

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



Proyecto Especial de Graduación
Evaluación de un protocolo de sincronización y resincronización de celo en vacas Brahman y sus encastes en la unidad de ganado de carne de Zamorano

Estudiantes

Rachel Alina Centeno Chávez

Helen Elizabeth Durón Chevez

Asesores

Celia Trejo, Ph.D.

John Jairo Hincapié, D.Sc.

Honduras, julio 2023

Autoridades

SERGIO ANDRES RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO

Directora Departamento de Ciencias y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figuras	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Introducción.....	9
Materiales y Métodos.....	13
Ubicación	13
Animales.....	13
Tratamientos.....	14
Benzoato de Estradiol	16
Prostaglandina F ₂ alfa	16
Cipionato de Estradiol.....	16
Gonadotropina Coriónica Equina.....	16
Gonadorelina- GnRH	16
Dispositivo Intravaginal Bovino.....	16
Variables por Analizar	17
Diseño Experimental	18
Resultados y Discusión.....	19
Porcentaje de Presentación de Celo Post-retiro del Implante	19
Porcentaje de Preñez al Primer (PPPS) y Segundo Servicio (PPSS) y Preñez Acumulada (PA)	19
Servicios por Concepción (S/C) y Servicios por Concepción de Todas las Vacas (SCTV).....	21
Costo del Tratamiento y Costo por Vaca Preñada	21
Conclusiones	23
Recomendaciones.....	24
Referencias.....	25
Anexos.....	27

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Productos descritos en los protocolos con estrógenos, prostanoides, progestágenos y gonadotropinas.....	17
Cuadro 2 Porcentaje de presencia de celo (PC).....	19
Cuadro 3 Porcentaje de preñez al primer servicio (PPPS), segundo servicio (PPSS) y preñez acumulada (PA).....	20
Cuadro 4 Servicios por concepción (SC) y Servicios por concepción de todas las vacas (SCTV).....	21
Cuadro 5 Costo por tratamiento y costo por vaca preñada.	22

Índice de Figuras

Figura 1 Descripción de los tratamientos y grupos de vacas.....	15
Figura 2 Descripción de los protocolos utilizados.....	16

Índice de Anexos

Anexos A Costo por tratamiento y por vaca preñada.....	27
Anexos B Costo Reproductivo y Sanitario.....	28

Resumen

Con el fin de evaluar la eficiencia reproductiva de los protocolos de sincronización y resincronización de celo en ganado Brahman y sus encastes; se utilizaron 56 vacas de la raza Brahman y 60 vacas con encastes de las cuales fueron distribuidas bajo un diseño completamente al azar. Las variables estudiadas fueron porcentaje de presentación de celo post-retiro del implante (PC), porcentaje de preñez al primer servicio (PPPS), al segundo servicio (PPSS) y preñez acumulada (PA), servicios por concepción (S/C), servicios por concepción de todas las vacas (SCTV) y el costo del tratamiento y por vaca preñada. Se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA) utilizando el modelo lineal y la prueba de rangos múltiples de Duncan. Las variables de presentación de celo, porcentajes de preñez se analizaron con una distribución de frecuencias Chi-cuadrado, con un valor de significancia exigido de $P \leq 0.05$. El PC fue de 91.38% y se obtuvo un 62.07% de PA para ambos protocolos (sincronización/resincronización). Los resultados de S/C fueron de 1.5 y 1.63 para la sincronización y resincronización respectivamente y los SCTV fueron de 1.94 para sincronización y 2.52 para resincronización. Los costos por vaca preñada para el protocolo de sincronización se establecieron en US\$ 45.51 y US\$ 50.76 para las vacas encastadas y Brahman, respectivamente. Mientras que para el protocolo de resincronización se calcularon costos de US\$ 63.77 y US\$ 61.78 para el ganado encastado y Brahman respectivamente. Por lo tanto, el protocolo de sincronización en vacas Brahman y encastes muestran la alternativa más económica con base en los S/C y SCTV.

Palabras clave: Benzoato de estradiol, detección de celo, DIV, porcentaje de preñez.

Abstract

In order to evaluate the reproductive efficiency of estrus synchronization and resynchronization protocols in Brahman cattle and their crossbreeds, 56 Brahman cows and 60 crossbred cows were distributed under a completely randomized design. Each group (Brahman and crossbreeds) were randomly divided into two groups, one receiving the resynchronization protocol and the other not. Each cow was considered as an experimental unit. The variables studied were percentage of estrus after implant withdrawal (PC), percentage of pregnancy at first service (PPPS), at second service (PPSS) and cumulative pregnancy (PA), services per conception (S/C), services per conception of all cows (SCTV) and the cost of the treatment and per pregnant cow. An analysis of variance (ANOVA) using the linear model and Duncan's multiple range test was used. The variables of estrus presentation, pregnancy percentages were analyzed with a Chi-square frequency distribution, with a required significance value of $P \leq 0.05$. The PC was 91.38% and 62.07% PA was obtained for both protocols. S/C results were 1.5 and 1.63 for synchronization and resynchronization, respectively, and SCTVs were 1.94 for synchronization and 2.52 for resynchronization. Costs per pregnant cow for the synchronization protocol were set at US\$ 45.51 and US\$ 50.76 for cull and Brahman cows, respectively. While for the resynchronization protocol, costs were calculated to be US\$ 63.77 and US\$ 61.78 for the crossbred and Brahman cattle, respectively. Therefore, the synchronization protocol in Brahman and crossbred cows shows the most economical alternative based on S/C and SCTV.

