

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Efecto de la reutilización de un CIDR® post inseminación artificial a tiempo fijo
sobre el porcentaje de concepción de vacas lecheras de la raza Holstein

Por:

Luis Fernando Ramírez García

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Agosto 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Efecto de la reutilización de un CIDR® post inseminación artificial a tiempo fijo
sobre el porcentaje de concepción de vacas lecheras de la raza Holstein

Por:

Luis Fernando Ramírez García

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz

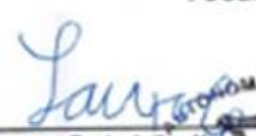
Presidente


Dr. Ramiro González Avalos

Vocal


MC. Blanca Patricia Peña Revuelta

Vocal


M.V.Z. Laura Gabriela Ibarra Campeán

Vocal Suplente


MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

COORDINACIÓN DE LA
DIVISIÓN REGIONAL
DE CIENCIA ANIMAL

Torreón, Coahuila, México
Agosto 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Efecto de la reutilización de un CIDR® post inseminación artificial a tiempo fijo
sobre el porcentaje de concepción de vacas lecheras de la raza Holstein

Por:

Luis Fernando Ramírez García

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

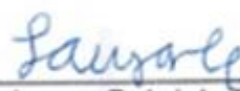
Aprobada por el Comité de Asesoría:



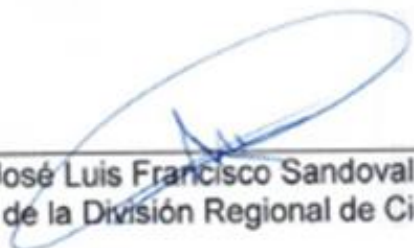
Dr. Ramiro González Avalos
Asesor Principal



MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Coasesor



M.V.Z. Laura Gabriela Ibarra Compean
Coasesor



MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



COORDINACIÓN DE LA
DIVISIÓN REGIONAL
DE CIENCIA ANIMAL

Torreón, Coahuila, México
Agosto 2025

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por darme salud y cuidarme cada día que vivido.

A mi Hija: Fernanda Ramirez Ríos por ser una de mis inspiraciones más grandes y motivarme siempre a ser mejor.

A mi Esposa: María Luisa Ríos Esparza, por su apoyo a lo largo de los años que hemos estado juntos, sus consejos y siempre estar cuando la necesito.

A mis Padres: Beatriz Garcia Muñiz y Leonado Ramirez Hernández, por su apoyo económico, moral, consejo, y por la educación que recibí a lo largo de mi vida.

A mis Suegros: Verónica Martina Esparza Robles y Álvaro Ríos Alvarado, por su apoyo emocional y económico.

Al Técnico Inseminador: José María Villegas Pérez, por compartirme su conocimiento.

Al M.V.Z: Luis Gerardo González González por compartirme su conocimiento y darme oportunidades dentro de la empresa donde laboramos.

Al equipo: de enfermería de Granja Palestina, para cada uno de sus miembros que colaboro compartiéndome algún conocimiento.

A los miembros que se adelantaron al cielo: mi hermano Juan Diego Ramírez García, por acompañarme siempre espiritualmente en toda mi vida, a un muy buen elemento del equipo de enfermería Federico de Jesús Borjón Chávez “Perico”, por ayudarme a ingresar al establo Granja Palestina donde adquirí grandes conocimientos.

