

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

**Comportamiento reproductivo en vacas lecheras en anestro posparto
sincronizadas con DIV-B® y la aplicación de doble dosis de GnRH al momento
de la inseminación artificial**

Estudiante

María José Escoto Baires

Asesores

John Jairo Hincapié, D.Sc.

Marielena Moncada, Ph.D.

Honduras, octubre 2024

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Agradecimientos

A mis padres, quienes me han apoyado incondicionalmente en cada paso de este camino. A mis hermanos, Paty y José, por apoyarme en cada proyecto y aplaudir todos mis éxitos. Sin su amor, motivación y sacrificios, este logro no habría sido posible.

Contenido

Agradecimientos	3
Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Materiales y Métodos	12
Ubicación	12
Animales	12
Criterios de Inclusión	12
Manejo de los Animales	12
Tratamientos	13
DIV-B®	13
Gonadyol®	13
Cipiosyn®	14
Ciclase®	14
Novormón®	14
Conceptal®	14
Porcentaje de Preñez al Primer Servicio (PPPS).....	15
Porcentaje de Preñez al Segundo Servicio (PPSS).....	15
Porcentaje de Preñez Acumulada (PA)	15
Tasa de Concepción (TC)	15

Servicios por Concepción	16
Servicios por Concepción de Todas las Vacas	16
Costo por Tratamiento y por Vaca Preñada.....	16
Resultados y Discusión.....	18
Conclusiones	26
Recomendaciones.....	27
Referencias.....	28

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos de acuerdo con la aplicación de GnRH	13
Cuadro 2. Valores porcentuales para las variables porcentaje de preñez al primer servicio (PPPS), porcentaje de preñez al segundo servicio (PPSS) y preñez acumulada (PA) para los tratamientos GnRH doble, GnRH simple y Sin GnRH al momento de la inseminación artificial.	21
Cuadro 3. Valores medios para las variables Servicios por concepción (SC), Servicios por concepción de todas las vacas (SCTV) y Tasa de concepción (TC) para los tratamientos GnRH doble, GnRH simple y Sin GnRH.....	24
Cuadro 4. Costos de los productos empleados para el protocolo de sincronización de celos en los tratamientos aplicados.	25
Cuadro 5. Costos por tratamiento y por vaca preñada.	25

Resumen

La eficiencia reproductiva en vacas lecheras es crucial para la sostenibilidad y rentabilidad en la ganadería. El objetivo fue determinar la respuesta a la inducción y sincronización del celo y el porcentaje de preñez en vacas tratadas con DIV-B® y la aplicación doble dosis de GnRH al momento de la inseminación artificial (IA). Se incluyeron 112 vacas de las razas Holstein, Pardo Suizo, Jersey y sus cruces, divididas en tres grupos de tratamiento: GnRH doble, GnRH simple y sin GnRH al momento de la IA. Se midieron las variables porcentaje de preñez al primer (PPPS) y segundo servicio (PPSS) y preñez acumulada (PA), servicios por concepción (SC), servicios de todas las vacas (SCTV) y costo por vaca preñada. Los resultados mostraron que el tratamiento con GnRH doble tuvo el mejor desempeño ($P \leq 0.05$), con un PPPS de 58.33%, PPSS de 76.47%, y una PA de 78.38%, TC de 77.58%, SC de 1.26, SCTV de 1.44. Estos resultados superaron significativamente a los tratamientos con GnRH simple y sin GnRH con valores de 34.62% y 19.44% para PPPS, 44.44% y 44.44% para PPSS, 50.0% y 41.67% para PA, TC de 35.89% y 28.33%, SC de 1.30 y 1.53 y 2.84 y 3.60 para SCTV, respectivamente. El menor costo por vaca preñada se obtuvo con la GnRH doble al momento de la IA (80.21 USD). La combinación de DIV-B® con GnRH doble al momento de AI demostró ser la estrategia más efectiva para mejorar la preñez en vacas con anestro posparto sometidas a sincronización de celos.

Palabras clave: Anestro posparto, dispositivos intravaginales, eficiencia reproductiva, GnRH, inseminación artificial, vacas lecheras.

Abstract

Reproductive efficiency in dairy cows is crucial for sustainability and profitability in livestock farming. The objective was to determine the response to estrus induction and synchronization, as well as the pregnancy rate in cows treated with DIV-B® and a double dose of GnRH at the time of artificial insemination (AI). A total of 112 cows from the Holstein, Brown Swiss, Jersey breeds, and their crossbreeds were included, divided into three treatment groups: double GnRH, single GnRH, and no GnRH at the time of AI. The variables measured were pregnancy rate at the first (PPPS) and second service (PPSS), cumulative pregnancy (PA), services per conception (SC), total services of all cows (SCTV), and cost per pregnant cow. The results showed that the double GnRH treatment had the best performance ($P \leq 0.05$), with a PPPS of 58.33%, PPSS of 76.47%, and a PA of 78.38%, TC of 77.58%, SC of 1.26, and SCTV of 1.44. These results significantly outperformed the single GnRH and no GnRH treatments, with values of 34.62% and 19.44% for PPPS, 44.44% and 44.44% for PPSS, 50.0% and 41.67% for PA, TC of 35.89% and 28.33%, SC of 1.30 and 1.53, and 2.84 and 3.60 for SCTV, respectively. The lowest cost per pregnant cow was obtained with double GnRH at the time of AI (80.21 USD). The combination of DIV-B® with double GnRH at the time of AI proved to be the most effective strategy for improving pregnancy rates in postpartum anestrus cows undergoing estrus synchronization.