Keywords: Estradiol benzoate, estrus detection, IVD, pregnancy percentage.

Introducción

La mayor preocupación de los productores de ganado bovino es la obtención de altos índices de producción, enfocándose en la optimización del manejo, nutrición eficiente y una rigurosa selección genética. No obstante, la infertilidad y los desórdenes reproductivos son problemas constantes en los hatos ganaderos. Los cuales, se ven reflejados en la expansión en intervalos parto-primer inseminación y parto-concepción, bajas tasas de concepción y días abiertos prolongados. Estos son los principales indicadores que se traducen en pérdidas económicas (INTAGRI 2018). Por ende, los ganaderos buscan mejorar la productividad en carne a través de cruzamientos de razas para volver la ganadería más innovadora. Cabe mencionar que, la mayoría del ganado bovino mundial se encuentra en las zonas tropicales, como ser, los *Bos indicus* que predominan por su gran capacidad de adaptación al clima y su fácil manejo. Por otro lado, el principal responsable de los efectos negativos en el comportamiento reproductivo de estos ejemplares es el anestro, definido como el período de ausencia de comportamientos de celo (Baruselli et al. 2004). En cuanto, a la productividad y la rentabilidad de las explotaciones ganaderas, estas son dependientes de la capacidad fisiológica de las vacas de tener una cría por año, y para lograr este objetivo se debe reducir al máximo el tiempo de anestro (Báez y Grajales 2009).

Una solución para los desórdenes reproductivos dentro del hato bovino es el desarrollo de procedimientos de sincronización de celo, con el objetivo de implementar la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) (Alonso et al. 2009). De la misma manera, la implementación de adelantos biotecnológicos, por medio de Inseminación Artificial (IA), en donde se introduce el mejoramiento genético para incrementar el valor reproductivo del hato, siendo diferentes entre una y otra por la diferencia de tiempo en el proceso de inseminación. Dando a entender que IA es a celo detectado y la IATF tomando en cuenta las horas de aplicación de hormonas para inseminación en tiempos exactos (Marizancén Silva y Artunduaga Pimentel 2017).

En particular, el estudio y conocimiento del ciclo estral de los bovinos le ha permitido a los investigadores y productores el desarrollo de nuevas técnicas de sincronización de celo (Obando 2020). Por ende, para alcanzar la solución a dicho problema, se han proporcionado protocolos de IA e IATF que facilitan la sincronización del estro para aumentar la proporción de vacas preñadas en un periodo corto de tiempo y a su vez disminuir los días parto-concepción. La ventaja proporcionada por dicha biotecnología es la capacidad de inseminar un extenso número de vientres sin la necesidad de que las hembras estén señalando comportamiento de estro (García Arjona et al. 2017). Cabe mencionar que, al iniciar un protocolo de sincronización, se manipula el ciclo estral de la hembra por medio de la aplicación de hormonas, esto para ayudar a la hembra a estar en condiciones fisiológicas aptas para realizar IA, favoreciendo así el mejoramiento genético al utilizar semen sexado de machos reproductores de razas específicas para mejorar la producción de carne (Riveros Pinilla et al. 2018).

Agregando a lo anterior, la IA va de la mano con la detección de celo junto con el sistema “AM-PM, PM-AM” donde las hembras que muestren comportamiento de celo en la mañana deberán ser intervenidas con inseminación en la tarde de ese mismo día. De la misma manera, las hembras que muestren comportamiento de celo en la tarde deberán ser inseminadas en la mañana del día siguiente. Cabe mencionar, que este sistema no asegura una gestación, debido a que, el ciclo estral presenta variaciones a lo largo de su desarrollo, asimismo el ambiente y el manejo hacia la hembra influyen en el proceso (Marizancén Silva y Artunduaga Pimentel 2017). El objetivo de realizar una IA, es tener una disminución en pérdidas económicas y a la vez, disminuir los días dentro del intervalo entre partos (IEP) dentro del hato. Por otro lado, el método de IATF es basado en la sincronización del estro de la hembra por medio de la aplicación de hormonas, siempre y cuando se respeten las horas y los tiempos de los distintos protocolos (Marizancén Silva y Artunduaga Pimentel 2017).

Para el uso de ambos métodos mencionados anteriormente, se requiere del seguimiento de protocolos de sincronización y resincronización de celo en las hembras basados en el uso de estrógenos, prostanoides, progestágenos y gonadotropinas, explicando su función en el

. Empezando por el protocolo de sincronización el cual es un protocolo convencional. En el día 0 se hace la aplicación del DIV-B (dispositivo intravaginal bovino) que contiene 1 g de P₄ (progesterona) seguido de una aplicación de 2 mg de BE (benzoato de estradiol) vía IM (intramuscular). En el día 8, se retira el DIV-B seguido de la aplicación de 500 µg PGF₂α (Prostaglandina F₂ alpha) + 1 mg Cipionato de estradiol (ECP) + 300 UI de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) finalizando con la aplicación del parche detector de celo. En el día 10 se aplica 150 µg GnRH (hormona liberadora de gonadotropina) y se realiza IACD (inseminación artificial a celo detectado) en caso de que el parche esté activado.