Índice general

AGRADECIMIENTOS	i
Índice general	ii
Resumen	iv
Índice de cuadros	v
Índice de figuras	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	1
1.2. Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.- Producción de Leche en México.....	3
2.2.- Producción de Leche Influenciada por los Días Abiertos	3
2.3.- Producción láctea y Reproducción	4
2.4.- Problemas Reproductivos que llevan a infertilidad	5
2.4.1.- Progesterona Posparto.....	5
2.4.2.- Involución Uterina.....	5
2.4.3.- Actividad Ovárica Posparto	6
2.4.4.- Retención de Placenta	6
2.4.5.- Metritis Puerperal.....	7
2.4.6.- Endometritis Subclínica y Clínica	7
2.4.7.- Piometra.....	8
2.5.- Inseminación Artificial	8
2.6.- Protocolo de Sincronización de Ovulación	9
2.7.- CIDR®	9
2.8.- Factores que afectan la fertilidad de las vacas Inseminadas	11
2.8.1.- Ovulación retardada	11
2.8.2.- Ambiente uterino inadecuado	11
2.8.3.- Influencia de la temperatura ambiental alta sobre la eficiencia reproductiva en el vacuno	11
2.9.- Progesterona y Ovario	12
2.10.- Progesterona y Calidad de Ovocitos	12
2.11.- Progesterona y el Oviducto	12
2.12.- Progesterona y Útero	13
2.13.- Metabolismo de la Progesterona.....	13
2.14.- Muerte Embrionaria	14
2.15.- Concentración Sérica de Progesterona Exógena	15
2.16.- Aumento de progesterona pos-inseminación	16
3.- MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1.- Ubicación del Área de Trabajo	18

3.2.- Animales	18
3.3.- Tratamientos	18
3.4.- Análisis	20
4.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	21
5.- CONCLUSIONES	23
6.- LITERATURA CITADA	24

Resumen

La investigación se realizó en una unidad productora de leche de nombre Granja Palestina S.A DE C.V, ubicada en el ejido El Porvenir de Arriba, municipio de Francisco I. Madero, Coahuila de Zaragoza, México. Se utilizaron 48 vacas multíparas en producción de raza Holstein, con condición corporal de 2.75 a 3.5, en escala de 1 a 5, previamente se les realizó un chequeo ginecológico para asegurarse de que las vacas no tuvieran presencia de un embrión y inflamaciones subclínicas, todas se mantuvieron con alimentación igual, la selección de las hembras para integrar los tratamientos se realizó al azar. Una vez seleccionadas, éstas fueron sincronizadas con progestágeno CIDR (dispositivo de silicona inerte impregnado con 1.9 g de progesterona natural de liberación controlada), se utilizó el protocolo: Gonadorelina 100 µg al inicio (d 0) conjuntamente con el dispositivo intravaginal CIDR 1,9 g; el día siete se retiró el dispositivo CIDR y se inyectó 500 mg de Cloprostenol; 24 horas post retiro se aplicó 500 mg de Cloprostenol y a las 30 horas se aplicó 100 µg de Gonadorelina. En todos los tratamientos, la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se realizó entre las 72 a 74 horas post retiro del CIDR. Los dispositivos CIDR utilizados en el protocolo de sincronización de estros se lavaron con agua corriente y se desinfectaron con cloruro de benzalconio, a las 24 vacas del tratamiento 2 se les reinsertó (CIDR 1,9 g) reutilizado a los 5 días, después de la inseminación y se retiró a los 9 días de la inserción, los animales testigo solo se sincronizaron e inseminaron. Para obtener las observaciones de preñez se realizó en ambos tratamientos el diagnóstico mediante ecografía transrectal, al día 29-34.

Palabras clave: Concepción, Progesterona, Reproducción, Vaca

Índice de cuadros

Cuadro 1 Porcentaje de concepción obtenido dentro de las dos variables estudiadas.	21
--	----

Índice de figuras

Figura 1 Dispositivo intravaginal CIDR®	19
--	----

1. INTRODUCCIÓN

Para maximizar el rendimiento productivo y genético en ganado bovino, es fundamental lograr que las vacas queden preñadas lo antes posible dentro de los primeros tres meses posteriores al parto. Esto permite acortar el intervalo entre partos y aumentar los ingresos generados por vaca al año. En este contexto, resulta justificable la aplicación de técnicas de manejo reproductivo, como los programas de sincronización de la ovulación combinados con inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). La implementación de la IATF permite inseminar un número elevado de animales en un periodo específico (Vallejo et al., 2017).

