 10

Ecografía útero de la vaca número 1512 del T2 con 35 días de edad



Nota: Elaboración propia

Chequeo ginecológico por palpación rectal

El chequeo ginecológico se realizó a los 60 días post inseminación artificial. Se introdujo la mano colocada previamente un guante y lubricada, por el recto de la vaca hasta localizar los cuernos uterinos, se debe identificar asimetría, deslizamiento de membranas, útero flácido o vesícula amniótica, cualquiera de estos signos confirmará la gestación. A los 60 días el feto tuvo pocos centímetros de largo, pero fue más factible y seguro detectar el deslizamiento de membranas fetales a la altura del cuerpo del útero o en la parte caudal del cuerno uterino, lo que permitió confirmar la concepción.

Análisis estadístico

La aleatorización que se empleó para la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales, se realizó siguiendo la metodología de un diseño completamente al azar (DCA), siendo

14 repeticiones por tratamiento, con un total de 28 vacas empleadas para el experimento. El factor de estudio fue el tipo de inseminación (Rectovaginal y transvaginal) y las variables dependientes que se estudiaron fueron: Tiempo de ejecución y número de vacas preñadas para determinar el % de concepción. Para el tiempo de ejecución o servicio de inseminación se utilizó un cronómetro digital y el dato será tomado en minutos. La variable porcentaje de concepción se obtuvo a los 40 días post inseminación mediante ecografía y a los 60 días post inseminación verificada mediante palpación del útero por vía rectal. Los datos fueron analizados de dos maneras dependiendo de la variable. Para la variable tiempo de ejecución se utilizó una prueba de T-student y para la variable número de vacas preñadas se utilizó una prueba de Chi-cuadrado. Al ser un número de unidades experimentales bajo, se empleó un simulador de Montecarlo para el análisis de la variable número de vacas preñadas.

Capítulo IV

Resultados y discusión

Tiempo de servicio

Tabla 7

Tiempo en minutos del servicio de inseminación del tratamiento 1

N°	Número vaca	Tiempo (min)
1	1605	1,75
2	1826	1,58
3	1502	1,57
4	1827	0,93
5	1824	1,32
6	1614	1,78
7	1818	1,38
8	1215	1,62
9	1706	7,50
10	1129	0,88
11	1513	1,95
12	1823	1,97
13	1421	1,92
14	1731	1,90

Nota: Elaboración propia

En la tabla 7, se puede observar los tiempos de ejecución del servicio de inseminación rectovaginal asignado para el tratamiento 1, presentando un valor mínimo de 0,88 minutos, un máximo de 7,50 y un promedio de 2 minutos.

Tabla 8

Tiempo en minutos del servicio de inseminación del tratamiento 2

N°	Número vaca	Tiempo (min)
1	1617	0,93
2	1704	1,47
3	1809	1,12
4	1115	0,37
5	1721	1,75
6	1603	1,58
7	1509	0,83
8	1822	3,33
9	1817	3,47
10	1912	1,30
11	1227	1,93
12	1512	2,43
13	1415	1,75
14	1907	2,17

Nota: Elaboración propia

En la tabla 8, se observa los tiempos de ejecución del servicio de inseminación transvaginal del tratamiento 2, presentando un valor mínimo de 0,37 minutos, un máximo de 3,47 y un promedio de 1,75 minutos.

Suárez, (2015) en su trabajo de investigación “Eficiencia de la inseminación artificial al primer servicio por la técnica transvaginal en hembras bovinas de la hacienda el prado.” El tiempo de ejecución obtenido en la técnica de inseminación transvaginal con el método el torito, presentó valores mínimos de 4,2 minutos, máximos de 6,2 minutos con un promedio de 5,22 minutos. Tomando en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, el uso del equipo inseminador visual para esta técnica de inseminación artificial, redujo significativamente los tiempos de ejecución del servicio.