Siguiendo con el protocolo de resincronización, para aquellas vacas que no salieron preñadas en el día 23 se aplica DIV-B con 0.5 g de P₄. Seguidamente, siete días después, es decir en el día 30 se retira el DIV-B y se aplica el parche detector de celo. En el día 32 en dado caso el parche este activado se realiza IACD con la aplicación de 150 µg GnRH vía IM.

Estudios que se han realizado demuestran que la utilización de gonadotropina crónica equina (eCG) incrementa los valores de la tasa de concepción de forma constante lo que hace posible realizar IATF sin la necesidad de detectar celo. Cabe resaltar, que aquellas vacas en celo tienen una fertilidad superior a la observada en aquellas vacas sin celo (Cerrud y Delgado 2020).

Estudios realizados por Cerrud y Delgado (2020) utilizando 185 vacas de la raza Braford las fueron inseminadas a tiempo fijo utilizando DIV-B y BE separadas en dos grupos: 91 vacas para resincronización y otro grupo de 94 vacas usadas como control dando como resultado una distribución de celo más homogénea en el grupo resincronizado; por otro lado se obtuvo que la tasa de preñez fue de 69.2% (63/91) para el grupo resincronizado y 57.4% (54/94) para el grupo control.

Al evaluar la respuesta estral y la gestación de 110 vacas *Bos Taurus* de carne al ser sometidas a tratamiento con y sin la aplicación de gonadotropina crónica equina (eCG) siendo 60 vacas en el grupo 1 dentro del tratamiento con eCG y 50 vacas en el grupo 2 para el tratamiento sin eCG, se concluyó que 75% de las vacas del grupo 1 mostraron estró antes de la IATF en comparación al 57% de las vacas del grupo 2. De la misma manera, la proporción de preñeces fueron mayores en los

animales que se sometieron al tratamiento con la inyección de eCG correspondientes al grupo 1 que en las vacas del grupo 2 (Espinoza Villavicencio et al. 2021).

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar la eficiencia reproductiva de un protocolo de sincronización y resincronización de celo en ganado Brahman y sus encastes y como objetivos específicos evaluar los porcentajes de presentación de celo, preñez al primero y segundo servicio, preñez acumulada, determinar los servicios por concepción y servicios por concepción de todas las vacas y determinar el costo por tratamiento y por vaca preñada.

Materiales y Métodos

Ubicación

Este experimento se llevó a cabo en la Unidad de Aprendizaje de Ganado de Carne de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se encuentra ubicada en el Valle del Río Yegüare, a una altura de 783 msnm, con una precipitación anual de 1100 mm y con una temperatura promedio de 28 °C, a 30 km al sureste de Tegucigalpa, municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras.

Animales

Se utilizaron 116 vacas distribuidas en dos grupos de acuerdo con su composición racial: 56 vacas Brahman y 60 vacas con encastes de Brahman con razas taurinas de aptitud cárnica (Brahman-Senepol, Brahman-Senepol-Simmental, Brahman-Beefmaster-Senepol, Brahman-Beefmaster, Brahman-Droughtmaster, Brahman-Charolais, Brahman-Brown Swiss, Brahman-Gyr y Brahman-Holstein). Los criterios de inclusión fueron:

Condición corporal (CC) 5.5 a 7.5 en la escala de 1 a 9

Entre dos y seis partos

No haber presentado trastornos en el parto y/o periparto anterior

Al examen reproductivo no presentar alteraciones en el tracto reproductivo

Manejo de los Animales

Todos los animales fueron desparasitados 60 días antes de iniciar el experimento con Dectiver® Premium (ivermectina al 3.15%) en dosis de 1 mL /50 kg peso vivo vía subcutánea. Además, fueron vitaminados con ADE (Vigantol®) en dosis de 3 mL por vía intramuscular (IM) y con complejo B (Hematover Plus®) en dosis 10 mL por vía intramuscular (IM).

De igual manera, los animales presentaron vigente el plan de vacunación contra enfermedades clostridiales (vacuna: Ultrachoice®) así como contra las enfermedades virales que

afectan la reproducción (vacuna: CattleMaster®) como ser Rinotraqueitis Infecciosa bovina (IBR), Diarrea Vírica bovina (BVD), Respiratorio Sincial bovino (RSV) y Parainfluenza bovina tipo 3 (PI-3).

Los animales estuvieron en potreros siguiendo un sistema de pastoreo rotacional. Hubo un total de seis potreros, cada potrero tiene un área de 7 ha que fue dividido en 10-12 gavetas con cercas eléctricas móviles. Las vacas permanecieron en cada potrero durante 1½ día. Los pastos disponibles en los potreros son, *Panicum maximum* en las variedades Tobiatá, Tanzania y Mombaza. Las vacas se alimentaron únicamente del pasto disponible del potrero, además se les brindó cuatro bloques multi-nutricionales de 50 lb cada uno (con 13% de urea) cada dos días, todo en un sistema métrico. Asimismo, se brindaron 4.54 Kg de sal y 9.08 Kg de mineral (Fosbovi 120®) en relación 2:1 entregado *ad libitum* con un consumo mínimo aproximado de 60 g/animal/día.

