

**Evaluación de dos fuentes de estradiol en un
protocolo de sincronización de celos y ovulación
para la implementación de la inseminación
artificial en la finca Mi Esperanza, Choluteca,
Honduras**

Cristobal Manuel Campos Flores

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de dos fuentes de estradiol en un
protocolo de sincronización de celos y ovulación
para la implementación de la inseminación
artificial en la finca Mi Esperanza, Choluteca,
Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Cristobal Manuel Campos Flores

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2020

Evaluación de dos fuentes de estradiol en un protocolo de sincronización de celos y ovulación para la implementación de la inseminación artificial en la finca Mi Esperanza, Choluteca, Honduras

Presentado por:

Cristobal Manuel Campos Flores

Aprobado:


John Jairo Hincapié (Nov 9, 2020 10:02 CST)

John Jairo Hincapié, D.Sc.
Asesor Principal



Rogel Castillo, M.Sc.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria


Isidro Matamoros (Nov 9, 2020 16:24 CST)

Isidro Matamoros, Ph.D.
Asesor



Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico


Angel Augusto Suazo (Nov 11, 2020 10:46 CST)

Ángel A. Suazo, M.A.E
Asesor

Evaluación de dos fuentes de estradiol en un protocolo de sincronización de celos y ovulación para la implementación de la inseminación artificial en la finca Mi Esperanza, Choluteca, Honduras

Cristobal Manuel Campos Flores

Resumen: El estudio se realizó en la finca Mi Esperanza, ubicada a 8 km de la ciudad de Choluteca. Se utilizaron 40 vacas con encastes de las razas Pardo Suizo, Holstein, Brahman y Jersey divididas en dos tratamientos de 20 vacas cada uno. Se evaluaron dos protocolos de sincronización de celos con dispositivos intravaginales DIV-B; para el tratamiento 1 se insertó el DIV-B (día 0) + 2 mg de Benzoato de Estradiol (BE), el día 8 se retiraron los DIV-B y se aplicó 1 mg de BE + 500 mcg de PGF₂ α + 400 ui de eCG. En el tratamiento 2 se insertó el DIV-B (día 0) + 2 mg de Benzoato de Estradiol (BE), el día 8 se retiraron los DIV-B y se aplicó 1 mg de Cipionato de Estradiol + 500 mcg de PGF₂ α + 400 ui de eCG. La inseminación se realizó a celo detectado. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) para % de Presentación de Celo con valores de 100 y 80%, Servicios por Concepción de Todas las Vacas (2.38 y 3.11) y Tasa de Concepción (43.58 y 32.4%) entre DIV-B/EB y DIV-B/ECP, respectivamente. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) para % Preñez a Primer Servicio (30 y 25%), % Preñez a Segundo Servicio (63.64 y 50%), % Preñez Acumulada (64 y 45%) y Servicios por Concepción (1.53 y 1.44) para los protocolos DIV-B/BE y DIV-B/ECP, respectivamente. El menor costo por vaca preñada se obtuvo con el protocolo de sincronización de celos DIV-B/BE.

Palabras clave: Condición corporal, detección de celo, dispositivos intravaginales, porcentaje de preñez.

Abstract: The study was carried out at the Mi Esperanza farm, located 8 km from the city of Choluteca. 40 cows with casings of the Brown Swiss, Holstein, Brahman, and Jersey breeds were used, divided into two treatments of 20 cows each. Two heat synchronization protocols were evaluated with DIV-B intravaginal devices; for treatment 1, DIV-B (day 0) + 2 mg of Estradiol Benzoate (BE) was inserted, on day 8 the DIV-B were removed and 1 mg of BE + 500 mcg of PGF₂ α + 400 iu of eCG. In treatment 2, DIV-B (day 0) + 2 mg of Estradiol Benzoate (BE) was inserted, on day 8 the DIV-B were removed and 1 mg of Estradiol Cypionate + 500 mcg of PGF₂ α + 400 was applied eCG ui. Insemination was carried out at detected heat. Significant differences ($P \leq 0.05$) were found for % of Heat Presentation with values of 100 and 80%, Services by Conception of All Cows (2.38 and 3.11) and Conception Rate (43.58 and 32.4%) between DIV-B / EB and DIV-B / ECP respectively. No significant differences ($P > 0.05$) were found for % Pregnancy at First Service (30 and 25%), % Pregnancy at Second Service (63.64 and 50%), % Accumulated Pregnancy (64 and 45%) and Services by Conception (1.53 and 1.44) for the DIV-B / BE and DIV-B / ECP protocols respectively. The lowest cost per pregnant cow was obtained with the DIV-B / BE heat synchronization protocol

Key words: Body condition, heat detection, intravaginal devices, pregnancy percentage.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Índice General	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	12
5. RECOMENDACIONES.....	13
6. LITERATURA CITADA.....	14

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Protocolos de sincronización de celos y ovulación utilizados en la finca Mi Esperanza, Choluteca	5
2. Valores medios de la condición corporal y porcentaje de presentación de celo entre dos protocolos de sincronización de celos y ovulación en la finca Mi Esperanza, Choluteca, Honduras	6
3. Porcentaje de preñez al primer servicio (% PPS), preñez al segundo servicio (% PSS) y preñez acumulada (% PA) entre dos protocolos de sincronización de celos y ovulación en la finca Mi Esperanza, Choluteca, Honduras	8
4. Valores medios de servicios por concepción (SC), servicios por concepción de todas las vacas (SCTV) y tasa de concepción (TC) en vacas doble propósito bajo dos protocolos de sincronización de celos y ovulación en la finca Mi Esperanza, Choluteca	9
5. Costo del protocolo de sincronización de celos y ovulación DIV-B/BE (US\$)	10
6. Costo del protocolo de sincronización de celos y ovulación DIV-B/ECP (US\$)	10
7. Comparación de costos (US\$) de dos protocolos de sincronización de celos y ovulación en vacas de la finca Mi Esperanza, Choluteca.....	11

1. INTRODUCCIÓN

El buen manejo de un hato genera beneficios para el productor como: obtener un parto por año por vaca, mejorar las características físicas, productivas y reproductivas, descartar animales con problemas y baja rentabilidad. Lograr un ternero por vaca y por año en un sistema de producción, significa que, restando a los 365 días del año, 283 del periodo de gestación, las hembras deberían estar nuevamente preñadas a los 82 días de paridas (Bó *et al.* 2005). Esto viene a ser un factor clave para la rentabilidad en un hato, debido a que, entre más tarde se preña una vaca, más prolongado será su retorno a producción.