Tabla 9*Prueba t-student variable tiempo de servicio de inseminación*

	Grupo 1	Grupo 2
	T1	T2
N	14	14
Media	2,00	1,75
Varianza	2,62	0,79
Media (1) – media (2)	0,26	
LI (95)	-0,77	
LS (95)	1,29	
pHomVar	0,0387	
T	0,52	
p-valor	0,6063	

Nota: Elaboración propia

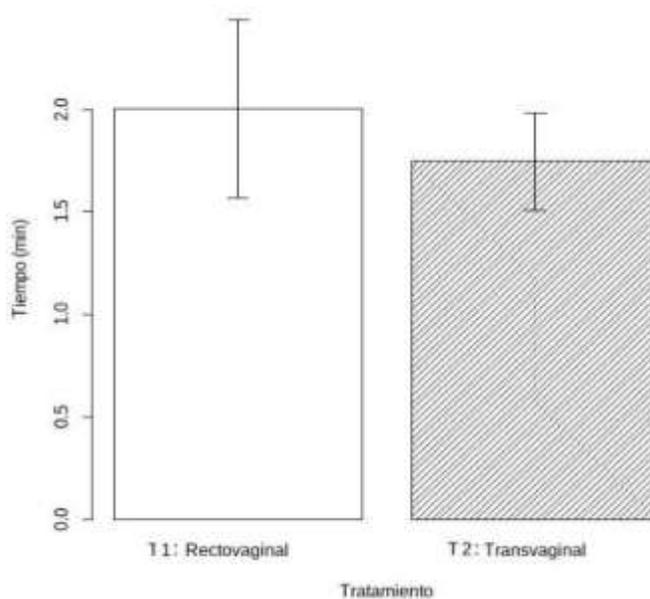
A pesar de que el tiempo de ejecución de la técnica de inseminación transvaginal fue menor en comparación a la técnica rectovaginal, para determinar si existe diferencia estadística entre los datos obtenidos por tratamientos, se empleó una prueba T-student, como se observa en la tabla 9.

Al realizar la prueba t-student, con un intervalo de confianza del 95 %, entre – 0.77 a 1.29, se obtuvo un valor de $t = 0,52$ y al tener un p-valor de 0,6063, siendo este un valor mayor al nivel de significancia de 0,05 se acepta la hipótesis nula, demostrando que no hay diferencias estadísticas entre los tiempos empleados tanto para la inseminación rectovaginal del tratamiento 1 y transvaginal del tratamiento 2.

En la figura 7 se observa los resultados obtenidos con respecto al tiempo de ejecución de la técnica de inseminación, para el tratamiento 1 con una media de 2 minutos y el tratamiento 2 con una media de 1,74 minutos y como se puede denotar en la figura 7 no existe diferencia estadística entre ambos tratamientos.

Figura 11

Tiempo de servicio en minutos entre tratamientos



Nota: Elaboración propia

Suárez, (2015) en su trabajo de investigación “Eficiencia de la inseminación artificial al primer servicio por la técnica transvaginal en hembras bovinas de la hacienda el Prado.” Al implementar la técnica transvaginal con el método el torito, el tiempo de servicio se reduce en comparación a la técnica rectovaginal, empleando tiempos de 5,22 minutos y 6, 2 minutos respectivamente. A pesar de la diferencia de tiempos entre ambas técnicas, tampoco se encontró diferencia estadística, al igual que en este trabajo de investigación.

Porcentaje de concepción

Tabla 10

Número de vacas preñadas, primer y segundo diagnóstico.

Tratamiento	Ecografía 40 días		Palpación 60 días	
	Preñadas	Vacías	Preñadas	Vacías
T1 Rectovaginal	7	7	7	7
T2 Transvaginal	8	6	6	8

Nota: Elaboración propia

Tabla 11

Porcentaje de vacas preñadas, primer y segundo diagnóstico.

Tratamiento	Ecografía 40 días		Palpación 60 días	
	Preñadas	Vacías	Preñadas	Vacías
T1 Rectovaginal	50 %	50 %	50 %	50 %
T2 Transvaginal	57,14 %	42,86 %	42, 86 %	57,14 %

Nota: Elaboración propia

En la tabla 9, se observa los datos obtenidos en el trabajo de investigación, de las vacas que resultaron preñadas y vacías. Para el primer diagnóstico que se realizó mediante ecografía a los 40 días se obtuvo un mayor número de vacas preñadas en el T2 con un 57,14 % de concepción equivalente a 8 vacas gestantes y para el T1 el porcentaje de concepción es del 50%, equivalente a 7 vacas gestantes. En la figura 8 se puede visualizar los datos obtenidos, de las vacas vacías y preñadas en el primer diagnóstico.

