

Introducción de la Inseminación Artificial utilizando sincronización de celo en un hato de ganado de carne

**Blanca Pamela Garcia Matamoros
Estefania Orellana Pizzato**

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

ZAMORANO
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

Introducción de la Inseminación Artificial utilizando sincronización de celo en un hato de ganado de carne

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

Presentado por

**Blanca Pamela Garcia Matamoros
Estefania Orellana Pizzato**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2020

Introducción de la Inseminación Artificial utilizando sincronización de celo en un hato de ganado de carne

Presentado por:

Blanca Pamela Garcia Matamoros
Estefania Orellana Pizzato

Aprobado:

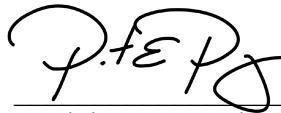


Isidro Matamoros (Nov 6, 2020 10:07 CST)

Isidro A. Matamoros, Ph.D.
Asesor Principal



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



Patricio E. Paz, Ph.D.
Asesor



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



John Jairo Hincapié (Nov 6, 2020 10:33 CST)

John Jairo Hincapié, D.Sc.
Asesor

Introducción de la Inseminación Artificial utilizando sincronización de celo en un hato de ganado de carne

**Blanca Pamela Garcia Matamoros
Estefania Orellana Pizzato**

Resumen. El objetivo fue introducir la inseminación artificial (IA) en los primeros 35 días del periodo de monta (105 d), utilizando dos protocolos de sincronización de celos en una finca comercial. Entre el 31 de agosto de 2019 al 9 de mayo de 2020, en la Hacienda Monte Carlo, Valle de Jamastrán, Honduras; se utilizaron 111 vacas Brahman con condición corporal > 5 (68 paridas, 24 horras y 19 vaquillas). Se sincronizó el celo con dispositivos intravaginales con el protocolo J-Synch para vacas en anestro y con prostaglandinas ($\text{PGF}_2\alpha$) para vacas que presentaron un cuerpo lúteo. Los parámetros evaluados fueron: Servicios por concepción (S/C); Servicios por concepción para inseminación artificial (S/CIA) y monta natural (S/CMN); porcentaje de preñez acumulada (PA), porcentaje de preñez acumulada por inseminación artificial (PAIA) y por monta natural (PAMN); días a servicio efectivo post tratamiento (DSEPT) y el costo por tratamiento y por vaca preñada. Para S/CIA, las vacas con J-Synch presentaron 3.67 en comparación a 4.19 para las vacas tratadas con $\text{PGF}_2\alpha$, mostrando una PAIA de 40.9 y 35.6. Para S/CMN ($P = 0.1947$), las vacas en anestro (J-Synch) presentaron 2.03 en comparación a 1.87 para las vacas ciclando ($\text{PGF}_2\alpha$), mostrando una PAMN ($P = 0.555$) de 79.5 y 85.2. Durante toda monta los S/C no mostraron diferencias (2.82), y un PA para ambos grupos de 87.3%; adicionalmente las vacas presentaron un intervalo de DSEPM similar ($P > 0.05$); con 43 días para ambos grupos. Se concluye que ambos protocolos de sincronización permiten la introducción de la IA.

Palabras clave: J-Synch, prostaglandina, reproducción.

Abstract. The objective was to introduce artificial insemination (AI) in the first 35 days of the mating period (105 d), using two heat-synchronization protocols in a commercial farm. Between August 31, 2019 and May 9, 2020, at Hacienda Monte Carlo, Jamastran Valley, Honduras; 111 Brahman cows with body condition > 5 were used (68 calves, 24 heifers and 19 heifers). Estrus was synchronized with intravaginal devices with the J-Synch protocol for cows in anestrus and with prostaglandins ($\text{PGF}_2\alpha$) for cows that presented a corpus luteum. The parameters evaluated were: services by conception (S/C); services by conception for artificial insemination (S/CIA) and natural mating (S/CMN); percentage of accumulated pregnancy (PA), percentage of accumulated pregnancy by artificial insemination (PAIA) and natural mating (PAMN); days to effective post-treatment service (DSEPT) and the cost per treatment and per pregnant cow. For S/CIA, cows with J-Synch presented 3.67 compared to 4.19 for cows treated with $\text{PGF}_2\alpha$, showing a PAIA of 40.9 and 35.6. For S/CMN ($P = 0.1947$), cows in anestrus (J-Synch) presented 2.03 compared to 1.87 for cows cycling ($\text{PGF}_2\alpha$), showing a PAMN ($P = 0.555$) of 79.5 and 85.2. During all mounting S/C showed no difference (2.82), and a BP for both groups of 87.3%; additionally, cows presented a similar PSEPM interval ($P > 0.05$); with 43 days for both groups. It is concluded that both synchronization protocols allow the introduction of AI.

Key words: J-Synch, prostaglandin, reproduction.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Índice General.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexo.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4. CONCLUSIONES.....	14
5. RECOMENDACIONES.....	15
6. LITERATURA CITADA	16
7. ANEXO	19

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXO

Cuadros	Página
1. Escala de medición de condición corporal en ganado bovino.....	4
2. Cantidad de lactancias, peso y edad promedio de las vacas que entraron dentro de los protocolos	5
3. Condición corporal (CC), condición ovárica y días post parto (DPP) de las vacas en los grupos experimentales.....	5
4. Servicios por concepción (S/CIA) y porcentajes de preñez acumulado por inseminación artificial (PPIA) para los dos protocolos de sincronización de celo	10
5. Servicios por concepción (S/CMN) y porcentaje de preñez por monta natural (PPMN) en vacas para los dos protocolos de sincronización de celo	11
6. Servicios por concepción (S/C), porcentaje de preñez acumulada (PA) y días a servicio efectivo post inicio del período de monta (DSEPM).....	12
7. Costos por protocolo de sincronización de celo (USD)	13
8. Costos por vaca preñada por inseminación artificial (USD)	13

Figuras	Página
1. Puntaje de condición corporal en ganado bovino, escala de 1-9.....	4
2. Protocolo J-Synch	8

Anexo	Página
1. Diseño experimental. BE: Benzoato de Estradiol, PGF ₂ α : Prostaglandina F ₂ α , CE: Cipionato de Estradiol, GnRH: Factor liberador de gonadotrofinas.....	19

1. INTRODUCCIÓN

En Honduras las razas cebuínas son las más usadas, representando en un 70% Brahman incluyendo Gyr, Indubrasil, Nellore y en un 30% Pardo Suizo y Holstein y solamente un 1% de ganado puro criollo (información proporcionada por técnicos de SAG/DICTA). La eficiencia reproductiva depende de varios elementos fundamentales para el mejoramiento genético, creando estas altas ganancias a los hatos ganaderos.