Tratamientos

TRT 1: Encaste sincronizado

TRT 2: Encaste resincronizado

TRT 3: Brahman sincronizado

TRT 4: Brahman resincronizado

Todos los animales fueron sometidos al mismo protocolo de sincronización, posteriormente cada grupo (Brahman y encaste) fue dividido aleatoriamente en dos grupos aplicando el protocolo de resincronización en uno de los grupos, con una distribución final de 32 vacas de encaste y 30 vacas Brahman sometidas únicamente al protocolo de sincronización. Por otro lado, el protocolo de resincronización fue aplicado en 28 encastes y 30 vacas Brahman (Figura 1). El protocolo de sincronización, utilizado en los tratamientos 1 y 3, consistió en la aplicación intravaginal de un DIV 1 g de P₄ + 2 mg de Benzoato de estradiol, al día 8 se retiraron los dispositivos y se aplicaron 500 µg PGF_{2α} + 1 mg Cipionato de estradiol (ECP) + 300 UI de Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) + la colocación del parche, se realizó la inseminación a celo detectado (IACD) en aquellas vacas que presentaron parche activado + 150 µg GnRH al momento de la IA, las vacas que no presentaron celo ni parche

activado se les aplicó 150 µg GnRH a las 48-52 horas de retirado el dispositivo intravaginal y se inseminaron a tiempo fijo (IATF) 12 horas después de la aplicación de la GnRH; al día 8 cuando se retiraron los dispositivos. Para el protocolo de resincronización, aplicado en los tratamientos 2 y 4, se utilizó la siguiente metodología: 13 días después de haber realizado la IACD se colocó un DIV usado una vez y se retiró siete días después colocando en ese momento el parche para la detección del celo, todas las vacas fueron inseminadas a celo detectado y se les aplicó al momento de la IA una dosis de 150 µg GnRH vía IM (Cuadro 3).

Figura 1

Descripción de los tratamientos y grupos de vacas.

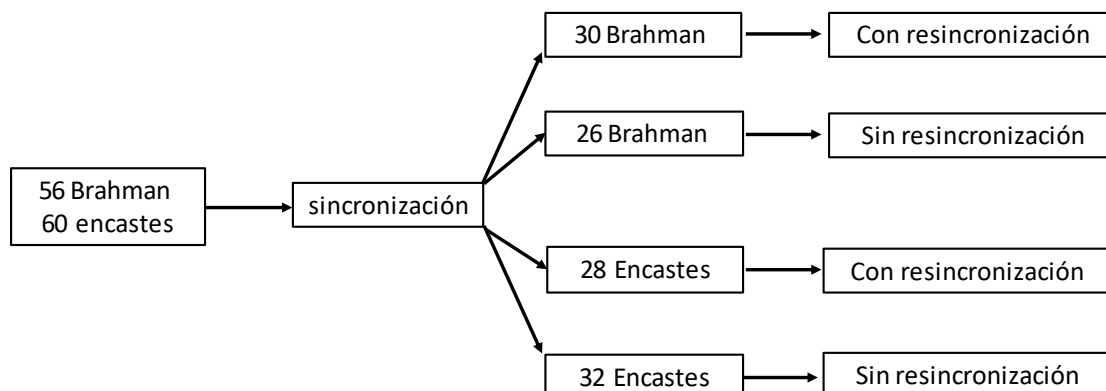
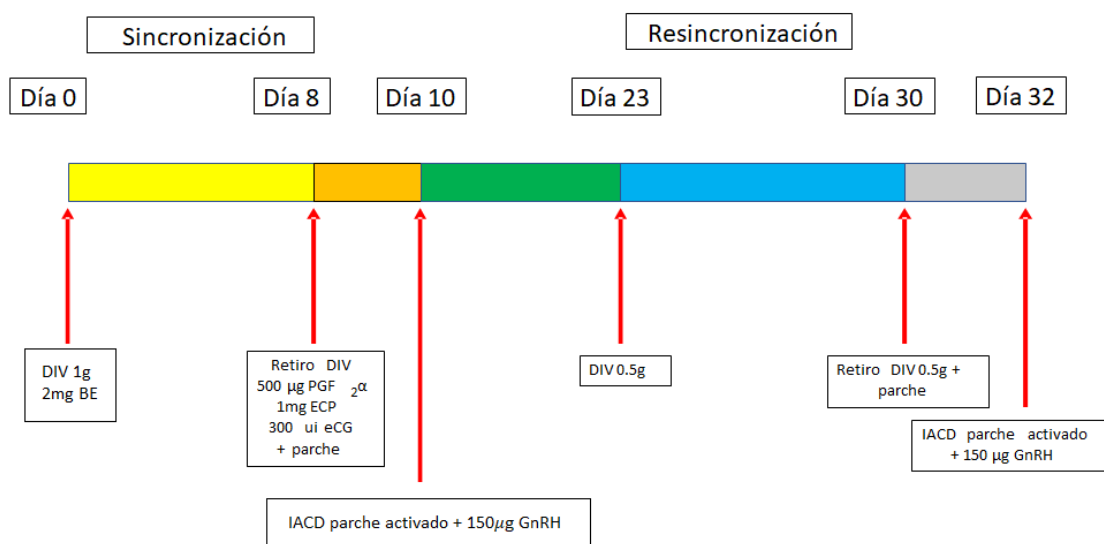


Figura 2

Descripción de los protocolos utilizados.