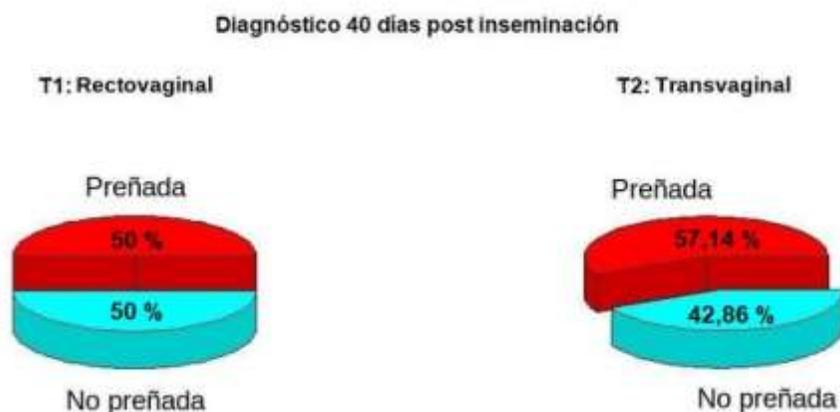
Los resultados obtenidos en el segundo diagnóstico y el definitivo por palpación a los 60 días los resultados variaron, por dos pérdidas embrionarias en el T2 que fueron confirmadas por el doctor Andrés Tribulo, puesto que, existían evidencias previas en el primer diagnóstico por ecografías que el

embrión no iba a sobrevivir muchos días. Teniendo como resultados finales T1 con 50 % de concepción y el T2 con 42,86 % equivalente a 6 vacas gestantes. En la figura 9 se puede visualizar los datos obtenidos, de la vacas vacías y preñadas en el segundo diagnóstico siendo este el definitivo.

Al realizar la prueba Chi cuadrado, con un simulador de Montecarlo de 10000 réplicas para los datos obtenidos en el primer diagnóstico a los 40 días, se obtuvo un X-squared = 0.14359, df = NA, p-value = 1. Con estos resultados se puede determinar que no hay diferencia significativa entre el número de vacas preñadas por inseminación rectovaginal y transvaginal en el primer diagnóstico. Para el segundo diagnóstico y el definitivo a los 60 días por palpación rectovaginal. Los resultados obtenidos fueron los mismos que los mencionados anteriormente con X-squared = 0.14359, df = NA, p-value = 1. A pesar de que los datos cambiaron en el segundo diagnóstico, los resultados siguen determinando que no hay diferencia significativa entre el número de vacas preñadas por inseminación rectovaginal y transvaginal.

Figura 12

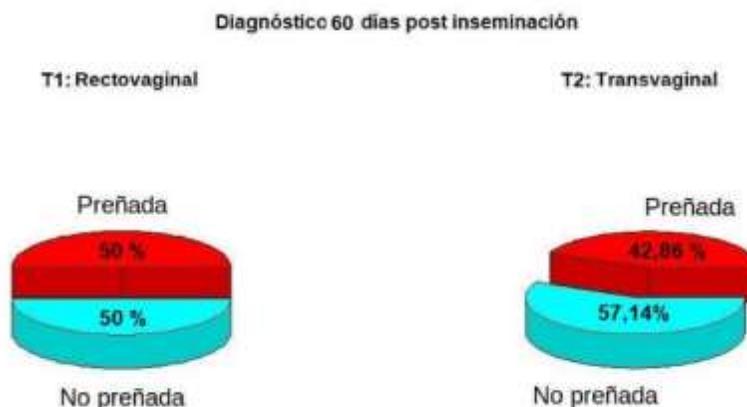
Porcentaje de vacas preñadas y vacías, a los 40 días post inseminación



Nota: Elaboración propia

Figura 13

Porcentajes de vacas preñadas y vacías, a los 60 días post inseminación



Nota: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos fueron similares a los encontrados por Suárez, (2015), obteniendo porcentajes de gestación en vacas del 40% a través de inseminación transvaginal mediante el método torito. A pesar de que el estudio de Suárez, (2015) concluye que los datos obtenidos mediante la técnica de inseminación transvaginal presentaron resultados mejores en comparación a la técnica de inseminación rectovaginal o tradicional que se ha ido implementando en la hacienda El Prado, los resultados que se obtienen en este trabajo de investigación establece que no existe diferencia estadística en cuanto el número de vacas preñadas según la técnica de inseminación.