En una finca organizada, con el fin de mejorar la productividad, se pueden implementar nuevas técnicas como: sincronización de celo e inseminación artificial (IA). En los países centroamericanos, en las fincas de escala baja a intermedia, no es muy común la realización de estas prácticas, ya que requieren de una alta inversión y capacitación de personal para la realización de ellas.

Los sistemas de sincronización de celo emplean métodos para controlar el desarrollo de la onda folicular, promover la ovulación de vacas que no muestran señales o conductas de celo (anestro) y la regresión del cuerpo lúteo (Lucy 2004). Las vacas mestizas tienen una tasa de concepción (TC) aceptable, sin embargo, tienen una tasa de preñez (TP) baja debido a limitaciones en la expresión y detección del celo. Además, las vacas cruzadas se demoran más en regresar a la ciclicidad posparto. Existen varios factores que pueden influir en la TP de las vacas lecheras en los trópicos. Entre ellos, destacan la condición corporal (CC) al parto y pérdida de CC en el puerperio, infecciones e involución uterina, retorno a la ciclicidad, estrés térmico, eficiencia en la detección de celo y manipulación hormonal del ciclo estral (Sartori y Moraes 2007).

La sincronización de celo sirve para determinar el tiempo en el cual un productor desea preñar a una vaca, indica el tiempo preciso en el que las vacas presentarán el celo y su respectiva inseminación artificial, además de reducir los días abiertos de las vacas posparto, con el fin de generar un parto por año. Dicha herramienta de sincronización de celo ha venido a revolucionar la reproducción animal y ayudado a los productores a reducir los días abiertos, por otra parte, aumenta las tasas de preñez por servicio. Se conoce que bajos contenidos de progesterona posparto son asociados con ciclos cortos anovulatorios y concentraciones altas de progesterona son asociadas a ciclos normales y largos con ovulaciones normales, debido a esta razón se utilizan dispositivos intravaginales con concentraciones altas en progesterona que provocan recambio folicular, adelantando la ciclicidad normal reduciendo los días abiertos y el intervalo parto concepción (Syntex sf.a).

Al introducir el dispositivo intravaginal dentro del animal la progesterona inicia su función ya que esta tiene un rol importante sobre la dinámica folicular, provocando una regresión del folículo dominante y acelerando el recambio para iniciar nuevas ondas foliculares. Seguidamente inicia el aumento de la hormona folículo estimulante (FSH, por sus siglas en inglés) y esta es la responsable de la emergencia de la siguiente onda folicular. Al retirar el dispositivo intravaginal causa una caída del nivel de progesterona y aumenta la frecuencia de la hormona luteinizante (LH, por sus siglas en inglés). Se aplica una dosis de prostaglandina la cual es encargada de destruir el cuerpo lúteo si ese fuera el caso sin afectar los cuerpos lúteos inmaduros. Se realiza también la aplicación de la

Gonadotropina coriónica equina (eCG) la cual crea las condiciones para el crecimiento folicular y la ovulación y su uso ha demostrado ser beneficioso en rebaños con bajas tasas de ciclicidad, en animales recién paridos (período posparto inferior a dos meses) y en animales con condiciones corporales comprometidas la cual ayuda a elevar los niveles LH (Baruselli *et al.* 2004). Esta hormona es secretada en las copas endometriales de las yeguas gestantes aproximadamente entre los 40 y 120 días de gestación. Tiene actividad en las hormonas FSH (folículo estimulante) y LH (luteinizante) cuando es administrada en especies distintas al equino, estimula el desarrollo folicular y ovulación. Esta posee una vida media prolongada la cual permite utilizar dosis única, por tanto, es muy utilizada cuando hay problemas de anestros (Syntex 2005).

Comúnmente se realiza la aplicación de la hormona benzoato de estradiol (BE), esta es un derivado sintético del 17- β Estradiol que ayuda en la inducción y sincronización de celo con progesterona debido a que induce el crecimiento y persistencia del folículo dominante con altas concentraciones de estradiol, esto provoca el celo e incita el pico de LH que desencadena la ovulación (Syntex sf.a). El estradiol tiene dos funciones principales, cuando es aplicado al inicio del tratamiento con progestágenos, provoca la atresia de los folículos existentes, para así inducir el surgimiento de una nueva oleada folicular entre tres y cinco días después de su aplicación (Bó *et al.* 1994). Esto asegura la presencia de un folículo nuevo y un ovocito viable al finalizar el tratamiento. Cuando el estradiol se aplica al retiro del progestágeno, induce una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo produciendo a su vez la liberación de GnRH, la cual es capaz de aumentar los pulsos y la frecuencia de la LH, logrando con ello que se unifique y se reduzca el tiempo en que se presenta la ovulación (Lefebvre y Block 1992; Lucy 2004; Peralta Torres *et al.* 2010).