Los orígenes de la inseminación artificial (IA) se remontan en la época pastoril, en las cuales se realizaban prácticas en rebaños de ovejas, pero es hasta 1,779 que se comienzan a realizar investigaciones científicas que dan soporte de la utilidad y eficiencia de la inseminación artificial. La IA puede definirse como la biotecnología para la aplicación de semen en el tracto genital de una hembra en el momento efectivo para la fecundación (Giraldo 2007). El desarrollo de la biotecnología reproductiva involucra el mejoramiento genético para rescatar las potencialidades productivas a través de la IA y la inseminación artificial a tiempo fijo (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 IA se utiliza como una base para el mejoramiento animal y facilita la obtención de características genéticas deseadas y la organización de este en cuanto a sus partos y el intervalo entre los mismos. Para aplicar la IA, los animales deben encontrarse en las mejores condiciones posibles y cumpliendo ciertos parámetros. La IA a través del uso del semen de toros altamente productivos resalta las características del padre, las cuales han sido evaluadas en varias generaciones ya sea en producción láctea y/o cárnica (Gasque 2008).

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). Este proceso se puede ver afectado por el ambiente y el manejo que se les dé, además no se puede asegurar que existirá una gestación. Con el tiempo la técnica se ha ido mejorando para evitar pérdidas económicas y disminuir intervalos entre partos y se creó la nueva técnica de IATF. Consiste en la utilización de hormonas sintéticas responsables de controlar el ciclo estral de las vacas, con las cuales pueden ser sincronizadas para ovular en una fecha programada, realizando la inseminación en un día específico sin necesidad de efectuar la detección de celo.

La detección de celos es la clave para un programa de reproducción (Rao *et al.* 2013). Para facilitar la detección de celos y mejorar su eficiencia se han desarrollado varios métodos auxiliares reveladores de monta. Un elemento fundamental para la detección del celo es la adecuada identificación de todas las vacas o novillas, así como la disposición de registros al día (Asprón 2004). Para una mayor eficiencia en el uso de la técnica se elegirán las vacas que tengan tractos reproductivos sanos, vacías, chequeos ginecológicos y parámetros sanitarios requeridos, lo cual es de suma importancia ya que son factores que influyen directamente en los resultados que se

obtendrán una vez sea empleado dicho método. Los animales deberán ser tratados con desparasitantes y minerales, también deben contar con una condición corporal óptima antes de ser inseminadas.

Las prostaglandinas son derivados de ácidos grasos con importancia biológica en Medicina Veterinaria, principalmente la $PGF_{2\alpha}$; sus usos clínicos están basados en la regulación de las funciones de la reproducción, ya que inducen la luteólisis y contracciones uterinas favoreciendo la sincronización de celo, aborto, partos, eliminación de desechos uterinos en caso de metritis y estimula los fagocitos intrauterinos por los leucocitos (Morales 2012). La luteólisis es definida como la lisis o pérdida estructural del cuerpo lúteo. En la mayoría de las especies mamíferas, la luteólisis es dependiente de la presencia del útero (Niswender *et al.* 2000). La $PGF_{2\alpha}$ reduce el flujo sanguíneo hacia el cuerpo lúteo y, así, puede causar la luteólisis, privando a la glándula de nutrientes, sustratos esteroideogénicos y soporte luteotrópico.

Se utiliza también la combinación de progesterona por siete a ocho días como implante en la oreja o dispositivo intravaginal (DIV) y la aplicación de estradiol junto con la progesterona para iniciar el desarrollo de una onda folicular y al final del protocolo para inducir la ovulación (Bicalho *et al.* 2008). Este protocolo es el más utilizado en sistemas de producción de cría en América Latina (Bó *et al.* 2007; Figueira *et al.* 2011) y permite inseminar de manera simultánea un grupo de hembras sin necesidad de detectar el celo entre las 52 a 56 horas después de retirar el DIV. El protocolo llamado J-Synch (De la Mata *et al.* 2015) tiene como función alargar el proestro, y esto se correlaciona con mayores concentraciones séricas de estradiol, aumentando así la fertilidad en la IATF (Bridges *et al.* 2008). En la última década, se han desarrollado nuevas generaciones de protocolos denominados tratamientos cortos, que han demostrado mejorar la tasa de preñez, y se fundamentan en que disminuyen el período de inserción de dispositivos con progesterona, reduce en el período de dominancia del folículo y prolongan el proestro previo a la ovulación (Bridges *et al.* 2008).

El poder controlar en forma exógena la regresión del cuerpo lúteo señala la posibilidad de sincronizar la aparición del celo, ya que la vida de esa estructura determina la duración del ciclo estral. Se ha demostrado que en vacas en el día 11 del ciclo estral, 5 mg de $PGF_{2\alpha}$ por vía intrauterina causan reducción en el diámetro del cuerpo lúteo y la concentración sérica de progesterona en menos de 24 horas, con la subsecuente aparición del celo aproximadamente 72 horas después de la administración del producto (Louis *et al.* 1974). Resultados similares han sido observados por (Louis *et al.* 1974) cuando administraron 30 mg de $PGF_{2\alpha}$ por vía sistémica a vaquillas en diestro.

Con base en lo anterior, se desarrolló la presente investigación, en la cual se determinó la validez de dos protocolos de sincronización de celos y la ovulación para introducir la inseminación artificial en fincas comerciales. Los objetivos específicos de la presente investigación fueron:

- Introducir la inseminación artificial por medio de la utilización de dos protocolos de sincronización de celo en un hato de ganado de carne.
- Determinar el costo entre ambos tratamientos, $PGF_{2\alpha}$ y J-Synch, y el costo por vaca preñada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se llevó a cabo en el periodo comprendido del 31 de agosto de 2019 al 9 de mayo de 2020, en la Hacienda Monte Carlo, Valle de Jamastrán, Honduras. Con una temperatura promedio de 26 °C, una precipitación anual de 1,210 mm y a 650 msnm.

Manejo

Se estableció un sistema de pastoreo rotacional intensivo usando pasturas de distintas variedades donde predominaron la presencia de *Brachiarias* de tipo *decumbens* y *brizantha*, en menor grado pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) a razón de dos a tres días de ocupación y 24 días de descanso. Todas las vacas se mantuvieron bajo las mismas condiciones de manejo y de alimentación en el sistema de pastoreo rotacional intensivo que fueron mezclados con alimentos nutricionales y se utilizó sales minerales Nutriplex® al 9% de fósforo a libre acceso y además bloques multi-nutricionales a libre consumo.