Raso, (2012), menciona que la efectividad de la preñez por IATF son del 50% en vaconas y 45% en vaca, con un promedio de rangos que suelen variar entre el 30% al 60% dependiendo de factores como condición corporal, cambios climáticos y alimentación. Al considerar los resultados obtenidos en este trabajo, mediante la técnica rectovaginal se obtuvo una preñez del 50% y con la técnica transvaginal el porcentaje de preñez es del 42,86%.

Estos resultados están dentro del rango de efectividad de preñez por IATF, aunque cabe recalcar, que Suárez, (2015), bajo las mismas condiciones de alimentación, raza y condición corporal, obtuvo resultados del 40% de concepción en vacas.

EL ing. Diego Vela Tomen, responsable del taller de ganadería del IASA I, Hacienda “El Prado” proporcionó los datos históricos de concepción en vacas usando el protocolo de sincronización IATF. Se analizó los datos de los últimos tres años, con los siguientes resultados: en el año 2019, se obtuvo un porcentaje de concepción del 43,48% correspondiente a 10 vacas preñadas de 23 servidas, en el año 2020 se obtuvo un 58,82% de preñez equivalente a 20 vacas preñadas de 34 tratadas y el año 2021 con un porcentaje de concepción del 41,17% equivalente a 14 vacas preñadas de 34 servidas.

A pesar de no encontrar diferencia estadística entre los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, tanto por el método de inseminación tradicional y el método de inseminación transvaginal mediante el uso del equipo inseminador visual, ninguna de las dos técnicas obtuvo resultados fuera del rango de la efectividad de la IATF en el taller de ganadería de la Hacienda “El Prado” IASA I. Por consiguiente, la técnica de inseminación transvaginal mediante el uso del equipo inseminador visual, no es más eficiente que la técnica tradicional, empleada en el taller de ganadería del IASA I.

Con estos resultados se aprueba la hipótesis nula: La eficiencia (Tiempo de ejecución y número de vacas preñadas) de la técnica de inseminación artificial transvaginal con el equipo inseminador artificial visual, no es estadísticamente diferente a la eficiencia alcanzada con la técnica tradicional rectovaginal.

Factibilidad

Para esta variable se utilizó una tabla de referencias para la categorización del uso del equipo inseminador visual en la inseminación transvaginal y la pistola de inseminación para la técnica rectovaginal. En una escala de muy fácil, fácil, algo complicado, complicado a muy complicado siendo muy fácil al no presentar ningún tipo de dificultad y muy complicado al presentar muchas dificultades y