Por otra parte, el Cipionato de estradiol (ECP) es un derivado semisintético del 17- β Estradiol que a diferencia del BE tiene una acción prolongada (Syntex sf.a). A pesar de que el CPE se ha comprobado que no es efectivo para sincronizar la emergencia de una nueva onda folicular, cuando se lo ha administrado en el momento de retirar el dispositivo intravaginal, ha permitido obtener porcentajes de preñez que no difieren estadísticamente de aquellos que se obtienen cuando se inyecta BE 24 h posteriores (Armendano *et al.* 2015).

De acuerdo con investigaciones realizadas, los resultados obtenidos en la tasa de gestación con el uso del benzoato de estradiol han sido variables entre el 45 y 47.5% (Ross *et al.* 2004), mientras que con el uso del Cipionato de estradiol la tasa de gestación reportada es alrededor del 56% (Colazo *et al.* 2004). Los porcentajes de preñez obtenidos son muy variados, especialmente en los programas de IATF, alcanzando en Argentina tasas efectivas de preñez de alrededor del 50% (Cutaia *et al.* 2003). Armendano *et al.* (2015) quienes trabajando con vacas de la raza Polled Hereford y Aberdeen Angus con cría obtuvieron porcentajes de preñez de 41.3% y 45.4% para BE y CPE, respectivamente ($P > 0.05$).

La inseminación artificial (IA) y la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), tienen como diferencia el tiempo del proceso de la inseminación, la IA se maneja a celo detectado y la IATF debe tener en cuenta las horas de la aplicación de las hormonas para la inseminación en tiempos exactos; estos dos métodos se manejan con el uso de semen probado de animales altamente productivos para carne y/o leche (Silva y Pimentel 2017). El desarrollo de la biotecnología reproductiva involucra el mejoramiento genético para rescatar las potencialidades productivas a través de la IA y la IATF lo cual incide en mejorar la genética a partir de la reproducción y su producción por medio del manejo del ciclo estral de la vaca, garantizando una cría al año y así

rescatar las características productivas en el tiempo, de generación en generación con el uso de reproductores superiores a través del semen a partir de los cruzamientos interraciales y selección genética (Carvajal y Kerr 2015).

La práctica de IA es manejada directamente con la detección del celo y con el sistema AM-PM y PM-AM, las vacas que sean vistas en estro en la mañana, deben ser inseminadas durante la tarde del mismo día, y las vacas vistas en celo en la tarde, deben ser inseminadas después del amanecer del siguiente día (Foote 2002). En conjunto, la inseminación artificial y la sincronización de celos ayudan a inseminar a las vacas en las horas adecuadas para obtener mejor porcentaje de preñez.

Con base en lo anterior, se desarrolló la presente investigación, la cual tuvo como objetivos específicos:

- Evaluar los porcentajes de presentación de celo, porcentaje de preñez al primer y segundo servicio y preñez acumulada, tasa de concepción, servicios por concepción, servicios por concepción de todas las vacas.
- Determinar el costo por tratamiento y por animal preñado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se llevó a cabo entre junio 2019 y septiembre 2020 en la finca Mi Esperanza ubicada en el Corozo, Cholulteca, a 8 km de Cholulteca, a 62 msnm, con una precipitación y temperatura promedio anual de 1,855 mm y 37.8 °C, respectivamente. La zona está clasificada como bosque seco tropical (Holdridge 1962). La finca cuenta con una extensión de 60 ha. Las fuentes de agua que posee provienen de tres pozos artesanales y un reservorio.

Animales

Se utilizaron 40 vacas encastadas de la raza Pardo Suizo, Holstein, Brahman y Jersey, con una edad promedio de cuatro a seis años y un promedio de cuatro lactancias.

Los criterios de inclusión para los animales fueron:

- Condición Corporal (CC) entre 2.5 y 3.75 en escala de 1 a 5.
- Sistema reproductor normal a la palpación por el Médico Veterinario
- No haber presentado ningún trastorno en el parto anterior (retención de placenta, fiebre de leche, piómetras entre otros)
- Presentar más de 60 días posparto
- La característica del moco estral para realizar la inseminación artificial fue transparente, fluido y sin presencia de flóculos o turbidez

La CC fue evaluada por la misma persona a fin de evitar la variación por el efecto persona, al igual las inseminaciones se realizaron a celo detectado por la misma persona con experiencia reconocida.

Por otra parte, todos los animales presentaban vigentes sus vacunas contra enfermedades clostridiales; igualmente desparasitadas con ivermectina 1% y vitaminadas con complejo B, vitaminas AD₃E, selenio. Así mismos certificados como libres de Brucelosis y Tuberculosis.

Manejo de los animales

Todos los animales sujetos del estudio se mantuvieron en pastoreo con pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), suplementados con sales minerales y agua *ad libitum*. Los animales fueron alimentados con 2 kg diarios de una dieta energética a base de maíz, soya, sales minerales y melaza antes de iniciar los protocolos de sincronización, con el fin de mejorar la condición corporal y que estas estuvieran aptas para la reproducción.

Tratamientos

Se evaluaron dos protocolos de sincronización de celos con dispositivos intravaginales DIV-B. Las vacas fueron distribuidas en dos grupos de 20 vacas cada uno, de acuerdo con el número de lactancias, edad y composición racial. Las vacas con celo detectado fueron inseminadas entre 8-12 horas de detectado el celo. Se utilizó semen importado y su calidad fue verificada en el laboratorio de reproducción animal de Zamorano. En el Cuadro 1 se presentan los protocolos utilizados.

Cuadro 1. Protocolos de sincronización de celos y ovulación utilizados en la finca Mi Esperanza, Cholulteca.