Keywords: Artificial insemination, dairy cows, GnRH, intravaginal devices, postpartum anestrus, reproductive efficiency.

Introducción

La eficiencia reproductiva en la industria ganadera, especialmente en el sector de las vacas lecheras, desempeña un papel de suma importancia para garantizar la sostenibilidad y la rentabilidad de las explotaciones. Uno de los desafíos cruciales que enfrentan los productores es asegurar que sus vacas conciban y mantengan ciclos de reproducción exitosos, particularmente durante el período posparto, cuando las tasas de preñez pueden fluctuar significativamente (Lucy et al., 2004).

Bajo condiciones normales, una vaca posee el potencial de ovular poco tiempo después del parto, sin embargo, el ganado bovino lechero bajo condiciones de pastoreo con frecuencia posee una alta incidencia de anestro posparto que extiende el intervalo desde el parto hasta la concepción y como consecuencia, afecta de manera negativa su desempeño reproductivo ((Paz, 2009). En este contexto, el anestro se define como la ausencia de comportamiento estral en un período de tiempo esperado; es un evento fisiológico normal que tiene un promedio de tiempo, siendo bajo condiciones pastoriles 45 a 60 días (Morales y Cavestany, 2012).

En el ámbito de vacas para leche, es esencial considerar diversos factores que inciden en el reinicio de la actividad ovárica, entre estos factores destacan el balance energético negativo (BEN), pobre condición corporal (CC), paridad/edad, diferentes enfermedades, alta producción de leche y la estación (J.T. Morales y D. Cavestany, 2012). Estas variables, identificadas en estudios previos, desempeñan un papel fundamental en la complejidad del reinicio de la actividad ovárica dentro del ámbito de la producción lechera. En este contexto, la función de la progesterona es crucial, ya que actúa sinérgicamente con los estrógenos para inducir el ciclo estral y preparar el endometrio para la implantación y el mantenimiento de la preñez (Villavicencio C., 2007).

Durante los últimos años, se han desarrollado diversas estrategias y protocolos que buscan sincronizar el ciclo reproductivo de las vacas lecheras en anestro posparto y mejorar sus posibilidades de preñez (Bo et al., 2005) . Estos enfoques incluyen la implementación de dispositivos intravaginales

(DIV-B®) que liberan progesterona y la administración de doble dosis de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) en el momento de la inseminación artificial (Anzuetto et al., 2014)

El control farmacológico del ciclo estral bovino mediante el uso de ésteres de estradiol, y los dispositivos intravaginales (DIV), es fundamental para sincronizar la reproducción en el ganado, mejorando así la eficiencia reproductiva en la industria ganadera (Lamb, 2012). El Dispositivo Intravaginal Bovino (DIV-B®) contiene progesterona y se emplea para regular el ciclo estral en bovinos. La liberación de progesterona tras la inserción del dispositivo desempeña un papel crucial en la dinámica folicular ovárica (VanRaden et al., 2003). Al introducir el dispositivo, simula la presencia del cuerpo lúteo, lo que provoca la regresión del folículo dominante y el inicio de una nueva onda folicular. Por otro lado, al retirar el dispositivo, la progesterona disminuye a niveles subluteales, lo que estimula el aumento de la hormona luteinizante (LH), el crecimiento y la persistencia del folículo dominante. Esto se traduce en concentraciones elevadas de estradiol, desencadenando el celo y, a nivel endocrino, culminando con un pico de LH seguido por la ovulación (Giraldo, 2008).

En un estudio realizado por (Ayala y Castillo, 2010) se evaluó el efecto sobre la eficiencia reproductiva de la aplicación de GnRH al momento de la inseminación artificial en vacas lecheras implantadas con dispositivos intravaginales de liberación lenta de progesterona y determinaron el efecto de la aplicación de 150 µg de gonadorelina como fuente de GnRH al momento de la inseminación artificial. Concluyeron que la aplicación de 150 µg de GnRH al momento de la inseminación artificial en vacas lecheras sincronizadas con dispositivos intravaginales mejora el porcentaje de preñez al primero, segundo servicio y preñez acumulada, servicios por concepción y tasa de concepción.

Otros estudios realizados han evaluado la sincronización de celos en vacas lecheras con anestro postparto, tal como indican Guevara y Oliva (2008) quienes evaluaron estos programas en vacas en anestro dándole como resultado que el porcentaje de inducción, de celo a la primera

sincronización fue de 100%, por otro lado, los porcentajes de vacas en celo al segundo servicio con el tratamiento DIV-B® (60%) y con DIV-B® RS (52.63%) fueron similares.

Con base en lo anterior, se desarrolló esta investigación, la cual tuvo como objetivo general determinar la respuesta a la inducción y sincronización del celo, así como el comportamiento reproductivo en vacas lecheras con anestro posparto tratadas con el dispositivo intravaginal DIV-B® y la aplicación de una doble dosis de GnRH en el momento de la inseminación artificial. Los objetivos específicos fueron: determinar el porcentaje de preñez al primer y segundo servicio, preñez acumulada, servicios por concepción y servicios por concepción de todas las vacas, tasa de concepción y determinar el costo por tratamiento y por vaca preñada.

Materiales y Métodos

Ubicación

El estudio se desarrolló en la unidad especializada de ganado lechero de la Escuela Agrícola Panamericana entre septiembre 2023 a febrero del 2024, ubicada a 32 km. de Tegucigalpa, con una altura promedio de 800 msnm, precipitación y temperatura promedio anual de 1100 mm y 26 °C, respectivamente.