Las vacas fueron desparasitadas y tonificadas (fósforo, selenio, vitaminas AD₃E). El desparasitante usado fue Ivermectina al 1% de amplio espectro (Dectiver®). Las vacas con ternero al lado se realizó un masaje uterino y se retiró el ternero por 72 horas al momento de remover el implante en el protocolo J-Synch y al colocarle la primera inyección de prostaglandinas.

Los grupos experimentales para validar las dos formas de sincronización fueron generados en función de las estructuras ováricas detectadas en base a control con ultrasonido, de la siguiente forma: Todas las vacas que presentaron ovarios sin estructuras o que solamente presentaban folículos entre sus estructuras ováricas fueron consideradas como vacas en anestro o declaradas para ser utilizadas con el método J-Synch usando un DIV-B (dispositivo intravaginal bovino). Todas las vacas que presentaron un cuerpo lúteo entre las estructuras ováricas fueron consideradas como vacas aptas para recibir el método de prostaglandinas como agente de sincronización de celos.

Al momento de revisarlas con ultrasonido de tiempo real B con transductor de 7.5 MHz y definir el tipo de tratamiento, se tomó el peso y la condición corporal usando la escala de uno a nueve (Cuadro 1). Vacas con condición corporal menor a cinco no fueron consideradas en esta ronda de sincronización para efectos de los tratamientos establecidos.

División de lotes

Para el desarrollo de la investigación se revisaron 139 vacas y se utilizaron 111 vacas de la raza Brahman seleccionadas en base a su estado reproductivo, repartidas en 68 multíparas, 24 horas y 19 primerizas de la raza Brahman (BR8); todas las vacas fueron examinadas para verificar el buen estado y funcionamiento de su tracto reproductivo, así mismo se tomó en cuenta la condición corporal de las mismas, la edad y el peso. Fueron separadas en dos lotes según los protocolos para realizar el estudio, el mismo se basó en vacas que presentaban cuerpo lúteo y las que no presentaban

cuerpo lúteo. En el caso de las vacas que no presentaron cuerpo lúteo se les aplicó el protocolo J-Synch y en las vacas que presentaron un cuerpo lúteo se utilizó PGF₂α.

Condición corporal

Para medir la condición corporal en bovinos existen dos escalas, una que va del 1-5 y la otra del 1-9 (Cuadro 1), en el caso de esta investigación se tomó en consideración la escala del 1-9, las vacas utilizadas en el estudio se encuentran dentro del rango de ≥ 5 a ≤ 6 de condición corporal (Figura 1), ya que ya realizó una selección de estas tomando en cuenta este criterio.

Cuadro 1. Escala de medición de condición corporal en ganado bovino.

Escala		Grados							
1 a 5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
1 a 9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Fuente: Bavera y Peñafort (2005).

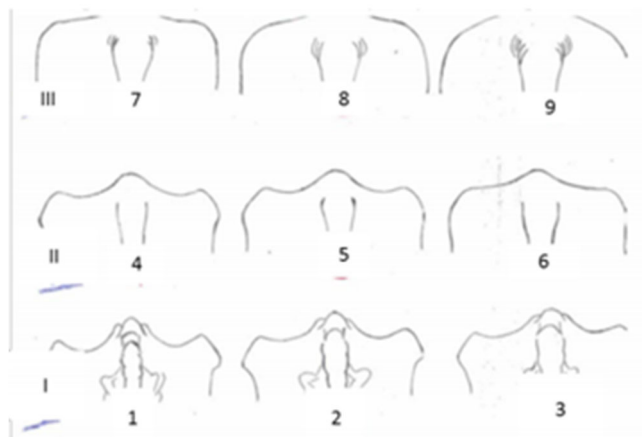


Figura 1. Puntaje de condición corporal en ganado bovino, escala de 1-9.

Fuente: Magaña *et al.* (2018).

Tratamientos evaluados

Unidades experimentales. Se trabajó con un grupo de 111 vacas en total, dentro de las cuales se encontraban 68 multíparas, 24 horas y 19 primíparas. Posteriormente fueron separadas en dos grupos: un grupo presentaron cuerpo lúteo y el otro grupo no presentó cuerpo lúteo. Las vacas que presentaron cuerpo lúteo ($n = 45$) fueron tratadas con el método de PGF₂α; el resto de las vacas ($n = 66$) no presentaron cuerpo lúteo, solo presentaban folículos entre sus estructuras, por lo tanto, se consideraron como vacas en anestro y fueron sometidas al protocolo J-Synch (Figura 2). En ambos grupos se encontraban distribuidas vacas de las diferentes categorías, es decir, para el protocolo J-Synch habían 10 primerizas, 51 multíparas y cinco horas, en el caso de tratamiento con PGF₂α había nueve primerizas, 17 multíparas y 19 horas, estos grupos no presentaron diferencias ($P > 0.05$; Cuadro 2) con respecto a su peso, número de lactancias y edad en meses.

Cuadro 2. Cantidad de lactancias, peso y edad promedio de las vacas que entraron dentro de los protocolos.

Tratamiento	n	Lactancias ± EE	Peso ± EE (kg)	Edad ± EE (meses)
J-Synch	66	2.1 ± 0.3	530.6 ± 7.15	71.9 ± 5.3
PGF _{2α}	45	2.6 ± 0.4	536.3 ± 9.25	87.1 ± 7.3
CV%		99.6	11.27	56.9
Probabilidad		0.1232	0.6255	0.0825

EE: error estándar; PGF_{2α}: Prostaglandina F_{2α}; CV: coeficiente de variación

Sin embargo, al momento de clasificar las vacas para los protocolos de sincronización para introducir la inseminación artificial, los vientres asignados al protocolo de J-Synch presentaron una menor ($P \leq 0.0103$) condición corporal (5.27 ± 0.05 ; Cuadro 3), un índice de menor ($P \leq 0.0001$) condición ovárica en el cual se denotó la ausencia de cuerpos lúteos y un menor número de días postparto al inicio de los protocolos para introducir las a inseminación artificial; en contraste a los valores observados en los vientres clasificados como ciclando que presentaron una condición corporal de 5.51 ± 0.07 .

Cuadro 3. Condición corporal (CC), condición ovárica y días post parto (DPP) de las vacas en los grupos experimentales.