Tratamiento	n	Protocolo día 0	Protocolo día 8	Días 9-11 IA
DIV-B/BE	20	DIV-B + BE 2 mg	Retirar DIV-B + BE 1 mg + 500 mcg PGF _{2α} + 400 UI eCG	IACD
DIV-B/ECP	20	DIV-B + BE 2 mg	Retirar DIV-B + ECP 0.5 mg + 500 mcg PGF _{2α} + 400 UI eCG	IACD

IACD: inseminación a celo detectado; DIV-B: Dispositivo Intravaginal Bovino; BE: Benzoato de Estradiol; eCG: Gonadotropina Coriónica Equina; PGF_{2α}: Prostaglandina F 2 alfa; ECP: Cipionato de Estradiol.

La aplicación de los diferentes medicamentos del protocolo fue por vía intramuscular utilizando agujas calibre 18 × 1 ½ pulgada. Los productos utilizados fueron de laboratorios Syntex (Argentina): Dispositivo Intravaginal Bovino DIV-B[®] (1 g de progesterona); Gonadiol[®] (Benzoato de estradiol 1 mg/mL); Cipiosyn[®] (Cipionato de Estradiol 0.5 mg/mL); Novormón[®] (Gonadotropina coriónica equina eCG 200 ui/mL); Ciclase DL[®] (Cloprostenol 250 µg/mL). El semen se importó y fue comprado de la casa comercial SEMEX.

Todos los animales tuvieron la oportunidad de ser inseminados en dos ocasiones y en caso de presentar un tercer celo se les realizó monta natural, sin embargo, para efecto del estudio estos animales de tercer servicio se consideraron como vacíos. Posteriormente, 45 días después del último servicio se diagnosticó la preñez por palpación rectal.

Variables analizadas

Las variables analizadas fueron:

- Porcentaje de presentación de celo (número de animales que presentan celo en cada tratamiento)
- Porcentaje de preñez al primero y segundo servicio y preñez acumulada
- Tasa de concepción
- Servicios por concepción
- Servicios por concepción de todas las vacas
- Costo por tratamiento y por vaca preñada.

Diseño experimental y análisis estadístico

Para el análisis de los resultados se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con dos tratamientos y 20 repeticiones por tratamiento (cada vaca representó una unidad experimental). Para las variables servicios por concepción y servicios por concepción de todas las vacas se utilizó el procedimiento de Análisis de Varianza (ANDEVA) y separación de medias LSMEANS. Los valores porcentuales se analizaron con la prueba de Chi cuadrado (χ^2) utilizando el programa estadístico “Statistical Analysis System” 9.4 (SAS 2013), con un nivel de significancia exigido de $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condición corporal (CC)

No hubo diferencias ($P > 0.05$) entre la condición corporal de los animales de cada tratamiento (Cuadro 2). Lo anterior demuestra que la condición corporal no fue un factor que pudo haber afectado los resultados de un protocolo de sincronización u otro. En estudios similares, la condición corporal se mantuvo entre ≥ 2.5 y ≤ 4 (Hidrogo y Hurtado 2014; Salmon Heredia 2012; Lobo Rosa y Rodríguez Calvo 2011), valores que corresponden a condiciones corporales ideales para la actividad reproductiva y con ello la presentación de celo, acorde con lo reportado por Diéguez Juárez y Escobar Cerrato (2009) quienes concluyen que la CC para una buena actividad reproductiva debe estar entre 2.75 y < 4.0 en la escala de 1 a 5.

Porcentaje de presentación de celo (% PC)

Este porcentaje indica la cantidad de vacas que presentaron celo, con relación a los grupos y diferentes protocolos de sincronización. Hubo diferencias ($P \leq 0.05$) cuando se comparó la presentación del celo de acuerdo con los tratamientos (Cuadro 2). El protocolo de sincronización de celo DIV-B/BE resultó mejor en la presentación de celo, por un 20% superior que el DIV-B/ECP. En este caso el protocolo DIV-B/BE presentó 100% de presencia de celo. Los resultados del presente estudio son superiores a los reportados por Peralta Torres *et al.* (2010) quienes comparando ECP vs BE sobre la respuesta al estro y tasa de gestación en vacas y vaquillas de la raza Brahman obtuvieron resultados del 78 y 76%, respectivamente. Así mismo García Salas y Perdomo (2012) obtuvieron un 100% de presencia de celo en vaquillas de aptitud cárnica, utilizando el mismo Dispositivo Intravaginal Bovino (DIV-B); por otra parte, el resultado de protocolo DIV-B/BE es superior a los obtenidos por Peñalba Vásquez y Guerra Castillo (2013) quienes al utilizar PGF $_{2\alpha}$ en vaquillas de razas lecheras (12-32 meses de edad), obtuvieron un 91.3% de presentación de celo; estas diferencias se atribuyen posiblemente al tipo de hormona utilizada, edad de los animales, condición corporal entre otros.

Cuadro 2. Valores medios de la condición corporal y porcentaje de presentación de celo entre dos protocolos de sincronización de celos y ovulación en la finca Mi Esperanza, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	n	Condición corporal	Presentación de celo (%)
DIV-B/BE	20	3.62 \pm 0.53	100
DIV-B/ECP	20	3.36 \pm 0.33	80
Probabilidad		0.06	0.03
CV%		12.71	15.71

DIV-B/BE = Protocolo con Benzoato de Estradiol; DIV-B/ECP = Protocolo con Cipionato de Estradiol; CV% = Coeficiente de Variación.