Las biotecnologías reproductivas son herramientas valiosas para conservar y utilizar eficientemente los recursos zoogenéticos. Los programas de sincronización del estro permiten seleccionar la época óptima para el empadre, de acuerdo con la disponibilidad de forraje, acortar el tiempo entre el parto y la primera ovulación, facilitar la inseminación artificial e impulsar programas de mejora genética (Shahid et al., 2019).

La manipulación del ciclo estral y la inducción de la ovulación mediante protocolos específicos, junto con la inseminación artificial, ofrecen múltiples beneficios. Entre ellos se incluyen la producción de becerros más homogéneos, el aumento en el valor de venta y la simplificación del manejo nutricional y sanitario del hato (Diskin y Kenny, 2016).

Sin embargo, en bovinos criollos, el uso de estas biotecnologías reproductivas, como la sincronización del celo y la ovulación, sigue siendo poco común y con resultados que aún generan debate. En México, durante la década de 1990, se llevaron a cabo experiencias con sincronización en bovinos mestizos, y se observó que estos animales no siempre respondían adecuadamente a los protocolos hormonales (Zárate et al., 2010).

La baja eficiencia reproductiva en bovinos lecheros representa una fuente de frustración tanto para los productores como para sus asesores, ya que impacta negativamente en la rentabilidad de las explotaciones. La programación de la inseminación en vacas lecheras posparto contribuye a reducir los días abiertos y el intervalo entre partos. El objetivo de sincronizar exitosamente el celo y aplicar la inseminación artificial a tiempo fijo es ejercer un control preciso del ciclo reproductivo sin necesidad de detectar el celo de manera convencional. Esta planificación favorece un mayor número de vacas inseminadas y, por ende, un incremento en la tasa de preñez (Pursley et al., 1997).

1.1 Objetivo

Aumentar la tasa de concepción después de la reinserción de un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona después de la inseminación artificial a tiempo fijo en vacas altas productoras de leche.

1.2. Hipótesis

La reinserción de un CIDR® después de la inseminación artificial a tiempo fijo, aumenta la tasa en vacas altas productoras de leche.

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Producción de Leche en México

En México, la leche de vaca representa un componente esencial del subsector pecuario, tanto por su valor nutricional como por su relevancia como alimento básico, especialmente en la dieta infantil. Además, el consumo de leche ha ido en aumento entre otros grupos de edad. Sin embargo, la producción nacional no ha logrado satisfacer la creciente demanda de leche y sus derivados, lo que ha colocado al país entre los principales importadores de leche fluida y en polvo (Castro et al., 2012).

Para el año 2023, se estimó una producción total de 13,343 millones de litros de leche. Tan solo al cierre de enero, ya se habían producido 3,125 millones de litros. El estado de Jalisco lideró la producción con 648 millones de litros, equivalente al 20.7% del total nacional. Le siguieron Coahuila con 368 millones (11.8%), Durango con 364 millones (11.6%), y Chihuahua con 296 millones (9.5%). El resto de las entidades federativas aportaron 1,450 millones de litros, lo que representa el 46.4% de la producción nacional. Durante el mismo periodo, se registraron importaciones por 4,108 millones de litros y exportaciones por 292 millones (SADER, 2023).

2.2.- Producción de Leche Influenciada por los Días Abiertos

El intervalo entre el parto y una nueva gestación, también conocido como “días abiertos” (DA) o periodo de servicio, está estrechamente relacionado con las prácticas de manejo reproductivo. Cuando este intervalo se prolonga, se genera una lactancia más extensa y un periodo seco más largo, lo que incrementa las pérdidas económicas. Esta extensión del intervalo entre partos se debe directamente al aumento del tiempo que transcurre entre el parto y la concepción, y se cuantifica precisamente como el número de días abiertos. Es ampliamente reconocido que una mayor duración de este intervalo repercute negativamente en la productividad, reflejándose en una disminución del rendimiento total de leche (Sequeira, 2013).