Tratamiento	n	CC ± EE	Condición Ovárica ± EE	DPP ± EE (días)
J-Synch	66	5.27 ± 0.05	1.7 ± 0.09	43.3 ± 0.9
PGF _{2α}	45	5.51 ± 0.07	3.2 ± 0.07	162.7 ± 22.0
CV%		5.87	24.7	74.9
Probabilidad		0.0103	0.0001	0.0001

EE: error estándar; PGF_{2α}: Prostaglandina F_{2α}; CV: coeficiente de variación

Para la clasificación de la condición ovárica (CO) se tomó en cuenta la presencia de folículos pequeños (CO = 1), folículos medianos (CO = 2), Folículos Grandes (CO = 3) o cuerpos lúteos (CO = 4); los animales que no presentaron un cuerpo lúteo presentaron una calificación de condición ovárica de 1.7 ± 0.09 por la presencia de un cuerpo lúteo; mientras que los animales que presentaron un cuerpo lúteo y fueron sincronizados con prostaglandinas presentaron una calificación de condición ovárica de 3.2 ± 0.07 . Finalmente, otra característica que diferencio los grupos de sincronización fue los días entre parto e inicio de monta, donde las vacas que presentaron anestro postparto y fueron clasificadas para ser sincronizadas con J-Synch presentaron 43.3 ± 0.9 días; mientras que las vacas encontradas con cuerpos lúteos funcionales presentaron 162.7 ± 22 días de intervalo entre parto e inicio de monta.

Aplicación de Prostaglandina. Durante el ciclo estral existe la presencia de un cuerpo amarillo o cuerpo lúteo funcional cuya presencia dura alrededor de las tres cuartas partes del tiempo de duración del ciclo estral. Las prostaglandinas son compuestos derivados del colesterol y el ácido araquidónico, el cual es el precursor más relacionado con la reproducción, en particular la PGF y PGE (Hafez y Hafez 2013). Para que las hembras respondan adecuadamente a los protocolos con PG es que las misma se encuentren ciclando. El desarrollo de este comienza a partir del quinto día

post-ovulación y se realiza con el remanente de tejido dejado por el folículo ovulado. El punto más alto de su desarrollo se obtiene a los 16 días del ciclo estral bovino, y es cuando comienza la destrucción fisiológica. Se trataron con prostaglandina todas aquellas vacas que se encontraban con un cuerpo lúteo funcional, con el fin de inseminar con una detección de celo natural el cual es más fértil. Se aplicó una sola dosis de la prostaglandina (Ciclase DL[®]) de 2 mL por vaca.

Protocolo J-Synch

Dispositivo intravaginal bovino (DIV-B). Este protocolo consiste en la aplicación de un Dispositivo Intravaginal Bovino DIV-B[®], el cual contiene 1 g de progesterona natural que se encuentra en una base de silicona. Este producto se utiliza para la sincronización de celo y tratamiento para vacas en anestro. La progesterona juega un rol importante ya que al liberarse a partir de la colocación del dispositivo actúa sobre la dinámica folicular ovárica, luego de ser colocado provoca la regresión del folículo dominante y comienza una aceleración de las ondas foliculares, al suceder esto se produce un aumento de hormona folículo estimulante (FSH) la cual es responsable del comienzo de la emergencia en la próxima onda folicular. A su vez al retirar el dispositivo existe una caída de progesterona alcanzando niveles basales, y con ello un incremento en los pulsos de hormona luteinizante (LH), la cual favorecerá las últimas etapas del crecimiento del folículo dominante con concentraciones altas de estradiol lo cual provoca el celo entre las 30-90 horas posteriores, favoreciendo el pico preovulatorio de LH y desencadenando la ovulación (Syntex 2020).

Prostaglandina. Las prostaglandinas son ácidos grasos no saturados de 20 carbonos, que consisten en un ciclo pentano con dos cadenas laterales alifáticas. Son sintetizadas a partir del ácido araquidónico libre en la mayoría de los tejidos del cuerpo y sirven de hormonas locales, actuando sobre tejidos cerca del lugar de su síntesis (Syntex 2005). Son clasificadas en nueve grupos mayores desde la A hasta la I, cada uno contiene subgrupos denotados por subíndices 1, 2 y 3; en los animales domésticos la más utilizada es la PGF₂α. Las concentraciones de PGF₂α se elevan en ciertas condiciones como el parto, estimulando la dilatación de la cervix y contracción del útero. La PGF₂α es producida por el endometrio y es la responsable de la luteólisis, o degradación del cuerpo lúteo (CL) en el ganado vacuno (Adams 2001). Esta hormona tiene propiedades luteolíticas y posee un mecanismo de contracorriente por el cual llega desde el endometrio del útero al ovario (Bó *et al.* 2006). La PGF₂α causa una rápida regresión del cuerpo lúteo funcional con una rápida declinación en la producción de progesterona. La luteólisis es seguida comúnmente por un desarrollo de folículos ováricos y celo con ovulación normal. En bovinos el celo ocurrirá entre 2-4 días después de la luteólisis (Syntex 2020).

Benzoato de estradiol (BE). Esta hormona es un derivado sintético del 17 β-Estradiol, la cual es una hormona esteroidea sintetizada por el folículo ovárico. La aplicación de 2 mg de BE al momento de iniciar un protocolo de sincronización con dispositivos intravaginales estimula el inicio de una nueva onda folicular, por otra parte, al colocar 1 mg de BE a las 24 horas de retirado el dispositivo ayuda a la producción del pico preovulatorio de LH por medio de una retroalimentación positiva sobre el hipotálamo para la liberación de GnRH, al igual que aporta para la inducción de la luteólisis (Syntex 2020).

Hormona luteinizante (LH). Es una gonadotropina secretada en la adenohipófisis, favorecida por el estímulo que producen los estrógenos producidos en las células de la teca interna del folículo, favoreciendo la ovulación y formación del cuerpo lúteo. La hormona luteinizante (LH) es una glicoproteína presente en el lóbulo anterior de la hipófisis. La LH participa en las últimas etapas de la maduración folicular (Zeleznik 2004) y la ovulación (Bao y Garverick 1998) y la formación y mantenimiento del cuerpo lúteo (Niswender *et al.* 2000). La LH actúa en los ovarios estimulando el desarrollo terminal de los folículos y el incremento en la síntesis y secreción de estrógenos, los cuales a su vez son responsables de inducir el estro y la ovulación (Williams y Amstalden 2013).

Hormona folículo estimulante (FSH). Es una gonadotropina igualmente secretada en la adenohipófisis, la cual se encarga del crecimiento de folículos en el ovario y la producción de estrógenos. La hormona folículo estimulante (FSH) es la encargada del proceso de esteroidogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular. La FSH se uniría a receptores ubicados en el cuerpo lúteo y provocaría un aumento en la secreción de progesterona (Syntex 2020).