Porcentaje de preñez al primer servicio (% PPS)

Este parámetro representa el total de vacas preñadas durante el primer servicio, comparado con el total de vacas servidas con los distintos protocolos de sincronización. No se presentaron diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 3). Ambos protocolos presentaron resultados inferiores a

los reportados por Uslenghi *et al.* (2016) quienes utilizando vacas de la raza Angus con IATF obtuvieron resultados mayores a los del presente estudio para BE 54.3% y CPE 47.9%, respectivamente. Al igual cuando las vaquillonas utilizadas fueron de la raza Holando Argentino y Aberdeen Angus negras de 20-24 meses de edad para el uso de dos protocolos para la sincronización de ovulación, Callejas *et al.* (2016) obtuvieron valores superiores a la presente investigación BE 60.4% y CPE 61%; así mismo los resultados de esta investigación son inferiores a los encontrados por Bueno López y Dunn Barragán (2008) quienes utilizando el dispositivo CIDR + GnRH en vaquillas anéstricas Holstein, Pardo Suizo y Jersey obtuvieron resultados de 75% de PPS. Según Roth *et al.* (2000) reportan que el estrés térmico deprime el desarrollo y la función folicular y pueden generar alteraciones en el desarrollo embrionario temprano, lo cual se ve reflejado en las tasas de gestación (Hansen *et al.* 2001; Lozano *et al.* 2005). Las diferencias encontradas entre esta investigación y los diferentes autores se atribuyen a las edades de las vacas utilizadas, condiciones climáticas donde se realizó el presente estudio, estado fisiológico y reproductivo de los animales, tipo y dosis de hormonas utilizadas y razas entre otros.

El porcentaje ideal de preñez esperado al primer servicio se estima en un 50% del total de las vacas inseminadas, ya que durante los primeros 60 días pos-servicio se pueden presentar muertes embrionarias, fallas en la fecundación, pérdida del ovocito, inseminar vacas que no estaban en celo y muerte fetal (Hincapié *et al.* 2008). Se considera un problema cuando el %PPS es menor a 45% (Hincapié y Campo 2002). La deficiente detección de celo sigue siendo un problema, lo cual genera pérdidas en los hatos ganaderos. El %PPS reportado en el presente estudio se clasifica como bajo.

Porcentaje de preñez al segundo servicio (%PSS)

Las vacas que repiten celo después del primer servicio son sometidas a un segundo servicio, este parámetro indica la cantidad de vacas preñadas durante el segundo servicio. El %PSS cuando se implementó el protocolo de sincronización de celo DIV-B/BE obtuvo un aumento 13.64% más que cuando se utilizó el protocolo DIV-B/ECP (Cuadro 3), sin embargo, no hubo diferencias ($P > 0.05$). Estos resultados son superiores a los reportados por Feola *et al.* (2018) quienes utilizando dispositivos intravaginales y BE en vaquillonas Aberdeen Angus, Hereford y sus cruizas obtuvieron un %PSS de 67.6%.

El %PSS con los protocolos DIV-B/BE y DIV-B/ECP superan los valores reportados por Espinal Tercero y García Mejía (2009) de 27.27% quienes utilizaron vacas lecheras con baja condición corporal y la aplicación de eCG al día 8 con DIV-B[®]; estos resultados se atribuyen a la condición corporal de las vacas utilizadas por estos autores.

Según Gonzáles Stagnaro (2001), la tasa de fertilidad al segundo servicio debe ser superior de cinco a 10 puntos del primer servicio, por lo tanto, los valores obtenidos en esta investigación son clasificados como muy buenos.

Porcentaje de preñez acumulada (%PA)

Este parámetro indica el total de vacas preñadas en un tiempo determinado. No hubo diferencias ($P > 0.05$) entre el protocolo DIV-B/BE y DIV-B/ECP (Cuadro 3). Sin embargo, estos resultados son inferiores a los reportados por Uslenghi *et al.* (2010) quienes utilizando DIV, BE o ECP en vaquillas Aberdeen Angus y Careta obtuvieron resultados de 66.7 y 69.2% respectivamente. El

protocolo DIV-B/BE se encuentra dentro del rango de 60 a 75% para vacas en el trópico recomendado Hincapié *et al.* (2005).

Cuadro 3. Porcentajes de preñez al primer servicio (% PPS), preñez al segundo servicio (% PSS) y preñez acumulada (% PA) entre dos protocolos de sincronización de celos y ovulación en la finca Mi Esperanza, Choluteca, Honduras.

Tratamiento	n	Preñez al primer servicio (%)	Preñez al segundo servicio (%)	Preñez acumulada (%)
DIV-B/BE	20	30	63.64	65
DIV-B/ECP	20	25	50	45
Probabilidad		0.72	0.55	0.20
CV%		12.85	16.97	25.71

DIV-B/BE = Protocolo con Benzoato de Estradiol; DIV-B/ECP = Protocolo con Cipionato de Estradiol; CV = Coeficiente de Variación.

Servicios por concepción (SC)

Es el total de servicios realizados a las vacas preñadas entre el número de vacas diagnosticadas preñadas en un periodo determinado. Este parámetro es uno de los que mejor permite evaluar los índices de fertilidad de un hato (González Stagnaro 2001). No se encontraron diferencias para los servicios por concepción ($P > 0.05$; Cuadro 4). Sin embargo, los resultados obtenidos en la presente investigación son mejores que los recomendados por Wattiaux (2001) quien sugiere como ideal 1.7 a 2.5 SC en ganado lechero. Ruiz García *et al.* (2017) utilizando el tratamiento hormonal con ECP y BE en la evaluación del desempeño reproductivo en vacas Holstein reportaron resultados de 1.29 ± 0.11 y 1.47 ± 0.12 SC para ECP y BE respectivamente.