Los medicamentos utilizados fueron de laboratorios Zoetis®, los cuales se describen a continuación:

Benzoato de Estradiol

Gonadiol® (1 mg/mL). Dosis por animal: 2 mL Intramuscular

Prostaglandina F₂ alfa

Ciclase® (cloprostenol 7.5 mg/100 mL). Dosis por animal: 2 mL Intramuscular

Cipionato de Estradiol

Cipiosyn® (0.5 mg/ml). Dosis por animal: 2 mL Intramuscular

Gonadotropina Coriónica Equina

Novormón® (200 UI/mL). Dosis por animal: 1.5 mL Intramuscular

Gonadorelina- GnRH

Gonasyn® (gonadorelina acetato 50 µg/mL). Dosis por animal: 2 mL Intramuscular

Dispositivo Intravaginal Bovino

DIV® (1g P₄). Dosis un dispositivo por vaca

Todas las vacas fueron inseminadas por la misma persona a fin de evitar el efecto inseminador y tuvieron la oportunidad de ser inseminadas en dos ocasiones. El semen utilizado fue importado y su

calidad verificada en el laboratorio de reproducción de Zamorano. El diagnóstico de preñez se realizó a los 45 días contados a partir de la última inseminación.

Cuadro 1

Productos descritos en los protocolos con estrógenos, prostanoides, progestágenos y gonadotropinas.

Ingrediente Activo	Descripción/Función
	Estrógenos
Benzoato de Estradiol (BE)	Al inicio del tratamiento provoca atresia en los folículos ya existentes para poder inducir una nueva oleada folicular. Al finalizar el tratamiento, se asegura una presencia de un folículo y un ovocito viable. ¹
Cipionato de Estradiol (CPE)	
	Prostanoides
Cloprostenol Sódico	Prostaglandina F2 alpha (PGF ₂ α) responsable de la regresión del cuerpo lúteo viable con una declinación de progesterona (P ₄). ²
	Progestágenos
Progesterona	Reduce la producción de gonadotropinas para evitar las ovulaciones. De la misma manera, influye de manera positiva sobre el endometrio uterino al favorecer la secreción de materiales hacia el lumen uterino. En hembras preñadas mantiene la preñez brindando condiciones adecuadas para el desarrollo del embrión. ³
	Gonadotropinas
Hormona Gonadotrópica Equina	Estimula el desarrollo folicular y ovulación. ²
Gonadotropina	Usado para inducir la ovulación y el crecimiento folicular. A su vez, una segunda dosis ayuda a inducir el surgimiento de la hormona luteinizante (LH) seguido de la ovulación del folículo dominante. ⁴

Nota. Adaptado de ¹Peralta et al. (2010), ²García y Orellana (2020), ³Aréchiga Flores et al. (2021), ⁴Ohio State University (2015).

Variables por Analizar

Se determinaron las siguientes variables:

Porcentaje presentación de celo post-retiro del implante.

Porcentaje de preñez al primer (PPPS) y segundo servicio (PPSS) y preñez acumulada (PA). El parámetro de preñez al primer servicio relaciona el número de vacas gestantes al primer servicio con el número total de vacas del primer servicio durante el mismo periodo de tiempo (Hincapié et al. 2008); así mismo el porcentaje de preñez al segundo servicio indica el número de vacas que quedaron

preñadas al segundo servicio en relación de la totalidad del hato y el porcentaje de preñez acumulada relaciona el total de las vacas preñadas divididas para total de vacas tratadas multiplicado por cien (Hincapié et al. 2008). Servicios por Concepción (S/C). Se define como el número de servicios que en promedio se necesitan para que una vaca quede preñada. Se obtiene de sumar todos los servicios de las vacas preñadas en un periodo dividido entre el número de vacas que fueron diagnosticadas como preñada en ese mismo periodo.

Servicios por Concepción de Todas las Vacas (SCTV). Relaciona la eficiencia de los servicios y la fertilidad en el hato. Se debe incluir todas las vacas tanto fértiles como infértiles aun las que han sido eliminadas; se puede calcular dividiendo el número total de vacas preñadas en un periodo determinado sobre el total de vacas servidas en ese mismo periodo (Hincapié et al. 2008).

Costo del tratamiento y costo por vaca preñada. Costo del tratamiento se refiere a la elección de un tratamiento tomando en cuenta si el producto a utilizar es económicamente rentable. Costo por vaca preñada representa el costo económico que tiene el uso de ambos tratamientos para preñar una vaca demostrando así su rentabilidad y eficiencia.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar en un arreglo factorial 2×2 (composición racial y protocolos: con y sin resincronización) con 116 vacas considerando cada vaca como una unidad experimental. Los datos fueron analizados con un análisis de varianza (ANDEVA) utilizando el modelo lineal general (GLM, por sus siglas en inglés) y la prueba de rangos múltiples de Duncan; las variables de presentación de celo, porcentajes de preñez se analizaron con una distribución de frecuencias Chi-cuadrado, con un valor de significancia exigido de $P \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Porcentaje de Presentación de Celos Post-retiro del Implante

En el

Cuadro 22 se observan las medias de presentación de celos post-retiro de implante entre protocolos, raza/encaste y tratamiento. En el caso de los protocolos de sincronización y resincronización las diferencias no fueron significativas ($P > 0.05$), ya que, ambos grupos presentaron un porcentaje similar de parches activados después del retiro del DIV-B. Por otro lado, en los resultados entre razas/encastes tampoco hubo diferencias ($P > 0.05$; Cuadro 2); igual comportamiento ($P > 0.05$) se presentó entre los grupos de interacción entre raza/encaste con sincronización/resincronización (Cuadro 2).