Animales

Se utilizaron 112 vacas de las razas Holstein, Pardo Suizo, Jersey y sus encastes, distribuidas en tres grupos de 40, 34 y 38 vacas cada uno, uniformizados por raza/encaste y número de partos. Todas las vacas fueron sometidas a la revisión ginecológica por el médico veterinario a fin de determinar el buen estado, tamaño y funcionamiento de su tracto reproductivo, además verificar que tuvieran vigentes las vacunas contra IBR, DVB, PI3, virus sincitial bovino, enfermedades clostridiales y prueba negativa a la tuberculosis y brucelosis.

Criterios de Inclusión

Los criterios de inclusión utilizados fueron:

- Condición corporal ≥ 2.75 y ≤ 4 en la escala de 1 a 5
- Más de 80 días posparto y no haber presentado celo
- No haber cursado ningún tipo de enfermedad o anomalía durante el parto y/o puerperio (retención de placenta, hipocalcemia)
- No presentar mastitis o cojeras
- Número de partos ≥ 2 y ≤ 6

Manejo de los Animales

Todos los animales fueron mantenidos bajo las mismas condiciones de manejo y alimentación, la cual consistió en ocho grupos de vacas clasificadas por sus días en lactancia, número de partos y cantidad de leche que producen. Se les realizó dos ordeños: uno en la mañana (4:00 am) y otro en la

tarde (1:00 pm) bajo un sistema semi estabulado en el cual pastorearon aproximadamente seis horas al día, complementando su alimentación con una dieta a base de concentrado, ensilaje y heno, agregado a esto se les proporciona agua *ad libitum* y sales minerales, siendo estas últimas de alta importancia para el buen funcionamiento metabólico de los animales, optimizando producción y preñez en el hato.

Tratamientos

Los animales fueron distribuidos en tres grupos, donde cada uno representó un tratamiento y cada vaca una unidad experimental (Cuadro 1):

Cuadro 1

Distribución de los tratamientos de acuerdo con la aplicación de GnRH en vacas lecheras en anestro posparto

Tratamiento	n	Protocolo Día 0	Protocolo Día 8	Días 9 – 11 IA
Simple GnRH	34	DIV-B + BE 2 mg	Retirar DIV-B + ECP 1 mg + 500 mcg PGF ₂ α + 400 UI eCG	IACD+ 100μg GnRH
Doble GnRH	40	DIV-B + BE 2mg	Retirar DIV-B + 1 mg ECP + 500 mcg PGF ₂ α + 400 UI eCG	IACD+200μg GnRH
Control	38	DIV-B + BE 2mg	Retirar DIV-B + 1 mg ECP + 500 mcg PGF ₂ α + 400 UI eCG	IACD

Nota. IACD: inseminación a celo detectado; DIV-B: Dispositivo Intravaginal Bovino; BE: Benzoato de Estradiol; ECP: Cipionato de Estradiol; eCG: Gonadotropina Coriónica Equina; GnRH: Hormona liberadora de gonadotropinas.

Se utilizaron los siguientes productos de laboratorios Zoetis®(Argentina):

DIV-B®

Dispositivo intravaginal bovino de 1 g de progesterona. Los dispositivos intravaginales están impregnados con 1 g de progesterona y estos son utilizados para la regulación del ciclo estral en bovinos (Syntex, s.f.c).

Gonadyol®

Benzoato de estradiol (BE) 1 mg/mL. Derivado sintético del 17 β-Estradiol, el benzoato de estradiol es una hormona esteroidea sintetizada por el folículo ovárico, la cual es desarrollada para optimizar los resultados reproductivos de los tratamientos con progestágenos en bovinos. Induce la ovulación y mejora el porcentaje de preñez a la inseminación en bovinos (Syntex, s.f.a).

Cipiosyn®

Cipionato de estradiol (ECP) 0.5 mg/mL. Derivado semisintético de acción prolongada del 17 β -Estradiol, el Cipionato de Estradiol (CPE) es una hormona esteroidea sintetizada por el folículo ovárico, desarrollada para optimizar los resultados de los tratamientos con progestágenos en bovinos (Syntex, s.f.b).

Ciclase®

D-Cloprostenol 263 μ g/mL. Este es un análogo de la prostaglandina F2 α con una acción luteolítica y uterotónica. Se utiliza en el posparto temprano para mejorar la eficiencia reproductiva, se usa en vacas que ciclan normalmente con un celo no observado o no detectado. (Callejas, 2004)

Novormón®

Gonadotropina coriónica equina 200 UI/mL. Dada su acción dual FSH/LH la eCG o PMSG actúa estimulando en forma directa el desarrollo folicular y la ovulación en la mayoría de las especies domésticas. Induce la ovulación y superovulación en los bovinos, facilita el manejo de la inseminación artificial y el trasplante de embriones. Complemento en el tratamiento del anestro en bovinos, ovinos y caprinos (Callejas, 2004).

Conceptal®

Acetato de buserelina 0.0042 mg/mL. Solución inyectable contiene buserelina, análogo de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) la cual estimula la secreción de la hormona luteinizante (LH) y foliculoestimulante (FSH).

Las vías de aplicación de los medicamentos fueron intramuscular profunda utilizando aguja estéril calibre 18 \times 1½" y jeringas desechables estériles. El DIV es de aplicación intravaginal. Las inseminaciones y la condición corporal fueron realizadas por la misma persona a fin de evitar la variabilidad. Todas las vacas tuvieron la oportunidad de ser inseminadas en dos ocasiones. El diagnóstico de preñez se realizó por palpación rectal 60 días después de la última inseminación. En caso de presentar celo por tercera vez, se consideró como vacía para efectos de este estudio.