Servicios por concepción de todas las vacas (SCTV)

Representa el total de servicios realizados a todas las vacas, lo cual incluye las preñadas, las vacías e inclusive las descartadas, dividido por el número de vacas diagnosticadas preñadas en un periodo determinado (Hincapié *et al.* 2005). Hubo diferencias ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 4) siendo el mejor tratamiento el protocolo DIV-B/BE el cual presentó 0.73 SCTV menos que el protocolo DIV-B/ECP. Los resultados de esta investigación utilizando el protocolo DIV-B/BE superan los obtenidos por López Salinas y Puerto Hernández (2015), quienes utilizando el protocolo DIV-B/ECP en animales de la raza Holstein obtuvieron valores de 2.6 ± 0.5 SCTV, sin embargo, al comparar los mismos resultados de estos autores con los valores obtenidos con el protocolo DIV-B/ECP en esta investigación, los resultados son inferiores. González Stagnaro (2001) sugiere entre 2.5 a 2.7 SCTV como valor meta en ganaderías tropicales. De acuerdo con lo recomendado en la literatura el protocolo DIV-B/BE en el presente estudio presentó los mejores resultados.

Tasa de concepción (TC)

Corresponde al porcentaje de vacas preñadas respecto al total de vacas inseminadas, para lo cual se encontró diferencias ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 4), siendo el tratamiento con DIV-B/BE el que obtuvo el porcentaje más alto, superando al DIV-B/ECP en 11.18%. Estos resultados se asemejan a los reportados por Bartolomé *et al.* (2013) quienes utilizando el protocolo DIV-B/ECP en vaquillonas Holstein y encastes Holstein- Jersey obtuvieron 45.9% de TC. Por otra parte, Bó *et al.* (2009) utilizando dispositivos con P₄ + BE + eCG en vacas de la raza Holstein obtuvieron resultados de 44.9% de TC; este estudio coincide con el reportado por Fernández Figueroa *et al.* (2017) quienes utilizando DIV + BE + PGF_{2α} + eCG en vacas *Bos indicus* de la raza Sardo Negro obtuvieron 45% de TC. Los valores encontrados en esta investigación se encuentran por debajo de los valores sugeridos por González Stagnaro (2001) de > 55% para vacas en el trópico; la tasa de concepción se puede ver disminuida por muerte embrionaria, fallas en fecundación, hembras inseminadas fuera del estro, pérdida o ruptura del óvulo, muerte fetal, anormalidades anatómicas, falta de ovulación y un factor muy importante que disminuye severamente la TC es por el estrés térmico relacionado con baja sobrevivencia embrionaria (González Stagnaro 2001; Hincapié *et al.* 2005).

Cuadro 4. Valores medios de servicios por concepción (SC), servicios por concepción de todas las vacas (SCTV) y tasa de concepción (TC) en vacas doble propósito bajo dos protocolos de sincronización de celos y ovulación en la finca Mi Esperanza, Choluteca.

Tratamiento	n	Servicios por Concepción	Servicios por concepción de todas las vacas	Tasa de concepción (%)
DIV-B/BE	20	1.53±0.52	2.38±0.51	43.58
DIV-B/ECP	20	1.44±0.53	3.11±0.33	32.40
Probabilidad		0.68	0.0012	00.001
CV%		34.81	16.60	10.31

DIV-B/BE = Protocolo con Benzoato de Estradiol; DIV-B/ECP = Protocolo con Cipionato de Estradiol; CV = Coeficiente de Variación.

Costos de los tratamientos

Los protocolos de sincronización junto con la inseminación artificial (IA) son de gran ayuda en la producción ganadera, es importante determinar los costos de los fármacos utilizados para determinar la rentabilidad económica de los mismos junto con los resultados. La parte económica es fundamental en las explotaciones ganaderas. A continuación, en los Cuadros 5 y 6 se presentan los componentes de cada protocolo, además del cálculo del costo de cada uno.

Cuadro 5. Costo del protocolo de sincronización de celos y ovulación DIV-B/BE (US\$).

Medicamento	Costo paquete	Presentación	Costo unitario	Costo por vaca
DIV-B®*	68.58	10 unidades	6.86	2.29
Benzoato de estradiol	14.08	100 mL	0.14	0.42
Ciclaste (PGF _{2α})	17.18	20 mL	0.86	1.72
Novormón (eCG)	34.63	25 mL (5,000 UI)	1.39	2.77
Total				7.20

Tasa de cambio 1 US\$ = 24.89 Lempiras.

*Cada dispositivo se puede reutilizar por tres ocasiones.

Cuadro 6. Costo del protocolo de sincronización de celos y ovulación DIV-B/ECP (US\$).

Medicamento	Costo paquete	Presentación	Costo unitario	Costo por vaca
DIV-B®*	68.58	10 unidades	6.86	2.29
Benzoato de estradiol	14.08	100 mL	0.14	0.28
Ciclaste (PGF _{2α})	17.18	20 mL	0.86	1.72
Novormón (eCG)	34.63	25 mL	1.39	2.77
Cipionato de estradiol	18.71	100 mL	0.19	0.19
Total				7.24

Tasa de cambio 1 US\$ = 24.89 Lempiras.

*Cada dispositivo se puede reutilizar por tres ocasiones.

Costo por vaca preñada

Es importante determinar cuál tratamiento es factible económicamente, para definir la implementación de un programa de sincronización el cual aumentará la rentabilidad de la finca. Los costos determinados fueron US\$ 55.40 y US\$ 72.13 para los tratamientos DIV-B/BE y DIV-B/ECP respectivamente, con una diferencia de \$16.73, resultando el protocolo DIV-B/BE más rentable (Cuadro 7) además de presentar los mejores resultados en el mayor porcentaje de vacas en celo, mayor tasa de concepción y el menor número de servicios por concepción, por lo cual sería el tratamiento recomendado.

Cuadro 7. Comparación de costos (US\$) de dos protocolos de sincronización de celos y ovulación en vacas de la finca Mi Esperanza, Choluteca.