2.3.- Producción láctea y Reproducción

La demanda nutricional para producción de leche puede generar incapacidad reproductiva en las vacas. Se comentan la existencia de bajas tasas de concepción en vacas altas productoras. Lo anterior se debe a enfermedades metabólicas ocasionadas por un balance negativo de energía en vacas postpartum. La eficiencia reproductiva del hato es uno de los aspectos más importantes de la producción de ganado lechero, ya que tiene un alto impacto en los costos de producción. La eficiencia reproductiva determina en gran medida la rentabilidad de una unidad ganadera, ya que de esta depende el periodo de producción de las hembras (Aguayo *et al.*, 2016).

La alta producción por sí misma no disminuye la tasa de gestación; la proporción acumulada de vacas gestantes en el día 90 posparto, es más elevada en las vacas con mayor producción de leche (≥ 50 kg) que en aquellas con menor

producción (<50 kg). Aunque la producción de leche no determina la tasa de gestación, el descenso de este parámetro se asocia con los cambios metabólicos que padece la vaca en conjunción con prácticas inadecuadas de manejo, debido a la intensificación de la producción y particularmente con el aumento del número de vacas por hato (López *et al.*, 2006).

2.4.- Problemas Reproductivos que llevan a infertilidad

El puerperio es el periodo que transcurre desde el parto hasta la aparición del primer estro fértil. Durante esta etapa se desarrollan dos procesos fisiológicos clave: la involución del útero y la reactivación de la actividad ovárica posparto. En el caso de las vacas lecheras, el manejo adecuado del puerperio es esencial dentro de los programas de sanidad y reproducción, ya que es en esta fase cuando se identifican y tratan las enfermedades uterinas. El objetivo es garantizar que la vaca se encuentre en condiciones óptimas para ser inseminada una vez transcurrido el tiempo de espera tras el parto (Hernández, 2016).

2.4.1.- Progesterona Posparto

El ambiente hormonal posterior al parto influye de manera significativa en la respuesta inmunológica del útero. Se ha demostrado que durante la fase lútea, las concentraciones elevadas de progesterona suprimen la actividad del sistema inmune, lo que aumenta la vulnerabilidad del útero a infecciones bacterianas. Esta mayor susceptibilidad se relaciona con niveles altos de progesterona, una disminución en la síntesis de prostaglandina F₂α (PGF₂α) y una menor proliferación de linfocitos en estudios *in vitro* (Lewis, 2004).

2.4.2.- Involución Uterina

Durante el parto, más del 90% de las vacas experimentan la contaminación del lumen uterino por bacterias ambientales. No obstante, en condiciones normales, la respuesta inmunológica del animal es capaz de eliminar dicha contaminación en un lapso aproximado de cinco semanas posteriores al parto. Cuando la carga bacteriana es elevada, puede desencadenarse una infección o enfermedad uterina, lo cual provoca una involución uterina tardía. Esta condición prolonga el periodo voluntario de espera y reduce la fertilidad. La involución uterina retrasada es considerada uno de los principales factores que afectan negativamente la fertilidad en vacas lecheras, aunque algunos estudios han reportado solo una leve correlación entre esta condición y el desempeño reproductivo (Ruiz et al., 2017).

2.4.3.- Actividad Ovárica Posparto

Durante el periodo posparto, las vacas enfrentan un desequilibrio energético que obliga al organismo a realizar ajustes metabólicos. Este proceso implica la movilización de reservas corporales y alteraciones en las concentraciones plasmáticas de ciertos metabolitos lipídicos, los cuales están relacionados con el restablecimiento de la función reproductiva (Razo et al., 2011).

El intervalo entre el parto y la primera ovulación puede variar considerablemente entre los rebaños comerciales, influenciado por factores como la raza, el estado nutricional, la producción de leche, la estación del año y la presencia de un ternero lactante. En vacas en producción, es posible identificar folículos de tamaño medio alrededor del día 5 posparto, y el primer folículo dominante suele ovular entre los días 15 y 27 tras el parto. En condiciones normales, la mayoría

de las vacas deberían reiniciar su actividad cíclica cerca del día 40. Sin embargo, en el contexto real de las explotaciones ganaderas, muchas de ellas no manifiestan signos visibles de estro (Sequeira, 2013).