Estos resultados superan a los de Mendez (2020) quien trabajando con vacas Brahman en Balao-Guayas obtuvo un 71% de presentación de celos; sin embargo, por otra parte Stahringer et al. (2012) reportan en Argentina un 79% de presentación de celos en vacas encastadas utilizando dispositivos intravaginales.

Cuadro 2

Porcentaje de presencia de celos (PC).

Tratamiento	PC
Sincronización	91.38
Resincronización	91.38
Probabilidad	1
Encaste	90
Brahman	92.86
Probabilidad	0.5838
Encaste sincronización	90.63
Encaste resincronización	89.29
Brahman sincronización	92.31
Brahman resincronización	93.55
Probabilidad	0.9498

Porcentaje de Preñez al Primer (PPPS) y Segundo Servicio (PPSS) y Preñez Acumulada (PA)

Se encontraron diferencias ($P = 0.0004$) entre protocolos de sincronización y resincronización para el porcentaje de preñez al primer servicio, ya que, en el grupo de sincronización superó en 32.75%

al grupo de resincronización. Sin embargo, en el porcentaje de preñez al segundo servicio y en preñez acumulada no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre protocolos (Cuadro 33).

Los resultados obtenidos en las variables de porcentaje de preñez al primer servicio, porcentaje de preñez al segundo servicio y en preñez acumulada entre razas/encastes no hubo diferencias ($P > 0.05$; Cuadro 3). Sin embargo, si hubo diferencias ($P \leq 0.05$) en el porcentaje de preñez a primer servicio entre la interacción razas/encastes con sincronización/resincronización siendo las interacciones Brahman sincronizado y Encaste sincronizado los que obtuvieron los mejores porcentajes de PPPS (Cuadro 3). Por otra parte, en los resultados de porcentaje de preñez a segundo servicio y preñez acumulada de acuerdo con las interacciones entre raza/encaste con sincronización/resincronización no hubo diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 33).

Estos resultados son similares a los reportados por (López 2014) quien obtuvo 66.6% para PPPS. De acuerdo con Sánchez (2010) se consideran valores aceptables de 52.1% para PPPS y del 60.4% para PA en el trópico, y se reporta como porcentajes buenos valores $>90\%$ para la preñez entre el primer y segundo servicio. Mientras que Bó et al. (2014) reporta como valores buenos un 50% para PA.

Cuadro 3

Porcentaje de preñez al primer servicio (PPPS), segundo servicio (PPSS) y preñez acumulada (PA).

Tratamiento	PPPS	PPSS	PA
Sincronización	60.34	33.33	62.07
Resincronización	27.59	62.5	62.07
Probabilidad	0.0004	0.3241	1
Encaste	46.67	46.67	58.33
Brahman	41.07	70	66.07
Probabilidad	0.544	0.1632	0.3907
Encaste sincronización	62.5 ^a	0	62.5
Encaste resincronización	28.57 ^b	53.85	53.57
Brahman sincronización	57.69 ^a	100	61.54
Brahman resincronización	26.67 ^b	68.42	70
Probabilidad	0.0051	0.2183	0.6445

Servicios por Concepción (S/C) y Servicios por Concepción de Todas las Vacas (SCTV)

En el Cuadro 44 las diferencias encontradas no fueron significativas ($P < 0.05$) entre protocolos de sincronización y resincronización en porcentajes SC y SCTV. Los mismos resultados se pueden observar en los porcentajes de SC y SCTV entre razas que no presentaron diferencias significativas entre sí. Mientras que entre los tratamientos sí presentaron diferencias significativas en ambas variables (S/C y SCTV). Por lo tanto, los tratamientos 2 y 4 no difieren entre sí, presentando los mejores resultados, seguidos por los tratamientos 1 y 3 que tampoco presentaron diferencias entre sí para los porcentajes de SC. En el caso de los porcentajes de SCTV el tratamiento 1 obtuvo los mejores resultados, seguido por el 2 y 4 que no presentaron diferencias significativas entre sí y por último el tratamiento 3.

Cuadro 4

Servicios por concepción (SC) y Servicios por concepción de todas las vacas (SCTV).

Tratamiento	SC	SCTV
Sincronización	1.05	1.94
Resincronización	1.63	2.52
Probabilidad	<0.0001	<0.0001
Encaste	1.22	2.14
Brahman	1.45	2.32
Probabilidad	0.2131	0.3515
Encaste sincronización	1.00 ^b	1.8 ^a
Encaste resincronización	1.53 ^a	2.6 ^b
Brahman sincronización	1.12 ^b	2.12 ^c
Brahman resincronización	1.71 ^a	2.47 ^b
Probabilidad	<0.0001	<0.0401
CV	37.9435	20.1374

Nota. CV: Coeficiente de variación

Costo del Tratamiento y Costo por Vaca Preñada

El costo de los tratamientos y costo por vaca preñada son dos indicadores de rentabilidad que ayuda a los productores a decidir el mejor programa reproductivo para mejorar el porcentaje de concepción de su hato. Los tratamientos de sincronización de encaste y Brahman son los de menor costo, teniendo una diferencia de US\$ 5.25 entre sí en el costo por vaca preñada (Cuadro 55). Los costos de los protocolos sanitarios y reproductivos se encuentran en el