VARIABLES ANALIZADAS

Se analizaron las siguientes variables para cada uno de los tratamientos:

Porcentaje de Preñez al Primer Servicio (PPPS)

En el caso del PPPS, el parámetro relaciona el número de vacas las cuales quedaron preñadas al primer servicio/monta en un periodo determinado con el número de vacas las cuales fueron expuestas al primer servicio/monta en el mismo periodo (Cesaroni et al., 2007); calculado con la fórmula 1.

$$PPPS = \frac{\# \text{ vacas preñadas al primer servicio}}{\text{Total de vacas IA por primera vez}} \times 100 \quad [1]$$

Porcentaje de Preñez al Segundo Servicio (PPSS)

En el caso del PPSS, se relaciona el número de vacas preñadas al segundo servicio/monta en cierto periodo determinado con el número de vacas las cuales fueron expuestas al segundo servicio/monta en el mismo periodo; calculado con la fórmula 2.

$$PPSS = \frac{\# \text{ vacas preñadas al segundo servicio}}{\text{Total de vacas IA por segunda vez}} \times 100 \quad [2]$$

Porcentaje de Preñez Acumulada (PA)

Esta variable analiza el total de las preñeces obtenidas en cierto periodo de tiempo. Se calcula dividiendo el total de vacas que aparecen preñadas en el diagnóstico de gestación sobre el total de vacas inseminadas (G. Bo, s.f.); calculado con la fórmula 3.

$$\%PA = \frac{\# \text{ vacas preñadas}}{\# \text{ de vacas IA}} \times 100 \quad [3]$$

Tasa de Concepción (TC)

Se refiere al número de vacas que resultan preñadas en un lapso de tiempo por cada 100 vacas servidas. Como regla general la TC es, con inseminación artificial, del 55% aproximadamente, sin embargo, González (2001) sugiere valores entre 60 y 70% para vacas en el trópico (Fórmula 4).

$$TC = \frac{100}{\text{Servicios por concepción de todas las vacas}} \quad [4]$$

Servicios por Concepción

Este término se refiere al porcentaje de casos en los que los apareamientos resultan exitosos, es decir, en que el óvulo y el espermatozoide se fusionan adecuadamente para formar un cigoto. Este indicador se utiliza para medir la fertilidad de las vacas, ya que un mayor porcentaje sugiere un mayor nivel de fertilidad (Bo et al., 1995). La tasa es fundamental para entender la capacidad reproductiva del ganado, ya que influye en la eficiencia de la producción y el mejoramiento genético en la ganadería ((Gildemeister, 2022) [Fórmula 5].

$$SC = \frac{\# \text{ servicios realizados en vacas preñadas}}{\text{Total de vacas preñadas}} \quad [5]$$

Servicios por Concepción de Todas las Vacas

Este indicador proporciona una visión integral de la eficiencia reproductiva y la fertilidad en el manejo del hato, lo cual es crucial para optimizar la producción y la rentabilidad en la ganadería. Se divide el número total de vacas preñadas durante un tiempo específico por el número total de vacas servidas durante ese mismo tiempo tanto fértiles como infértiles (Hincapié et al. 2008) [Fórmula 6]

$$SCTV = \frac{\# \text{ servicios realizados en todas las vacas}}{\text{Total de vacas preñadas}} \quad [5]$$

Costo por Tratamiento y por Vaca Preñada

Se analizó el costo de cada uno de los tratamientos, así como el costo de cada vaca preñada por tratamiento. Para la variable costo por tratamiento se calculó el costo por dosis de cada uno de los medicamentos utilizados y con base en este dato se calculó el costo del protocolo más el costo del semen utilizado dividido por el número de vacas preñadas para cada tratamiento.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos y 40, 34 y 38 vacas para los tratamientos con doble dosis de GnRH, dosis simple de GnRH y control, respectivamente. Se consideró cada vaca como una unidad experimental. Para el análisis de las variables numéricas: servicios por concepción y servicios por concepción de todas las vacas, se utilizó el Modelo Lineal General (GLM) con el procedimiento de análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias con la prueba de rangos múltiples de Duncan. Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para verificar la normalidad de los datos; Los valores porcentuales fueron analizados con la prueba de Chi-cuadrado (χ^2). El programa estadístico utilizado fue el Statistical Analysis System (SAS 2014 versión 9.4). El nivel de significancia exigido fue de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

En general, el promedio de lactancias de las vacas incluidas en el estudio fue de 2.5 lactancias, con una media de condición corporal de 3.25; el porcentaje general en cuanto a la respuesta en la presentación de celo fue de 87.8%.

Porcentaje de Preñez al Primer Servicio (PPPS)

Hubo diferencias ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 2), siendo el tratamiento con la aplicación de doble dosis de GnRH al momento de la IA el que obtuvo mejores resultados, superando al tratamiento de dosis simple y control en un 23.71% y 38.89%, respectivamente. Estos resultados son superiores a los reportados por Córdova (1993), quien concluyó que la aplicación de GnRH al momento de la IA incrementaba el porcentaje de preñez en un rango del 5 al 10% respecto al tratamiento sin GnRH.

En un estudio realizado en Colombia, Villa et al. (2007) compararon cuatro protocolos de sincronización para la inseminación a tiempo fijo en vacas Brahman lactantes, evaluando los tratamientos con norgestomet, GPG, GPE y progesterona intravaginal (CIDR-B). El tratamiento con norgestomet, combinado con eCG, resultó en la tasa de preñez más alta (55.7%), siendo significativamente superior a los otros protocolos (19.3% para GPG, 22.5% para GPE y 21.7% para progesterona intravaginal). Aunque este estudio se realizó en un sistema diferente (IATF en Bos indicus), los resultados obtenidos con norgestomet son comparables a los observados con la doble dosis de GnRH en el presente estudio.