Tratamiento	n	Costo protocolo por vaca	Costo total protocolo	Ctd pajuellas usadas	Costo por pajuella	Ctd vacas preñadas	Costo protocolo + semen	Costo por vaca preñada
DIV-B/BE	20	7.20	143.94	32	18.01	13	720.26	55.40
DIV-B/ECP	20	7.24	144.86	28	18.01	9	649.14	72.13
Diferencia		0.04	0.92	-4.00	0.00	-4.00	-71.12	16.73

Tasa de cambio 1 US\$ = 24.89 Lempiras; Ctd = Cantidad.

4. CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones de este estudio, el mayor porcentaje de presentación de celos, el menor número de servicios por concepción de todas las vacas y la mayor tasa de concepción se obtuvo con el protocolo de sincronización de celos DIV-B/BE.
- El menor costo por tratamiento y por vaca preñada se obtuvo con el protocolo de sincronización de celos DIV-B/BE.

5. RECOMENDACIONES

- Implementar el protocolo DIV-B/BE en la finca mi Esperanza, el cual resultó ser el más eficiente y con menor costo.
- Capacitar el personal de la finca Mi Esperanza en la detección de celo, para mejorar los porcentajes reproductivos en la utilización de la inseminación artificial.

6. LITERATURA CITADA

- Armendano J, González Chaves S, Uslenghi G, Cabodevila J, Callejas SS. 2015. Efecto de la sal de estradiol, estatus ovárico y condición corporal sobre el porcentaje de preñez en vacas con cría IATF. *Revista de Veterinaria*. 26(2): 108-112.
- Bartolomé JA, Blanco Sereno M, Picco R, Zapata L, Piccini, JP, Cledou G, Massara N, Colazo MG. 2013. Tasas de concepción en vaquillonas utilizando un protocolo de 5 días con o sin GnRH en su inicio y diferentes dispositivos de progesterona y prostaglandinas. *Revista Taurus*. 15(57): 26-33.
- Baruselli PS, 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. *Animal Reproduction Science*. 82-83: 479-486. doi: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.025.
- Bó GA, Adams GP, Pierson RA, Tribulo HE, Caccia M, Mapletoft RJ. 1994. Follicular wave dynamics after estradiol-17 treatment of heifers with or without a progestogen implant. *Theriogenology*. 41: 1555-1569.
- Bó GA, Cutaia LE, Chesta P, Balla E, Pincinato E, Peres L, Maraña D, Aviles M, Menchaca A, Veneranda G, Baruselli P. 2005. Implementación de Programas de Inseminación Artificial en Rodeos de Cría de Argentina. Resúmenes VI Simposio Internacional de Reproducción Animal, Córdoba, Argentina. Tomo I: 97-128.
- Bó GA, Cutania LE, Souza AH, Baruselli P. 2009. Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche utilizando dispositivos con progesterona. *Taurus Bs As*, 11(41): 20-34.
- Bueno López AS, Dunn Barragán RE. 2008. Tasa de preñez en vaquillas anéstricas tratadas con CIDR® más Benzoato de Estradiol, Cipionato de Estradiol o GnRH e inseminadas a celo detectado [Tesis]. Zamorano-Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 12 p.
- Callejas S, Uslenghi G, Catalano R, Larghi, J, Cabodevila J. 2016. Comparación de dos protocolos para sincronizar ovulación e implementar inseminación artificial en vaquillonas. *Revista Veterinaria*. 25(2): 100-104.
- Carvajal AM, Kerr B. 2015. Factores genéticos que influyen la composición de la leche bovina. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA; [consultado el 30 de oct. de 2019]. <http://bit.ly/2uLh8Qz>
- Colazo MG, Kastelic JP, Martínez MF, Whittaker PR, Wilde R, Ambrose JD, Corbett R, Mapletoft RJ. 2004. Fertility following fixed-time AI in CIDR-treated beef heifers given GnRH or estradiol cypionate and fed diets supplemented with flax seed or sunflower seed. *Theriogenology*. 61: 1115-1124.
- Cutaia L, Veneranda G, Tribulo R, Baruselli PS, Bó G. 2003. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. V Simposio Internacional de Reproducción Animal. (IRAC) Huerta Grande, Córdoba (Argentina). 119-132.