Cuadro 5*Costo por tratamiento y costo por vaca preñada.*

Tratamiento	Vacas preñadas	Costo protocolo/vaca	Costo total protocolo	Pajuelas utilizadas	Costo total semen (US\$)	Costo total protocolo + semen (US\$)	Costo/vaca preñada (US\$)
Encaste sincronización	20	16.46	329.2	36	581.04	910.24	45.51
Encaste resincronización	15	21.81	327.15	39	629.46	956.61	63.77
Brahman sincronización	16	16.46	263.36	34	548.76	812.12	50.76
Brahman resincronización	21	21.81	458.01	52	839.28	1297.29	61.78

Nota. Tasa de cambio: 1 US\$ = 24.69 Lps. Costo/pajuela: US\$ 16.14

Conclusiones

Los porcentajes de presentación de celos entre protocolos, por razas/encastes y sus interacciones fueron superiores al 90%.

Bajo las condiciones de este estudio, el mejor porcentaje de preñez al primer servicio se obtuvo con el protocolo de sincronización, sin embargo, entre razas/encastes fue similar, pero las interacciones Brahman sincronizado y encaste sincronizados presentaron los mejores resultados. El porcentaje de preñez al segundo servicio y preñez acumulada fue similar en todos los parámetros estudiados.

Los mejores valores en servicios por concepción se obtuvieron con el protocolo de sincronización, y las interacciones Brahman sincronizado y encaste sincronizado; para el parámetro servicios por concepción de todas las vacas los mejores resultados se lograron con la interacción encaste sincronizado.

El menor costo por vaca preñada se obtuvo con la interacción encaste sincronizado.

Recomendaciones

Bajo las condiciones de estudio se recomienda aplicar el protocolo de sincronización de celos en las vacas encastadas en la Unidad de Ganado de Carne.

Realizar futuras investigaciones incluyendo un mayor número de animales por grupo.

Complementar la detección de celos con un celador permanente que observe el comportamiento de los animales y reducir el número de animales por lote para un mejor control.

Realizar futuras investigaciones evaluando las concentraciones hormonales de progesterona, estrógenos y LH tanto durante el protocolo como en los 15 días posteriores al retiro del dispositivo intravaginal para evaluar el efecto sobre la implantación del embrión.

Referencias

- Alonso LA, Galina Hidalgo CS, Maquivar Linfoot M, Romero Zúñiga JJ, Molina Echeverry I, Carvajal Arango P. 2009. Fertility assessment of bos indicus cows according to the estrus intensity, in a fixed time artificial insemination program under tropical conditions. *Revista Científica*; [consultado el 10 de ene. de 2023]. 19(6). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000600011.
- Aréchiga Flores C, Cortés Vidauri Z, Hernández Briano P, Flores Flores G, Rochín Berumen F, Ruiz Fernández E. 2021. Revisión: Función y regresión del cuerpo lúteo durante el ciclo estral de la vaca. *Revista Científica*; [consultado el 10 de ene. de 2023]. 9. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322019000100224. doi:10.21929/abavet2019.924.
- Báez G, Grajales H. 2009. Postpartum anestrus in cattle in the tropic. *Rev MVZ Córdoba*; [consultado el 10 de ene. de 2023]. 14(3). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682009000300011.
- Baruselli P. S., Reis EL, Marques MO, Nasser LF, Bó GA. 2004. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci*; [consultado el 10 de ene. de 2023]. 82-83:479–486. eng. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037843200400079X>. doi:10.1016/j.anireprosci.2004.04.025.
- Bó G, Huguenine E, Menchaca A. 2014. Control farmacológico del ciclo estral para IATF en vacas de cría: estado del arte. *Jornadas Taurus*; [consultado 02/05/23]. <https://fcvinta.files.wordpress.com/2015/06/horarios-de-iatf.pdf>.
- Cerrud E, Delgado J. 2020. Efecto de la sincronización y resincronización de celos sobre el porcentaje de preñez en la raza Brangus [Proyecto Especial de Graduación]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano; [consultado el 5 de feb. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/316e59f2-1eba-42f8-97d7-03175861b1e1/content>.
- Espinoza Villavicencio JL, Palacios-Espinosa A, Ortega-Pérez R, Guillén-Trujillo A, Manríquez-Hirales E. 2021. Inseminación artificial a tiempo fijo y reinseminación de vacas para carne tratadas con y sin gonadotropina coriónica equina. *NS*; [consultado el 5 de mar. de 2023]. 13(27). https://www.researchgate.net/publication/354975848_Inseminacion_artificial_a_tiempo_fijo_y_reinseminacion_de_vacas_para_carne_tratadas_con_y_sin_gonadotropina_corionica_equina. doi:10.21640/ns.v13i27.2747.
- García PB, Orellana E. 2020. Introducción de la Inseminación Artificial utilizando sincronización de celo en un hato de ganado de carne [Proyecto Especial de Graduación]. Francisco Morazán, Honduras: EAP Zamorano, EAP Zamorano; [consultado el 12 de ene. de 2023]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/7e8911ac-1bec-4996-abbd-57ce021ca42a/content>.
- García Arjona F, Rabahligno M, Toretta M. 2017. Resynchronization of estrus using progestogens and estradiol benzoate in suckled beef cows (Bos Taurus) managed on a grazing system from arid regions. *Revista Electrónica de Veterinaria*; [consultado el 10 de ene. de 2023]. 18(10):1–12. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63653470028.pdf>.
- [INTAGRI] Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. 2018. Parámetros Reproductivos del Ganado Bovino; [consultado el 10 de ene. de 2023]. (15). <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/parametros-reproductivos-del-ganado-bovino>.