De manera similar (Salmon, 2012) identificó diferencias significativas entre tratamientos, donde el uso de 2500 UI de hCG y 150 μ g de GnRH que resultó en mejoras del 15.47% y 14.28% sobre el control, respectivamente. Sin embargo, estos porcentajes siguen siendo inferiores a los obtenidos con la aplicación de la doble dosis de GnRH en el presente estudio, lo que subraya la superioridad de este protocolo para mejorar las tasas de preñez en vacas lecheras con anestro postparto.

Finalmente, Brito (1992) señaló que el porcentaje de preñez al primer servicio es un indicador clave de la fertilidad del hato, y que un porcentaje óptimo se encuentra entre el 60 y 65%. El tratamiento con doble dosis de GnRH en este estudio se aproxima a este rango, consolidando su eficacia como estrategia para mejorar la fertilidad en vacas lecheras.

Porcentaje de Preñez al Segundo Servicio (PPSS)

No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 2); sin embargo, numéricamente se puede apreciar un mayor porcentaje para el tratamiento con doble de GnRH al momento de la IA.

En un estudio realizado en condiciones ambientales aledañas a las nuestras por (Martínez y Sierra, 2010), obtuvieron un porcentaje de preñez al segundo servicio del 40% en vacas tratadas con 400 UI de eCG, comparado con un 30% en aquellas que no recibieron eCG al momento del retiro del implante intravaginal DIV-B® sobre los porcentajes de inducción de celo y preñez en vacas lecheras con anestro posparto. En nuestro estudio, los resultados fueron superiores en el tratamiento con doble GnRH, alcanzando un 76.47% de preñez al segundo servicio. Aunque también se utilizaron vacas en anestro posparto, los tratamientos hormonales fueron diferentes, siendo GnRH en lugar de eCG, lo que podría explicar las diferencias en los resultados. En nuestro caso, el tratamiento con doble GnRH mostró una tendencia de mayor preñez al observado en el estudio con eCG.

Estos resultados no coinciden, con lo expuesto por Ponce (2019) quien en su investigación concluyó que la aplicación de la hormona GnRH al momento de la inseminación no fue satisfactoria ya que solo se obtuvo una tasa de preñez del 10% más que el grupo al cual no se añadió la GnRH.

En este contexto, De La Mata (2016) indica que la tasa de preñez esta influenciada por diferentes elementos que pueden incidir positiva o negativamente en alcanzar un porcentaje exitoso, como son: la categoría del animal, la condición corporal (CC) y su nutrición, la calidad del semen del toro, el estrés del animal, así como, el estado fisiológico del animal, su edad y la pubertad son elementos importantes. En relación con los resultados obtenidos en nuestro estudio, la tendencia

observada hacia una mayor tasa de preñez con la aplicación de doble dosis de GnRH, aunque no estadísticamente significativa, podría estar relacionada con una mejora en los factores anteriormente mencionados para las vacas tratadas, debido a que, un adecuado manejo de estos es fundamental para optimizar la respuesta reproductiva.

Preñez Acumulada (PA)

Para el caso de la preñez acumulada se tiene que, para obtener resultados efectivos sobre este indicador, es necesario conocer la totalidad de las preñeces, lo cual, se puede calcular mediante la relación del total de las vacas preñadas divididas para total de vacas tratadas, posteriormente se multiplica por cien (Hincapié et al. 2008). Las diferencias entre tratamientos fueron significativas siendo el tratamiento con GnRH doble al momento de la IA el que obtuvo los mejores resultados (Cuadro 2) superando al tratamiento con GnRH simple y control en 28.38% y 36.71%, respectivamente. Estos resultados con GnRH de doble dosis al momento de la IA superan los recomendados por Hincapié et al. (2008) quienes indican que para vacas en el trópico el porcentaje ideal de preñez acumulada está en el rango 60-75%, e igualmente están por encima de los recomendados por González (2001) de 50% para vacas en el trópico.

En este contexto, López (2014) llevó a cabo un estudio en la finca Jalisco, ubicada en Nicaragua, en el cual evaluó dos diferentes protocolos de sincronización del celo en vacas lecheras. El tratamiento con DIB Syntex® resultó en una preñez acumulada del 83.33%, mientras que el protocolo Bay OvSynch Bayer® obtuvo una preñez acumulada del 75%, contrastando con el grupo testigo que solo alcanzó un 25%. En comparación, los datos obtenidos en nuestro estudio muestran que el protocolo de doble dosis de GnRH alcanzó una preñez acumulada que no solo iguala, sino que en algunos casos supera los valores logrados por López (2014); Este resultado sugiere que el protocolo de GnRH doble ofrece beneficios substanciales para optimizar la preñez acumulada en programas de sincronización del celo en vacas lecheras en anestro posparto.

Cuadro 2

Valores porcentuales para las variables porcentaje de preñez al primer servicio (PPPS), porcentaje de preñez al segundo servicio (PPSS) y preñez acumulada (PA) para los tratamientos GnRH doble, GnRH simple y Sin GnRH al momento de la inseminación artificial

Tratamiento	PPPS (%)	PPSS (%)	PA (%)
GnRH doble	58.33 ^a	76.47	78.38 ^a
GnRH simple	34.62 ^b	44.44	50.00 ^b
Sin GnRH	19.44 ^b	44.44	41.67 ^b
P	0.0371	0.113	0.0043
CV	19.6933	9.8385	18.1411

Nota. CV: Coeficiente de variación; PPPS; Porcentaje de preñez al primer servicio; PPSS: Porcentaje de preñez al segundo servicio; PA: Preñez acumulada. Valores con distinta letra en columnas difieren estadísticamente entre si ($P \leq 0.005$).