necesitar de una segunda persona que intervenga en la práctica. En resumen, para el T1, la mayoría de servicios se presentaron algo complicado, seguido por fácil y muy fácil. Mientras que para el T2 la mayoría de servicios fueron muy fáciles, pero seguido de complicado. En la práctica la inseminación tradicional o rectovaginal, es una técnica compleja y difícil de aprender, pero una vez comprendida la técnica es un procedimiento que no conlleva mayor dificultad, ya que se tiene un control del movimiento de la hembra a ser servida y la pistola de inseminación puede ser llevada de diferentes maneras según la comodidad del técnico, dejando libres ambas manos para que no sea un obstáculo para inmovilizar, limpiar o introducir el brazo derecho en el recto, siendo una labor que se puede realizar por una sola persona. La técnica transvaginal con el equipo inseminador visual, presentó muchas dificultades en la práctica. Al ser este un equipo delicado, por la cámara frontal y la pantalla visual, se debe tener mucho cuidado en no golpear o dejar caer, por este motivo se necesita obligatoriamente ayuda de una segunda persona, para la inmovilización de la hembra y sostener la cola, para no golpear el equipo. Este equipo tiene un tamaño promedio en comparación a la pistola de inseminación tradicional por lo que no se puede acomodar de tal manera que dejan libres ambas manos para poder trabajar sin complicaciones. El taponamiento de la cámara frontal por la mucosa vaginal fue una de las complicaciones más presentes durante la práctica, obstruyendo la visibilidad para poder realizar la inseminación. A pesar de que se encontraron alternativas para poder limpiar la cámara sin necesidad de retirar el equipo, este es un favor importante a considerar, puesto que, hubo casos en que el flujo era abundante y se necesitaba forzosamente retirar el equipo, limpiar la cámara e introducir nuevamente al interior de la vagina de la vaca. Las dos técnicas necesitan de práctica previa y rigurosa antes llevar a cabo en campo. A pesar de que el equipo inseminador visual necesita de menos tiempo para adquirir la habilidad de realizar la inseminación o servicio en comparación a la técnica tradicional, este presenta mayor dificultad por el cuidado y la precaución que necesita el equipo.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Los resultados obtenidos con de la técnica de inseminación transvaginal con el equipo inseminador visual en hembras bovinas, no fueron estadísticamente diferentes a los resultados obtenidos mediante la técnica de inseminación rectovaginal o tradicional.
- La técnica de inseminación transvaginal reduce el tiempo de servicio con un promedio de 1,74 minutos, a comparación de la técnica rectovaginal con un promedio de 2 minutos, pero no hay diferencia estadística entre tiempos de servicios para los dos métodos de inseminación.
- La técnica de inseminación rectovaginal (T1), presentó un 7,14 % de beneficio en cuanto al porcentaje de concepción sobre la técnica de inseminación transvaginal mediante el equipo inseminador visual (T2). A pesar de este beneficio de una técnica de inseminación artificial en comparación al otro método de inseminación, los resultados obtenidos en porcentaje de concepción no difieren entre sí estadísticamente.
- El equipo inseminador visual además de ser un instrumento de inseminación artificial, sirve para analizar la condición sanitaria del aparato reproductor de la hembra, mediante chequeos de condición vaginal, cervical y/o fluido interno. Referente al servicio de inseminación artificial, a pesar de ser útil para la técnica transvaginal, el equipo necesita de mayor precaución y cuidado en su manipulación para evitar daños permanentes en el mismo, complicando la desenvolvura del técnico.

Recomendaciones

- Se deben realizar más investigaciones en el país con respecto al uso del equipo inseminador visual, con diferentes razas de hembras bovinas, así como también diferentes especies que pueden ser servidas con el equipo.
- Al considerar el precio del equipo y los resultados obtenidos en comparación a la técnica tradicional o rectovaginal, no es recomendable la adquisición de este equipo, a nivel de producción. Pero es un equipo didáctico que puede ser empleado para asesorías estudiantiles y para talleres reproductivos ganaderos.
- A nivel de distribuidor y comerciantes, se sugiere actualizar sus catálogos de ventas e instrucciones de uso, en vista que, el protocolo de utilización propuesto es erróneo, empezando desde la posición de introducción del dispositivo en el interior del tracto reproductivo. Además, el dispositivo promete depositar el semen a nivel intrauterino, pero en campo se pudo comprobar que solamente se llega hasta la parte posterior del cérvix y dependiendo del caso, se logra atravesar un anillo.
- A nivel de fabricantes, se recomienda diseñar un accesorio para brindar protección de esterilidad al equipo y evitar la propagación de infecciones bacterianas o víricas en el aparato reproductor de la hembra a ser servida. Con este accesorio se reducirá el trabajo por parte del técnico que brinda el servicio, puesto que, la desinfección como se propuso en este trabajo demanda de mayor tiempo.