Gonadotropina coriónica equina (eCG). Antiguamente llamada gonadotropina del suero de yegua preñada (PMSG, por sus siglas en inglés). Esta hormona de tipo glicoproteico es secretada en los cálices o copas endometriales de las yeguas preñadas, especialmente entre los 40 a 120 días de la gestación. Su actividad hormonal se caracteriza por tener dos actividades: a) FSH y LH cuando es aplicada en especies diferentes a los equinos en los cuales solo tiene actividad LH, y b) debido a su composición química con alta cantidad de carbohidratos su vida media es prolongada. La eCG debido a su actividad FSH/LH estimula directamente el desarrollo folicular y la ovulación en la mayoría de las especies domésticas. En los protocolos de sincronización de celos, al momento de retirar los dispositivos intravaginales, las concentraciones de progesterona decrecen rápidamente. La aplicación de la eCG en ese momento potencia las gonadotropinas endógenas actuando sobre el estímulo del desarrollo folicular en sus últimos estadios de maduración y la ovulación, aumentando por ende la tasa de ovulación (Syntex 2020).

Gonadorelina (GnRH). La gonadorelina u hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) es producida por el hipotálamo ubicado en la base del cerebro; la GnRH es una hormona peptídica (decapéptido), la cual envía una señal a la glándula pituitaria o hipófisis para que libere gonadotropinas (LH, FSH). La hormona folículo estimulante produce el desarrollo del folículo y la hormona luteinizante hace que inicie el proceso de ovulación (Vélez *et al.* 2006). Luego de la administración de la hormona, estimula una liberación rápida de la hormona LH a circulación periférica en aproximadamente 30 minutos la cual puede persistir hasta por 240 minutos luego de la aplicación. Este pico de LH estimula un incremento de los esteroides gonadales en el líquido folicular, llevando con ello a las últimas etapas de la maduración folicular y con ello a la ovulación, siendo el principal factor para aplicarla desde 12 horas antes hasta en el momento de la inseminación lo cual justifica su uso en los protocolos de sincronización de celos con inseminación bien sea a celo detectado y a tiempo fijo, con el objetivo de mejorar las tasas de preñez (Syntex 2020).

relacionando el total de las vacas preñadas por toros divididas para total de vacas expuestas a los toros durante el mismo periodo multiplicado por cien (Hincapié *et al.* 2008).

Servicios por concepción (S/C). Número total de inseminaciones y MN que se realizaron para que la vaca quede en estado gestante. Servicios por concepción = Suma de todos los servicios por IA o MN realizados en las vacas gestantes durante un periodo/Número de vacas confirmadas preñadas en el mismo periodo de tiempo (González 2001).

Porcentaje de preñez acumulado (%PA). Para adquirir una adecuada información de este índice se requiere reconocer la totalidad de las preñeces, se puede calcular relacionando el total de las vacas preñadas durante la monta divididas para total de vacas expuestas a monta en el mismo periodo multiplicado por cien (Hincapié *et al.* 2008).

Días a servicio efectivo post inicio de monta (DSEPM). Corresponde al número de días que transcurren desde el final del tratamiento de sincronización hasta el servicio efectivo que dio origen a la gestación.

Costo por tratamiento y por vaca preñada. Los costos incurridos al aplicar los tratamientos en el hato ganadero, haciendo una comparación de la inversión total entre ambos tratamientos, es decir, aplicación de prostaglandina y utilización de protocolo J-Synch, incluyendo el total de pajuelas utilizadas en las rondas de inseminación para ambos tratamientos.

Diseño experimental

Se realizó un estudio retrospectivo por medio del cual se analizó el desempeño reproductivo en 111 vacas que se encontraban compuestas por múltiparas recién destetadas (68), horras (24) y vaquillas (19); las cuales fueron divididas en dos grupos de tratamientos para la introducción de inseminación artificial, según las estructuras ováricas detectadas al momento de revisarles la funcionalidad del aparato reproductivo.

Se utilizó técnicas de estadística descriptiva y se realizaron comparaciones utilizando un diseño completamente al azar. Para el análisis estadístico en las variables porcentuales se aplicó un análisis de distribución de frecuencias por medio de una prueba Chi-cuadrado (χ^2). Para las variables numéricas (servicios/concepción, días a servicio efectivo post tratamiento) se utilizó una prueba t-student para muestras independientes, utilizando el programa de análisis estadístico “Statistical Analysis System” (SAS 2019). El nivel de significancia exigido en ambos casos fue de $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Servicios por concepción por IA (S/CIA)

Este indicador toma solo en cuenta los servicios realizados en las vacas preñadas. Hubo diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0.0001$; Cuadro 4), siendo el tratamiento con protocolo J-Synch el que generó los mejores resultados ya que presentó 0.52 S/CIA menos que el tratamiento PGF_{2α}. González (2001) establece un rango de 1.6-1.8 S/C como ideal para vacas en el trópico. Según Hincapié *et al.* (2005) obtener 1.3 a 1.5 servicios por concepción es aceptable en vacas de remplazo, mientras que 1.6 a 2 es deficiente. Según Wilde (2005), se requiere entre 1.5 y 2 inseminaciones por vaca para que ésta quede gestante, mientras que Dávalos (2005) señala que 1.65 servicios es lo óptimo. Los altos valores observados en este experimento están asociadas a una falta de personal debidamente certificado en el procedimiento de inseminación artificial durante el primer servicio. Sin embargo, es de resaltar que ambos protocolos alcanzaron igual ($P = 0.7882$) número de servicios por vaca expuesta a inseminación artificial con un promedio de 1.52 ± 0.06 servicios para las vacas en anestro (J-Synch) y de 1.49 ± 0.08 servicios para las vacas que estaban ciclando (PGF_{2α}).

Cuadro 4. Servicios por concepción (S/CIA) y porcentajes de preñez acumulado por inseminación artificial (PPIA) para los dos protocolos de sincronización de celos.

Tratamiento	n	S/CIA±EE	n	PPIA, %
J-Synch	27	3.67 ±0.06	27/66	40.9
PGF _{2α}	16	4.19 ±0.06	16/45	35.6
CV%		7.5		
Probabilidad		0.0001		0.5697

EE: error estándar; J-Synch: protocolo de sincronización usando dispositivos intravaginales para bovinos de Syntex®; PGF_{2α}: protocolo de sincronización usando prostaglandina F_{2α}; CV%: coeficiente de variación.