Servicios por Concepción (S/C)

Las diferencias no fueron significativas en los tratamientos (Cuadro 3), sin embargo, los tres tratamientos presentan mejores valores de los sugeridos por (Brito, 1992) de 1.6 a 2.0 e (Hincapié et al., 2008) de menos de 1.7 S/C. Por otra parte, los resultados de esta investigación se encuentran dentro de los rangos sugeridos por (O'Connor, 1999) para vacas en el trópico de 1.3 y 1.7 S/C siendo estas como óptimas y de 1.2 S/C como ideales.

(Flores Jiménez et al., 2012) investigaron el efecto de la administración de progesterona cinco días después de la inseminación y encontraron que, aunque no hubo diferencias significativas en el porcentaje de concepción (PC) general entre el grupo tratado con progesterona y el grupo control, el tratamiento incrementó el porcentaje de concepción en el ciclo subsiguiente.

Por otro lado, la investigación de (Hidrogo y Hurtado, 2014) también reportó que no hubo diferencias significativas en S/C entre tratamientos, con valores de 1.2 y 1.1 para eCG y sin eCG en vacas lecheras, respectivamente. Estos valores se encuentran dentro del rango recomendado para vacas en el trópico y se consideran adecuados para evaluar la fertilidad en vaquillas. La falta de diferencias significativas en S/C en ambos estudios puede reflejar una eficacia general de los tratamientos aplicados, aunque los valores obtenidos en nuestro estudio son comparables y, en algunos casos, incluso mejores que los reportados por ellos.

De acuerdo con (González, 2001), los servicios por concepción (S/C) son factores económicos de gran relevancia, además de ser indicadores que permiten observar de mejor manera la fertilidad de un rebaño considerando que solo se incluyen los animales preñados. (Fricke, 2003) complementa esta visión al afirmar que la tasa de preñez en un rodeo lechero se determina por la multiplicación de la tasa de concepción por la tasa de servicio. Para mejorar la tasa de preñez, es crucial optimizar uno o ambos factores, ya que las vacas que requieren numerosos servicios antes de concebir indican tasas de concepción subóptimas. En este sentido, nuestros resultados, aunque no estadísticamente significativos, se alinean con el objetivo de reducir el número de servicios por concepción, contribuyendo a una mayor eficiencia reproductiva en las vacas en anestro posparto.

Servicio por Concepción de Todas las Vacas (SCTV)

(Hincapié et al., 2008) definen que los servicios por concepción de todas las vacas (SCTV) están relacionados con la eficiencia de los servicios y la fertilidad en el rebaño. Para el cálculo de este indicador se deben incluir todas las vacas tanto fértiles como infértiles aun las que han sido eliminadas; se debe dividir el número total de vacas preñadas en un periodo determinado sobre el total de vacas servidas en ese mismo periodo. Las diferencias fueron significativas entre los tratamientos (Cuadro 3) siendo el tratamiento con doble dosis de GnRH al momento de la IA el que obtuvo los mejores resultados, superando al tratamiento con GnRH simple y control 1.4 y 2.16 SCTV, respectivamente.

Al comparar estos resultados con los de (Ayala y Castillo, 2010), quienes reportaron un promedio de 1.5 SCTV para vacas tratadas con GnRH y 1.7 SCTV para vacas sin tratamiento, se observa que nuestros resultados para el grupo tratado con doble GnRH son ligeramente mejores. Esto sugiere que la administración de GnRH en una dosis doble optimiza aún más la eficiencia reproductiva en vacas bajo condiciones similares.

Estos hallazgos demuestran que, bajo las condiciones del estudio, la administración de una doble dosis de GnRH no solo mejora la eficiencia en términos de servicios por concepción, sino que

también supera los valores reportados en estudios previos para vacas en zonas tropicales, como los sugeridos por (González, 2001), quien propone rangos entre 2.5 y 2.7 SCTV como óptimos para estas condiciones. En contraste, los valores observados para los tratamientos dosis simple de GnRH y control se encuentran por fuera de dicho rango.

Tasa de Concepción (TC)

En otro sentido, los resultados para la tasa de concepción (TC) fueron significativos entre tratamientos siendo el tratamiento con dosis doble de GnRH el que presentó los mejores resultados superando al tratamiento con GnRH simple y control en 41.69% y 49.25%, respectivamente. Los porcentajes de TC observados para los tratamientos con GnRH simple y sin GnRH en la presente investigación son inferiores a los valores recomendados por (Hincapié et al., 2008) quienes recomiendan para vacas en el trópico un 55% como el nivel aceptable, mientras que el tratamiento con GnRH doble supera ampliamente el valor recomendado.

Cuando comparamos estos resultados con los obtenidos en el estudio de (Peña y Nieto, 2015), quienes utilizaron tratamientos con DIV-B[®] + CPE y DIV-B[®] + BE, se observa que el tratamiento con DIV-B[®] + CPE también mostró un incremento significativo en la TC en vacas lecheras, superando en un 12.08% al tratamiento con DIV-B[®] + BE, y en un 24.76% al grupo control. La tendencia observada en ambos estudios evidencia que la optimización del protocolo hormonal ya sea con GnRH o CPE, tiene un impacto directo positivo en la tasa de concepción.