Bibliografía

- Adolfo, A., & Mañotij, A. (2016). *Factores que afectan los resultados de un buen programa de I.A.*
www.produccion-animal.com.ar/www.produccionbovina.com
- Alonso, L., Galina, C., Romero, J. J., Estrada, S., & Galindo, J. (2012). *Usefulness of Rectal Palpation and Transrectal Ultrasonography in the Diagnosis of Gestation of the Zebu Cattle in the Humid Tropical in Costa Rica. XXII*, 9–16. <https://revistas.um.es/analesvet/article/download/503631/321941/184>
- Arias, R., Mader, T., & Escobar, P. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche Climatic factors affecting cattle performance in dairy and beef farms. In *Arch Med Vet* (Vol. 40). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2008000100002
- Bastidas, Y., & Gómez, M. (2019). Métodos de sincronización de celo en bovinos de leche aplicables para la meseta de Popayán. *Agricolae & Habitat*, 2(2). <https://doi.org/10.22490/26653176.3559>
- Bó, G., Alonso, A., Caccia, M., Carcedo, J., Cuataia, L., Moreno, D., Martínez, M., & Baruselli, P. (2008). *Fisiología de la reproducción de la vaca* (Primera).
- Bó, G., Alonso, A., Caccia, M., Carcedo, J., Cuataia, L., Moreno, D., Martínez, M., & Baruselli, P. (2017). *Sincronización del celo e inseminación artificial* (primera).
- Cabodevila, D. (2009). *Inseminación artificial en bovinos, el lugar de descarga del semen y la dosis inseminante, factores en constante revisión.*
<https://www.ganaderia.com/destacado/Inseminacion-artificial-en-bovinos%3A-el-lugar-de-descarga-del-semen-y-la-dosis-inseminante%2C-factores-en-constante-revision>
- Catálogo ecógrafo draminski iscan 2. (2021). *Catálogo ecógrafo draminski iscan 2.*

Catálogo equipo de inseminación visual. (2021). *Catálogo equipo de inseminación visual*.

Catena, M. (2014). *Mortalidad embrionaria bovina*. <https://doi.org/10.13140/2.1.2328.2884>

Duarte, A. (2018). *Manual de inseminación artificial de ganado*.

<https://www.uv.mx/veracruz/fmvz/files/2019/03/manualia.pdf>

Franco, J., & Uribe, L. (2012). *REPRODUCTIVE HORMONES OF VETERINARY IMPORTANCE IN DOMESTIC RUMINANT FEMALES* (Vol. 11, Issue 1). <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v11n1/v11n1a06.pdf>

Giraldo, J. (2007). Una mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación*, 4. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69540108>

Grasso, S., Gustavo, C., & Callejas, S. (2012). *Manual para Inseminador Núcleo de Inseminación Artificial*. <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/520/GRASSO%2C%20LUCIANO%20SALVADOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guarneros, R., & Zárabe, J. (2014). *Como mejorar la inseminación artificial en ganadería de doble propósito*. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/1002.pdf>

Gutiérrez, D., & Báez, G. (2014). *LA ULTRASONOGRAFÍA EN BOVINOS* (Vol. 19). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5364505.pdf>

Hernández, J. (2008). *Muerte embrionaria en la vaca lechera: Importancia en la producción y causas*. https://fmvz.unam.mx/fmvz/imavet/1999_1/img99_103.pdf

Hernández, J. (2016). *Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos lecheros*. https://fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/reproduccion/publicaciones/Fisiologia_Clinica.pdf

Hernández, J. (2018). *MANUAL DE LA PRÁCTICA DE PROFUNDIZACIÓN EN REPRODUCCIÓN ANIMAL (INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN BOVINOS)*.

[https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Profundizacion%20en%20Reproduccion%20\(Inseminacion%20Artificial\).pdf](https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Profundizacion%20en%20Reproduccion%20(Inseminacion%20Artificial).pdf)

Hidalgo, Y., Velásquez, C., Chagra, N., Llapapasca, N., & Delgado, A. (2018). Relationship between two methods of heat detection and reproductive efficiency in Holstein cows. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 29(4). <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15388>

Jaime, D. (2018). *INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN VACUNOS*.

www.inia.org.uy/prado/2004/inseminacionartificial.htm

Jiménez, A. (2018). *El Ciclo Estral Bovino*. <https://bmeditores.mx/ganaderia/el-ciclo-estral-bovino-2163/>

Komañski, G., Berisso, R., & Rodriguez, G. (2015). *Factores que afectan los resultados de la IATF y su impacto económico en rodeos de cría*.