- Diéguez Vidal AJ, Escobar Cerrato RM. 2009. Efecto de la condición corporal sobre el porcentaje de preñez en vacas sincronizadas con dispositivos intravaginales DIV-B® [Tesis]. Zamorano-Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 13 p.
- Espinal Tercero AG, García Mejía BE. 2009. Efecto de la aplicación de eCG en el día ocho del tratamiento con dispositivos intravaginales DIV-B® sobre el porcentaje de preñez en vacas de aptitud lechera con baja condición corporal [Tesis]. Zamorano-Honduras: Escuela Agrícola Panamericana 16 p.
- Fernández Figueroa JA, Arieta Román RJ, Tadeo Cruz P, González Aynés JF, Ramírez Valencia O. 2017. Porcentaje de concepción en vacas *Bos indicus* utilizando sincronización de estro o inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Revista Electrónica Veterinaria. 18(11): 1-80.
- Feola N, Panizza V, Ponce De León J. 2018. Comparación de dos programas de manejo reproductivo en vaquillonas de carne, utilizando inseminación artificial a tiempo fijo en forma seriada o inseminación a tiempo fijo más repaso con toros [Tesis]. Montevideo, Uruguay: Universidad de la Republica, Facultad de Veterinaria. 49 p.
- Foot R. 2002. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. Journal of Animal Science. 80:1-10.
- García Salas ML, Perdomo AO. 2012. Concentraciones de progesterona en plasma sanguíneo de vaquillas de aptitud cárnica sincronizadas con dispositivos intravaginales nuevos o usados una vez [Tesis]. Zamorano-Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 18 p.
- González Stagnaro C. 2001. Reproducción bovina. Ed Fundación Giraz, Maracaibo, Venezuela: E. Astro Data. S.A. 437 p.
- Hansen PJ, Drost M, Rivera RM, Paula Lopes FF, Al Katanani YM, Krininger CE, Chase CC Jr. 2001. Adverse impact of the heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation. Theriogenology. 55: 91-103.
- Hidrogo AM, Hurtado D. 2014. Parámetros reproductivos en vaquillas de razas lecheras sometidas a sincronización de celos y la aplicación de eCG al día 14 pos-inseminación artificial [Tesis]. Zamorano-Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 22 p.
- Hincapié JJ, Brito R, Campo E. 2005. Reproducción animal aplicada: Fundamentos de Fisiología y Biotecnología. 2da ed. Tegucigalpa: Ed Litocom. 200 p.
- Hincapié JJ, Campo EC. 2002. Técnicas para mejorar la eficiencia reproductiva en animales de granja. Tegucigalpa, Honduras: Editorial Prografic. 445 p.
- Hincapié JJ, Pipaon EE, Blanco GS. 2008. Trastornos reproductivos en la hembra bovina. 2 ed. Tegucigalpa: Editorial Licotom. 159 p.
- Holdridge L. 1962. Mapa de las zonas de Vida de Honduras. Escala 1:50,000. Tegucigalpa D.C., Honduras.
- Lefebvre DM, Block E. 1992. Effect of recombinant bovine somatotropin on estradiol-induced estrous behavior in ovariectomized heifers. Journal of Dairy Science. 75: 1461-4.
- Lobo Rosa MR, Rodríguez Calvo MA. 2011. Porcentaje de preñez en vacas lecheras tratadas con implantes intravaginales y dos fuentes comerciales de eCG [Tesis]. Zamorano-Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 21 p.

- López Salinas AM, Puerto Hernández CE. 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 [Tesis]. Zamorano-Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 22 p.
- Lozano RR, Vásquez CG, González E. 2005. Efecto del estrés calórico y su interacción con otras variables de manejo y productivas sobre la tasa de gestación de vacas lecheras en Aguascalientes, México. *Veterinaria Mexicana*. 36(3): 245-260.
- Lucy MC. 2004 The use of hormonal treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture-based management systems. National Center for Biotechnology Information. University of Missouri. pp 495-512.
- Peñalba Vásquez DY, Guerra Castillo RA. 2013. Porcentaje de preñez en vaquillas de razas lecheras utilizando dos protocolos de sincronización de celos [Tesis]. Zamorano-Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 19 p.
- Peralta Torres JA, Aké Lopez JR, Centurión Castro FG, Magaña Monforte JG. 2010. Comparación del cipionato de estradiol vs benzoato de estradiol sobre la respuesta a estro y tasa de gestación en protocolos de sincronización con CIDR en novillas y vacas *Bos indicus*. *Universidad y Ciencia*. 25(2): 163-169.
- Ross PJ, Aller JF, Callejas SS, Butler H, Alberio RH. 2004. Estradiol benzoate given 0 or 24 h after the end of progestagen treatment in postpartum suckled beef cows. *Theriogenology*. 62: 265-273.
- Roth Z, Meidan R, Braw-Tal R, Wolfenson D. 2000. Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *Journal of Reproductive Fertility*. 120: 83-90.
- Ruiz García LF, Sandoval Monzón RS, Montenegro Vega M, Delgados Castro A. 2017. Desempeño reproductivo de vacas lecheras con involución uterina retardada bajo tratamiento hormonal con cipionato de estradiol y benzoato de estradiol. *Revista de Investigación Veterinaria de Perú*. 28(1): 110-119.
- Salmon Heredia CA. 2012. Tratamiento del anestro posparto en vacas lecheras con implantes intravaginales, Gonadotropina Coriónica Humana (hCG) y GnRH al momento de la inseminación. [Tesis] Zamorano-Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 15 p.
- Sartori R, Moraes JL. 2007. Manejo reproductivo de vacas leiteiras nos trópicos. Congresso Brasileiro de Reprodução Animal (Curitiba, PR) Anais / XVII Congresso Brasileiro de Reprodução Animal. – Belo Horizonte, MG : CBRA.
- SAS Group. 2003. SAS Annual Report 2013. [sin lugar]: SAS; [actualizado el 27 de ene. de 2004; consultado el 28 de oct. de 2020]. <https://www.sasgroup.net/en/sas-annual-report-2013/>.
- Silva MA, Pimentel LA. 2017. Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial a tiempo fijo. *RIAA*, 8(2): 247-259.
- Syntex. 2005. Manejo farmacológico del ciclo estral del bovino. Argentina: Sitio Argentino de Producción Animal; [consultado el 21 de feb. de 2020]. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/72-manejo_farmacologico_ciclo_estral_bovino.pdf

- Syntex sf.a. Manual de Productos y Programas para un Manejo Reproductivo Planificado. Buenos Aires, Argentina. 26 p.
- Uslenghi G, Chayer R, Callejas SS. 2010. Efectividad del cipionato de estradiol inyectado al final de un tratamiento con progesterona sobre la eficiencia reproductiva. Revista Veterinaria. 21(1): 55–58.
- Uslenghi G, Cabodevila J, Callejas SS. 2016. Efecto del cipionato de estradiol y la GnRH sobre la sincronización de ovulaciones y la tasa de preñez a la IATF en vacas de cría sin ternero al pie. InVet. 18(2): 301-306
- Wattiaux M. 2001. Manejando la eficiencia reproductiva del hato. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional para la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin. 84 p.