En este contexto, los valores de TC para el tratamiento con GnRH doble lograron un nivel superior a lo recomendado por (González, 2001) entre 60 y 70%. Estos resultados se atribuyen a que la TC está influenciada directamente por los valores de SCTV y estos a su vez por el porcentaje de detección de celos.

Cuadro 3

Valores medios para las variables Servicios por concepción (SC), Servicios por concepción de todas las vacas (SCTV) y Tasa de concepción (TC) para los tratamientos GnRH doble, GnRH simple y Sin GnRH.

Tratamiento	SC	EE±	SCTV	EE±	TC	EE±
GnRH doble	1.26	0.1037	1.44a	0.0939	77.58a	0.0357
GnRH simple	1.30	0.1332	2.84b	0.1041	35.89b	0.0176
Sin GnRH	1.53	0.1333	3.60c	0.1309	28.33c	0.0120
P	0.2491		<0.0001		<0.0001	

Nota. EE±: Error estándar; SC: Servicio por concepción; SCTV: Servicio por concepción de todas las vacas; TC: Tasa de concepción. Valores con distinta letra en columnas difieren estadísticamente entre sí ($P \leq 0.005$).

Costo por Tratamiento y por Vaca Preñada

En el Cuadro 4 se presentan los costos de los productos empleados para el protocolo de sincronización. El Cuadro 5 refleja los costos del tratamiento DIV-B® + GnRH doble, DIV-B® + GnRH simple, y el tratamiento sin GnRH, así como los costos por vaca preñada en cada uno de los tratamientos. El tratamiento con GnRH doble presentó un costo por vaca preñada de 80.21 USD, siendo el tratamiento más eficiente en términos de costos, comparado con los tratamientos de GnRH simple y sin GnRH, que tuvieron costos de 140.21 y 150.4213 USD, respectivamente.

Este resultado refleja que, aunque el tratamiento con GnRH doble involucró un mayor costo inicial en comparación con los otros tratamientos, resultó ser el más rentable en términos de costo por vaca preñada, superando al tratamiento con GnRH simple y al tratamiento sin GnRH respectivamente.

De esta manera, un estudio realizado en México por (Rios et al., 2011) estimaron que por cada incremento de un punto porcentual en la tasa de preñez en un rango de 15 a 20%, se genera un ingreso adicional de \$748.00 por vaca al año. Estos resultados refuerzan la rentabilidad del protocolo con GnRH doble, ya que su mayor eficiencia reproductiva no solo reduce el costo por vaca preñada, sino que también podría incrementar significativamente los ingresos anuales por vaca, generando un beneficio económico a largo plazo en sistemas de producción lechera.

Cuadro 4

Costos de los productos empleados para el protocolo de sincronización de celos en vacas lecheras en anestro posparto en los tratamientos aplicados

Costos	GnRH Doble (USD)	GnRH Simple (USD)	Sin GnRH (USD)
DIV®	4.10	4.10	4.10
Novormón®	3.71	3.71	3.71
Cipiosyn®	0.47	0.47	0.47
Gonadiot®	0.36	0.36	0.36
Ciclase®	1.00	1.00	1.00
Conceptal®	11.76	5.88	0
Costo protocolo/vaca	21.40	15.52	9.64

Nota. Tasa de cambio 1 USD= 24.8873 lp.

Cuadro 5

Costos por tratamiento y por vaca preñada

Tratamiento	Costo protocolo/vaca	# vacas tratadas	Costo total protocolo	Pajuelas utilizadas	# vacas preñadas	Costo total protocolo + semen	Costo por vaca preñada
GnRH doble	21.4	40	856	42	29	2326	80.21
GnRH simple	15.52	34	527.68	37	13	1822.68	140.21
Sin GnRH	9.64	38	366.32	54	15	2256.32	150.4213

Nota. Costos reflejados en USD; Tasa de cambio 1\$: 24.8873 Lps; Costo por pajuela: 35 USD.

Conclusiones

Bajo las condiciones de este estudio, la aplicación de doble dosis de GnRH al momento de la inseminación artificial en vacas lecheras en anestro posparto sincronizadas con dispositivos intravaginales mejora el porcentaje de preñez al primer servicio, la preñez acumulada, los servicios por concepción de todas las vacas y la tasa de concepción.

El menor costo por vaca preñada se obtuvo con el tratamiento de GnRH doble, demostrando ser la opción más eficiente en comparación con los demás protocolos.

Recomendaciones

Implementar la aplicación de doble dosis de GnRH en los protocolos de sincronización de vacas en anestro posparto en la unidad de ganado lechero de Zamorano.

Realizar investigaciones futuras para explorar la efectividad de la combinación de GnRH con otros métodos de sincronización.

Realizar investigaciones futuras utilizando doble dosis de GnRH en ganado de carne.