<https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/459/KOMA%C3%91SKI%20%20GABRIEL%20ELOY%20%E2%80%93%20Facultad%20de%20Ciencias%20Veterinarias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Laguna, D. (2019). *Inseminación artificial en bovinos, ventajas y desventajas*. http://3.bp.blogspot.com/-rFL2olCgN_M/VRm73GwR1KI/AAAAAAAAAJuc/ZuZEA69w4hU/s1600/Inseminaci%C3%B3n%20Artificial.%2B

López. (2019). *Efecto de la gonadotropina coriónica equina sobre el porcentaje de concepción en ganado bovino sobre propósito en el Triunfo -Guayas*. Universidad de las fuerzas armadas, ESPE.

López, A., & Puerto, C. (2015). *Porcentaje de preñez en vacas sincronizadas con DIB[®] y la aplicación de benzoato de estradiol o cipionato de estradiol al momento de remover el implante*.

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/18ecd31a-6f39-4841-8dc5-b3a33a89eb80/content>

Marizancén, M., & Artunduaga, L. (2017). *Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo.*

<file:///C:/Users/Administrador/Downloads/Dialnet->

[MejoramientoGeneticoEnBovinosATravesDeLaInseminaci-6285365.pdf](#)

Ortiz, S., & Avila, K. (2018). *FUNDAMENTOS Y MÉTODOS ACTUALES DE DETECCIÓN DE CELO EN BOVINOS.*

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17509/2/2020_fundamentos_metodos_actuales.pdf

Perulactea. (2011). *Nueva Técnica de Inseminación Artificial en Bovinos, especialista boliviana.*

<http://www.perulactea.com/2011/11/02/especialista-boliviana-presenta-nueva-tecnica-de-inseminacion-artificial-en-bovino>

Raso, M. (2012). *Inseminación Artificial a Tiempo Fijo.* https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia46_inseminacion_ovina.pdf

Robson, C., Aguilar, D., López, S., Calvi, M., Cerlser, R., Flores, F., & Gómez, M. (2004). *INSEMINACION ARTIFICIAL EN BOVINOS.* https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/188-Inseminacion_2004.pdf

Rodríguez, A., & Vargas, R. (2016). *Inseminación artificial en vacunos.* <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=011405>

Rosatti, G. N. (2013). *INSEMINACION ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN VACAS PARA CARNE: EFECTO DEL SITIO DE DEPOSICION DEL SEMEN Y DEL NUMERO DE ESPERMATOZOIDES SOBRE EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO.*

https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6806/INTA_CRSantaFe_EE

AReconquista_Rosatti_GN_Inseminacion_artificial_a_tiempo_fijo_en_vacas_para_carne.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Stahringer, R. (2013). *Factores que Afectan los Resultados de un Programa de Inseminación Artificial*.

https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/216-Factores.pdf

Suárez, A. (2015). *EFICIENCIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL AL PRIMER SERVICIO POR LA TÉCNICA TRANSVAGINAL EN HEMBRAS BOVINAS DE LA HACIENDA EL PRADO*.

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18363/1/Tesis%2032%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20350.pdf>

Sumba, J. (2012). *Inseminación artificial con celo natural en vacas productoras de leche con semen sin el proceso de descongelado en el cantón Paute*.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2892/6/UPS-CT002471.pdf>

Tamayo, M. (2015). *LA ECOGRAFIA COMO MEDIO DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE LOS PROCESOS REPRODUCTIVOS EN EL BOVINO*. [https://www.produccion-](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/36-ecografia_reproduccion.pdf)

[animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/36-ecografia_reproduccion.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/36-ecografia_reproduccion.pdf)

Vela, D., & García, J. (2009). *Manual de inseminación artificial en bovinos*.

Villa, N., Morales, C., Granada, J., Mesa, H., Gómez, G., & Molina, J. (2007). Evaluación de Cuatro

Protocolos de Sincronización Para Inseminación a Tiempo Fijo en *Vacas Bos indicus* Lactantes.

Revista Científica Scielo, 17(5). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000500010

Enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1MEysK22JngyQHfD2ETauB14A_pS8lNvq?usp=sharing