Porcentaje de preñez acumulada por IA (%PAIA)

Este parámetro hace referencia al porcentaje total de vacas que resultaron preñadas al ser inseminadas por segunda vez; durante el estudio todas las vacas tuvieron la oportunidad para que se les realizaran dos inseminaciones. No hubo diferencias entre ambos tratamientos ($P = 0.5697$; Cuadro 4), presentando porcentajes entre los rangos 35-45%. Estos resultados se atribuyen al hecho de mayores niveles de preñez en el segundo servicio ya que estos celos eran naturales y además los servicios fueron realizados por personal capacitado en la técnica de inseminación artificial. Estos resultados son inferiores a los encontrados por Valladares (2003) de 63%, por debajo de los rangos sugeridos por Cavazos (2004), quien recomienda entre 60 y 63% de preñez al segundo servicio. Similares a los obtenidos por Martínez y Sierra (2010) con 40% con 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 posparto.

Servicios por concepción con monta natural (S/CMN)

Este indicador toma solo en cuenta el número de MN reportadas para que la vaca quede gestante. No hubo diferencias entre los tratamientos ($P = 0.1947$; Cuadro 5), ambos tratamientos se encuentran en un rango de 1.5-2 S/CMN. Estos resultados se encuentran por debajo de los obtenidos por Andrango y Almeida (2001) de 2.8 en vacas Pardo Suizo. O'Connor (1999) recomienda para vacas en el trópico valores entre 1.3 y 1.7 como óptimo.

Cuadro 5. Servicios por concepción (S/CMN) y porcentaje de preñez por monta natural (PPMN) en vacas para los dos protocolos de sincronización de celo.

Tratamiento	n	S/CMN \pm EE	n	PPMN, %
J-Synch	31	2.03 \pm 0.07	31/39	79.5
PGF ₂ α	23	1.87 \pm 0.10	23/27	85.2
CV%		22.9		
Probabilidad		0.1947		0.5551

EE: error estándar; J-Synch: protocolo de sincronización usando dispositivos intravaginales para bovinos de Syntex®; PGF₂ α : protocolo de sincronización usando prostaglandina F₂ α ; CV%: coeficiente de variación.

Porcentaje de preñez acumulada por monta natural (%PPMN)

Para adquirir una adecuada información reconocer la totalidad de las preñeces, se puede calcular relacionando el total de las vacas preñadas por toros divididas para total de vacas expuestas a toros multiplicado por cien (Hincapié *et al.* 2008). Las diferencias no fueron significativas ($P = 0.5551$; Cuadro 5), presentando porcentajes entre 80-85%. Estos resultados superan a los recomendados por Hincapié *et al.* (2008) para vacas en el trópico de 60-75%, e igual se encuentran por encima de los recomendados por González (2001) de 50% para vacas en el trópico.

Servicios por concepción (S/C)

Este indicador toma solo en cuenta los servicios y monta natural realizados en las vacas preñadas. No hubo diferencias entre los tratamientos ($P = 0.9421$; Cuadro 6), ambos tratamientos presentaron un rango de 2-3 S/C. Ambos tratamientos se encuentran en un rango de 2.5-2.8 S/C. Estos resultados son similares a los encontrados por González (2001) de 2.5-2.7 S/C para vacas en el trópico e igual se encuentran por encima de los resultados obtenidos por Ayala y Castillo (2010) de 1.5 S/C utilizando GnRH al momento de la inseminación artificial en vacas lecheras implantadas con dispositivo intravaginal.

Cuadro 6. Servicios por concepción (S/C), porcentaje de preñez acumulada (PA) y días a servicio efectivo post inicio del período de monta (DSEPM)

Tratamiento	n	S/C±EE	n	PA, %	DSEPM± EE (días)
J-Synch	58	2.81 ±0.1	58/66	87.9	44.4 ±2.1
PGF _{2α}	39	2.82 ±0.1	39/45	86.7	42.7 ±3.2
CV%		20.6			41.0
Probabilidad		0.9421		0.8502	0.6479

EE: error estándar; J-Synch: protocolo de sincronización usando dispositivos intravaginales para bovinos de Syntex®; PGF_{2α}: protocolo de sincronización usando prostaglandina F_{2α}; CV%: coeficiente de variación.

Porcentaje de preñez acumulada (%PA)

Este indicador hace referencia al total de vacas preñadas durante todo el procedimiento con relación al número de vacas presentadas para monta durante el mismo periodo. No hubo diferencia ($P = 0.8502$; Cuadro 6) entre los tratamientos, presentando porcentajes entre los rangos de 86-88%. Los resultados obtenidos superan los recomendados por González (2001), quien sugiere que para vaquillas en el trópico la preñez acumulada debe ser mayor al 55%. Estos resultados superan a los reportados por Cutaia y Bó (2004) quienes trabajaron con vacas de ganado de carne *Bos indicus* y obtuvieron valores de 45%, e igualmente superan a los obtenidos por Velásquez y Vélez (2011) quienes realizaron una investigación donde utilizaron diferentes dosis de eCG y dispositivos DIV-B®, y obtuvieron resultados de 66.67 y 75% de preñez acumulada.

Días a servicio efectivo post inicio de la monta (DSEPM)

Para este experimento los días a servicio efectivo se consideran como el promedio de días que transcurren desde el inicio del protocolo hasta el momento en que se preña la vaca. No hubo diferencias ($P = 0.6479$; Cuadro 6) entre los tratamientos. Esta variable puede estar influenciada por las fallas que, en la primera ronda de inseminaciones, fueron significativamente influenciadas por el pobre desempeño asociado con el técnico inseminador, la fluctuación del personal técnico repercutió negativamente en el desempeño reproductivo.

Costo por tratamiento y por vaca preñada

En la industria ganadera, para elegir un tratamiento reproductivo en un hato es importante determinar su eficiencia y costo. Se puede elegir con mayor facilidad el protocolo que cumplirá con las expectativas reproductivas y económicas en una finca comercial. El costo del tratamiento con PGF_{2α} en comparación al J-Synch fue menor en USD 4.60, esto a pesar de que las diferencias entre los protocolos para introducir la inseminación artificial, aun cuando presentaron un desempeño similar en porcentaje de preñez, el número de servicios por concepción en el tratamiento de prostaglandinas fue mayor (Cuadros 7 y 8).

Cuadro 7. Costos por protocolo de sincronización de celos (USD)

Medicamentos	n	Costo/paquete	Presentación	Costo unitario	Costo total por vaca
J-Synch (DIV – B [®])	66	68.58	10 unidades 1g	6.86	3.42
PGF ₂ α (Ciclase [®])		17.18	20 mL	0.86	1.72
eCG (Novormón [®])		34.63	25mL 5000 UI	1.39	2.77
Benzoato de estradiol		14.08	100 mL	0.14	0.28
Total					8.19
PGF ₂ α (Ciclase [®])	45	17.18	20 mL	0.86	1.72
Total					1.72

DIV-B[®]: dispositivo intravaginal bovino para dos usos; PGF₂α: Prostaglandina F₂α; eCG: Novormón.