Referencias

- Anzueto, H., Cáceres, L. (Sin especificar) y (Sin especificar). (2014). *Efecto de la aplicación de Catosal® en vacas lactantes cebuínas sincronizadas con dispositivos intravaginales DIV-B®: Efecto de la aplicación de Catosal® en vacas lactantes cebuínas sincronizadas con dispositivos intravaginales DIV-B®* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. [bdigital.zamorano.edu. https://bdigital.zamorano.edu/items/9aa29f58-1176-4f08-9001-7afdb8883177](https://bdigital.zamorano.edu/items/9aa29f58-1176-4f08-9001-7afdb8883177)
- Ayala, D. C. y Castillo, O. J. (2010). *Efecto de la aplicación de GnRH al momento de la inseminación artificial en vacas lecheras implantadas con dispositivos intravaginales* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. [bdigital.zamorano.edu. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/02bc8ca5-59b1-4d21-a7d2-833742408c59/content](https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/02bc8ca5-59b1-4d21-a7d2-833742408c59/content)
- Bo, G. A., Cutaia, L. y Chesta, P. (2005). Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría. *Syntex SA*, 1–25. https://www.researchgate.net/publication/237272085_PROGRAMAS_DE_INSEMINACION_ARTIFICIAL_A_TIEMPO_FIJO_EN_RODEOS_DE_CRIA
- Brito, R. (1992). *Control de la reproducción e infecciones puerperales*. (Félix Varela, Ed.) (1era). ISCA.
- Control farmacológico del ciclo estral bovino; bases: fisiológicas, protocolos y resultados.: Taurus* (22-34). (2004).
- Cesaroni, G., Butler, H. M. y Durand, M. J. (2007). Evaluación del uso de dos ésteres de estradiol sobre la tasa de fertilidad a la IATF en vacas secas, tratadas con un dispositivo intravaginal con progesterona. *Taurus*(9), Artículo 36, 12–18. <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:fvet.uba.ar:biblioteca:33096/Similar>
- Flores Jiménez, O. A., Roque Velázquez, C. I., López Ordaz, R., Benítez Sánchez, S., Oropeza Almazán, M. A. y Hernández Cerón, J. (2012). Porcentaje de concepción en vacas lecheras tratadas con progesterona cinco días después de la inseminación. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000400008
- Fricke, P. (2003). La ecuación de la reproducción en los rodeos lecheros. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/67-ecuacion_reproduccion_rodeos_lecheros.pdf
- Gildemeister, E. (2022). *Evaluación del protocolo de sincronización de celos y ovulación J-Synch en ganado lechero* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/74ee3508-5c38-4bcb-8083-4a286c16c49e/content>
- Giraldo, J. J. (2008). Sincronización y resincronización de celos y de ovulaciones en ganado de leche y carne. *Revista Lasallista de investigación*, 5(2), 90–99. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5745886>
- González, C. (2001). *Reproducción bovina* (p. 213, 437). *Reproducción Animal*. Fundación Girarz.

- Hidrogo, A. M. y Hurtado, D. (2014). *Parámetros reproductivos en vaquillas de razas lecheras sometidas a sincronización de celos y la aplicación de eCG al día 14 posinseminación artificial - content* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fc022687-dec4-4ef3-a42b-d3c1eefae289/content>
- Hincapié, J. J., Pipaon, E. y Blanco, S. (2008). *Trastornos reproductivos en la hembrabovina* (3ra). LITOCOM.
- J.T. Morales y D. Cavestany (2012). Anestro posparto en vacas lecheras: tratamientos hormonales. Revisión. *Veterinaria*, 48(185), 19–27.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4197262>
- Lucy, M. C., McDougall, S. y Nation, D. P. (2004). The use of hormonal treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture-based management systems. *Animal Reproduction Science*, 82-83, 495–512.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.05.004>
- Martínez, C. B. y Sierra, I. F. (2010). *Efecto de la aplicación de eCG al momento del retiro del implante intravaginal DIV-B® sobre los porcentajes de inducción de celo y preñez en vacas lecheras con anestro pos parto - content* [Proyecto Especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/02243043-c840-4401-8c3d-8181f0b54e57/content>
- Medidas de la eficiencia reproductiva, lecturas seleccionadas de reproducción animal.* (1999).
- Paz, G. (2009). Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche utilizando dispositivos con progesterona: Instituto de la Producción Animal Córdoba. *Taurus*, 20–34.
https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/145-IATF.pdf
- Peña, G. A. y Nieto, J. C. (2015). *Porcentaje de preñez en vacas lecheras sincronizadas con dispositivos intravaginales DIV-B® y dos fuentes de estradiol* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e8499063-0455-4149-8293-a50c11a3bfc0/content>
- Rios, M. A., Hernández-Cerón, J., López, D. y Trueta, S. R. (Eds.) (2011). *Estimación de la utilidad por vaca al año de acuerdo con los cambios en la tasa de preñez en hatos lecheros en sistemas de producción intensiva.*
- Salmon, C. (2012). *Tratamiento del anestro posparto en vacas lecheras con implantes intravaginales, Gonadotropina Coriónica Humana hCG y GnRH al momento de la Inseminación Artificial - content* [Proyecto Especial de Graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. bdigital.zamorano.edu.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e9fb594f-0300-438c-9d96-6b6dbae6220b/content>

Syntex. (s.f.a). *Benzoato de estradiol* syntex.
http://www.syntexar.com/usr/archivos/68_Ficha%20Técnica%20Benzoato%20de%20Estradiol%20Syntex®.pdf.

Syntex. (s.f.b). *Cipionato de estradion* syntex.
http://www.syntexar.com/usr/archivos/69_Ficha%20Técnica%20Cipiosyn®.pdf.

Syntex. (s.f.c). *Dispositivo intravaginal* Syntex.
http://www.syntexar.com/usr/archivos/67_Ficha%20Técnica%20DIB®.pdf.

Villavicencio C., P. A. (2007). *Respuesta de dos razas cebuínas y un cruce comercial a la inducción y sincronización del celo utilizando el dispositivo intravaginal de liberación de progesterona CIDR®: Respuesta de dos razas cebuínas y un cruce comercial a la inducción y sincronización del celo utilizando el dispositivo intravaginal de liberación de progesterona CIDR®* [Proyecto Especial de Graduación, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana-2012, Honduras].
bdigital.zamorano.edu. <https://bdigital.zamorano.edu/items/41b6090b-fc55-4e82-a505-f5358d71199b>