- López L. 2014. Evaluación de dos protocolos de sincronización de celo (BAYER vs SYNTEX) en vacas lechera en la finca Jalisco, Comalapa, Chontales, 2014 [Tesis (Licenciatura)]. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria; [consultado 01/05/23]. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=NI2022001843>.
- Marizancén Silva MA, Artunduaga Pimentel L. 2017. Genetic improvement in cattle through artificial insemination and artificial insemination at fixed time. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*; [consultado el 10 de ene. de 2023]. 8(2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6285365>.
- Mendez A. 2020. Evaluación de la sincronización de celo en vacas y vaconas brahman en la hacienda de don manuel [Proyecto Especial de Graduación (Médico Veterinario y Zootecnista)]. Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador; [consultado 01/05/23]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/DELGADO%20MENDEZ%20ALEXIS%20FARID.pdf>.
- Obando D. 2020. Pharmacological bases and current aspects of bovine heat synchronization [Proyecto Especial de Graduación (Medicina Veterinaria Zootecnia)]. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; [consultado el 11 de ene. de 2023]. http://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17467/1/2020_bases_farmacol%C3%B3gicas_actualizaci%C3%B3n.pdf.
- Ohio State University. 2015. State of the art of GnRH - based timed AI in beef cattle. United States: Ohio State University, Animal Science Department; [consultado el 9 de feb. de 2023]. <https://animal-reproduction.org/article/5b5a6032f7783717068b4611/pdf/animreprod-12-3-473.pdf>.
- Peralta J, Aké J, Centurión F, Magaña J. 2010. Comparison of estradiol cypionate vs estradiol benzoate on estrus response and pregnancy rate in synchronisation protocols with CIDR in *Bos indicus* heifers and cows. *Revista Científica*; [consultado el 12 de ene. de 2023]. 26(2). <https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v26n2/v26n2a4.pdf>.
- Riveros Pinilla DA, Marin Cossio LC, Parra Arango JL, Peña Joya M, Chacón Jaramillo L, Góngora A. 2018. Comparison between two fixed-time artificial insemination protocols in Brahman cows. *Rev MVZ Córdoba*; [consultado el 12 de feb. de 2023]. 23:7025–7034. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8286171>. doi:10.21897/rmvz.1425.
- Sánchez A. 2010. Parámetros reproductivos de bovinos en regiones tropicales de México [Proyecto Especial de Graduación (Médico Veterinaria Zootecnista)]. México: Universidad Veracruzana; [consultado 02/05/23]. https://www.uv.mx/personal/avillagomez/files/2012/12/Sanchez-2010_Parametros-reproductivos-bovinos.pdf.
- Stahring R, Vispo P, Prieto P. 2012. Efecto de eCG y manifestación de celo sobre el porcentaje de preñez en protocolos de IATF. *Revista Argentina de Producción Animal*; [consultado 02/05/23]. 32. <http://www.aapa.org.ar/rapa/32/supl2012.pdf>.

Anexos

Anexos A

Costo por tratamiento y por vaca preñada.

Tratamiento	Vacas preñadas	Costo protocolo /vaca	Costo total protocolo	Pajuelas utilizadas	Costo total semen (US\$)	Costo total protocolo + semen (US\$)	Costo/vaca preñada (US\$)
Encaste sincronización	20	16.46	329.2	36	581.04	910.24	45.51
Encaste resincronización	15	21.81	327.15	39	629.46	956.61	63.77
Brahman sincronización	16	16.46	263.36	34	548.76	812.12	50.76
Brahman resincronización	21	21.81	458.01	52	839.28	1297.29	61.78

Tasa de cambio: 1 US\$ = 24.69 Lps.

Costo/pajuela: 16.14 US\$

Anexos B

Costo Reproductivo y Sanitario

Lps	Producto	Valor US\$	Dosis	Valor/mL	Valor dosis/vaca (Sincro)	Valor dosis/vaca (Resincro)
L. 429.00	Gonadiol × 100 mL	17.38	2 mL	0.17	US\$ 0.35	US\$ 0.35
L. 2,199.00	DIV-B bolsa de 10 unidades	89.06	1	8.91	US\$ 4.45	US\$ 8.91
L. 1,150.00	Novormón × 5000 UI	46.58	3 mL	1.86	US\$ 5.59	US\$ 5.59
L. 629.00	Ciclase × 20 mL	25.48	2 mL	1.27	US\$ 2.55	US\$ 2.55
L. 529.00	Gonasyn × 20 mL	21.43	2 mL	1.07	US\$ 2.14	US\$ 2.14
L. 609.00	Cipiosyn × 100 mL	24.67	2 mL	0.25	US\$ 0.49	US\$ 0.49
L. 1,100.00	Parche × 25 unidades	44.55		0.89	US\$ 0.89	US\$ 1.78
L. 398.60	Semen	16.14			US\$ 16.46	US\$ 21.81