Tasa de cambio 1 USD= 24.61 L

Cuadro 8. Costos por vaca preñada por inseminación artificial (USD)

Tto	n	Costo protocolo por vaca	Costo total protocolo	Cantidad de pajuelas utilizadas	Costo por pajuela	Cantidad de vacas preñadas	Costo protocolo + semen	Costo por vaca preñada
J-Synch	66	8.19	540.54	99	20.32	27	2552.22	94.52
PGF ₂ α	45	1.72	77.4	67	20.32	16	1438.84	89.92

PGF₂α: Prostaglandina F₂α

Tto: Tratamiento

4. CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones de este estudio, la clasificación de las vacas en función de sus condición reproductiva y actividad ovárica permite la utilización de los protocolos de sincronización de celos ($\text{PGF}_{2\alpha}$) y de la ovulación (J-Synch) para introducir la inseminación artificial.
- A pesar de que el protocolo $\text{PGF}_{2\alpha}$ presentó un menor costo, el costo por vaca preñada fue similar en ambos protocolos de sincronización de celos.

5. RECOMENDACIONES

- Para obtener mejores resultados con la utilización de estos protocolos se recomienda trabajar con técnicos certificados en inseminación artificial.
- Implementar este tipo de tecnologías $\text{PGF}_{2\alpha}$ y J-Synch para facilitar la introducción de IA y sincronización de celos en hatos ganaderos.

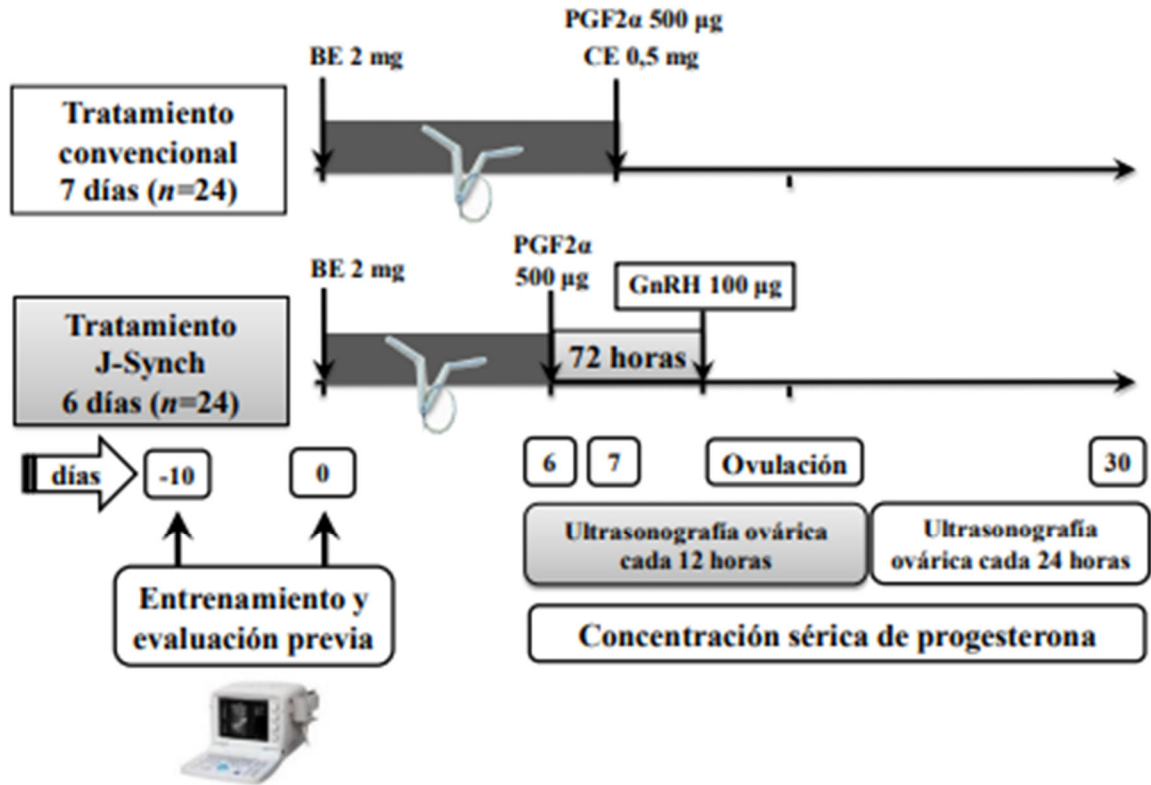
6. LITERATURA CITADA

- Adams H. 2001. Prostaglandins, related factors, and cytokines. En Riviere JE, Papich MG, editores. *Veterinary Pharmacology & Therapeutics*, 9th ed. Wiley-Blackwell. pp. 440-453. ISBN: 978-0-8138-2061-3.
- Andrango GC, Almeida Z. 2001. Análisis reproductivo y productivo del hato lechero rancho Lima en Atlántida, Honduras con el programa VAMPP [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 38 p.
- Asprón MA. 2004. Curso de actualización-manejo reproductivo del ganado bovino. México: Instituto Tecnológico de Monterrey; [consultado el 19 de jun de 2020]. www.ivis.org.15/12/2006.
- Ayala DC, Castillo OJ. 2010. Efecto de la aplicación de GnRH al momento de la inseminación artificial en vacas lecheras implantadas con dispositivos intravaginales [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 14 p.
- Bao B, Garverick HA. 1998. Expression of steroidogenic enzyme and gonadotropin receptor genes in bovine follicles during ovarian follicular waves: a review. *Journal of Animal Science*, 76(7): 1903-1921. doi: 10.2527/1998.7671903x
- Bavera GA, Peñafort C. 2005. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. 1-13p
- Bicalho RC, Galvao KN, Guard CL, Santos JEP. 2008. Optimizing the accuracy of detecting a functional corpus luteum in dairy cows. *Theriogenology*, 70(2): 199–207. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.03.015.
- Bó GA, Alonso A, Caccia M, Carcedo J, Cutaia L, Moreno D, Martínez M, Baruselli P. 2006. Fisiología de la reproducción de la vaca [Tesis]. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba-Argentina. 26p.
- Bó GA, Cutaia L, Peres LC, Pincinato D, Maraña D, Baruselli PS. 2007. Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of *Bos indicus* cattle. *Society of Reproduction and Fertility supplement*, 64(1): 223-36. doi: 10.5661/rdrvi-223
- Bridges GA, Hesler LA, Grum DE, Mussard ML, Gasser CL, Day ML. 2008. Decreasing the interval between GnRH and PGF 2α from 7 to 5 days and lengthening proestros increases timed-IA pregnancy rates in beef cow. *Theriogenology*, 69:843-851. doi: 10.1016/j.theriogenology.2007.12.011.
- Bridges GA, Mussard ML, Burke CR, Day ML. 2010. Influence of the length of proestros on fertility and endocrine function in female cattle. *Animal Reproduction Science*, 117: 208-215. doi: 10.16/j.anireprosci.2009.05.002.
- Carvajal AM, Kerr B. 2015. Factores genéticos que influyen la composición de la leche bovina. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Estudios Científicos, Valdivia; [consultado el 18 de agosto del 2020]. <http://bit.ly/2uLh8Qz>

- Cavazos FJ. 2004. Algunas consideraciones sobre un problema viejo: vacas repetidoras. México: Engormix; [consultado el 21 de feb. de 2020]. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/algunas-consideraciones-sobre-problema-t25967.htm>.
- Cutaia L, Bó GA. 2004. Factores que afectan los resultados en programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos de cría utilizando dispositivos con progesterona. En Resúmenes 1 Simposio Internacional de Reproducción Bovina (Vol. 20).
- Dávalos C. 2005. Caracterización de la eficiencia productiva y reproductiva de dos hatos lecheros ubicados en la Provincia de Chimborazo durante el período 2002-2003 [Tesis]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 45 p.
- De la Mata JJ, Ré M, Bó GA. 2015. Combination of estrus detection and fixed-time artificial insemination in beef heifers following shortened estradiol-based protocol that provides for a lengthened proestrus. *Reproduction, Fertility and Development*, 27: 96-97. doi:10.1071/RDV27n1Ab8
- Figueira PM, Ereno RL, Satrapa RA, Pinheiro PG, Trinca LA, Barros CM. 2011. Neither plasma progesterone concentrations nor exogenous eCG affects rates of ovulation or pregnancy in fixed-time artificial insemination (FTAI) protocols for puberal Nellore heifers. *Theriogenology*, 75(1):17-23.
- Foote R. 2002. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. *Journal of Animal Science*, 80:(e2):1-10. https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_21a
- Gasque R. 2008. Enciclopedia bovina. 1ª ed. FMVZ. Capítulo 8, Mejoramiento Genético en bovinos. México, pp. 267-285.
- Giraldo J. 2007. Una mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación*, 4(1): 51.
- González C. 2009. Calcule los días en producción y la tasa de preñez. Argentina: Proagro; [consultado el 10 de sep de 2020]. <https://proagrolab.com.ar/calculador-de-dias-en-produccion-y-la-tasa-de-prenez/>
- González S. 2001. Parámetros, cálculos e índices aplicados en la evaluación de la eficiencia reproductiva. En: *Reproducción Bovina*. 1ª ed. Fundación Girarz. Maracaibo, Venezuela. Cap 14. pp 203-248.
- Hafez B, Hafez E. 2013. *Reproduction in farm animals*. 7th ed. New Delhi, India. Lalit Printer & Binder. 509 p. ISBN: 978-81-265-4078-5.
- Hincapié JJ, Brito R, Campo E. 2005. *Reproducción animal aplicada: Fundamentos de Fisiología y Biotecnología*. 2ª Ed. Tegucigalpa. Ed Litocom. 200 p.
- Hincapié JJ, Pipaon E, Blanco G. 2008. *Trastornos reproductivos en la hembra bovina*. 2ª Ed. Editorial Litocom. Honduras. 159 p.
- Louis TM, Hafs HD, Morrow DA. 1974. Intrauterine administration of prostaglandin F2a in cows: progesterone, estrogen, LH, estrus and ovulation. *Journal of Animal Science*, 38: 347. doi: 10.2527/jas1974.382347x
- Magaña MJ, Aguilar PC, Santos FJ. 2018. Importancia de la condición corporal al parto sobre el desempeño reproductivo del ganado bovino en el trópico. *Bioagrociencias*, 11(2): 34-43.

- Martínez CB, Sierra IF. 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. [Tesis] Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 17 p.
- Morales E. 2012. Utilización de prostaglandinas en el tratamiento de metritis en bovinos [Tesis]. Escuela de Ingeniería Zootécnica, Riobamba-Ecuador. 58 p.
- Niswender GD, Juengel JL, Silva PJ, Rollyson MK, McIntush EW. 2000. Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiology Reviews*, 80(1): 1-29.
- O'Connor ML. 1999. Medidas de la eficiencia reproductiva. *Lecturas Seleccionadas de Reproducción Animal*, 3: 45-54.
- Pipaon E, Hincapié JJ, Blanco G. 2004. Trastornos reproductivos en la hembra bovina. 3ª ed. Litocom. Honduras. 159 p.
- Rao S, Prasad K, Rajendran D. 2013. Recent advances in amelioration of anti-nutritional factors in livestock feedstuffs. En: *Animal Nutrition & Reproductive Physiology (Recent Concepts)*. 1a ed. Sampath KT, Ghosh J, Bhatta R, eds. Satish Serial Publishing House, pp. 656-678
- Syntex. 2005. Manejo farmacológico del ciclo estral del bovino. Lab. De Especialidades Veterinarias. Sitio Argentina de Producción Animal. [consultado el 7 de oct. de 2020]. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/72-manejo_farmacologico_ciclo_estral_bovino.pdf
- Syntex. 2020. Dispositivo intravaginal bovino Syntex® (DIV-B®). Buenos Aires, Argentina. 1 p.
- Valladares S. 2003. Efecto de la progesterona combinada con eCG en la inducción y sincronización del estro en ganado bovino [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 17 p.
- Velásquez D, Vélez GJ. 2011. Porcentaje de preñez en vacas con baja condición corporal tratadas con dos dosis de eCG en el día ocho del tratamiento con dispositivos intravaginales DIV-B® [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 23 p.
- Vélez M, Hincapié JJ, Matamoros I. 2006. Producción de ganado lechero en el trópico. 5a ed. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. p. 175-176.
- Williams GL, Amstalden M. 2013. Understanding postpartum anestrus and puberty in the beef. *Proceedings of Applied Reproductive Strategies in Beef*. January 28-29, 2010. San Antonio, TX. [consultado el 07 de oct del 2020]. http://www.appliedreprostrategies.com/2010/January/pdfs/Gary_Williams.pdf.
- Wilde O. 2005. Manual de inseminación artificial de la hembra bovina. Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía y Zootecnia. Colombia. ISBN 987-05-1241-0
- Zeleznik AJ. 2004. The physiology of follicle selection. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 16(2): 31-37.

7. ANEXO



Anexo 1. Diseño experimental de protocolo de sincronización de celo por medio de dispositivos intravaginales.