2.4.4.- Retención de Placenta

La limitada recuperación de la función reproductiva durante el periodo posparto representa un obstáculo significativo para el éxito de los programas de manejo reproductivo en bovinos. Una de las afecciones más comunes en esta etapa es la retención de membranas fetales (RMF), la cual debe interpretarse como un signo clínico que puede estar asociado a múltiples causas, entre ellas: infecciones microbianas (como en casos de aborto), trastornos metabólicos (hipocalcemia, cetosis, síndrome de la vaca gorda), deficiencias nutricionales (particularmente de selenio y vitamina E), así como prácticas inadecuadas en el manejo del parto. Desde el punto de vista económico, la RMF conlleva pérdidas considerables, debido al aumento en los costos veterinarios, mayores tasas de desecho y problemas de fertilidad. Adicionalmente, se ha observado que las vacas que presentan esta condición producen, en promedio, 355 kg menos de leche durante los dos primeros meses de lactancia en comparación con aquellas que no la padecen (Hernández, 2016).

2.4.5.- Metritis Puerperal

La metritis puerperal es una patología uterina severa que puede presentarse en hasta un 40% de las vacas después del parto. Se manifiesta clínicamente por la presencia de secreciones vaginales malolientes, fiebre y aumento del tamaño uterino. Esta condición influye de manera significativa en la disminución del rendimiento lechero (Giuliodori et al., 2013).

2.4.6.- Endometritis Subclínica y Clínica

La endometritis subclínica corresponde a una inflamación del endometrio que no presenta signos clínicos evidentes, lo que dificulta su detección. Debido a ello, las vacas afectadas suelen concluir su periodo voluntario de espera e integrarse a los protocolos de inseminación artificial sin diagnóstico previo. Esta condición prolonga el intervalo entre parto y primer servicio, reduce la tasa de concepción al primer intento, retrasa la primera ovulación posparto y se relaciona con pérdidas embrionarias y un aumento en el porcentaje de desecho de animales. En el caso de la endometritis clínica, se presentan signos visibles como secreción vaginal con presencia de pus, lo que la diferencia de la forma subclínica (Barajas et al., 2018).

Es fundamental destacar que esta patología no solo causa infertilidad durante su presencia activa, sino que también genera subfertilidad posterior a su resolución. Se estima que las vacas con endometritis tienen una reducción del 20% en la tasa de concepción y un aumento aproximado de un mes en el intervalo entre partos, lo cual contribuye a un incremento del 3% en el número de animales descartados por problemas reproductivos (LeBlanc et al., 2002).

2.4.7.- Piometra

La piometra se presenta en vacas que ovulan aproximadamente hacia la tercera semana posparto y que, simultáneamente, cursan con una infección uterina. En estas circunstancias, la acción de la progesterona favorece la proliferación bacteriana y contribuye al cierre del cérvix, lo que impide la expulsión del contenido uterino y conlleva la acumulación de secreciones purulentas (loquios) en el lumen uterino. Estas alteraciones endometriales interfieren con la síntesis

de prostaglandinas, provocando la permanencia del cuerpo lúteo y, como consecuencia, un estado de anestro (Hernández, 2016).

2.5.- Inseminación Artificial

Dentro de los programas de reproducción asistida en ganado bovino, la inseminación artificial constituye una herramienta fundamental. Más allá de la cantidad de servicios realizados, el momento en que se lleva a cabo la inseminación es un factor decisivo para lograr una alta eficiencia reproductiva. Para optimizar los resultados, es esencial considerar los aspectos fisiológicos que determinan el inicio de los signos de estro. Esto permite reducir el número de servicios por concepción, dado que la ovulación en la vaca ocurre entre 10 y 12 horas después de finalizadas las manifestaciones del celo, mientras que el espermatozoide requiere entre 5 y 10 horas dentro del útero para completar su proceso de capacitación (Botello et al., 2010).

2.6.- Protocolo de Sincronización de Ovulación

En los programas de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), es habitual emplear protocolos de sincronización del celo y la ovulación que no requieren la detección visual del estro. Por esta razón, su uso se ha generalizado en esquemas reproductivos que incorporan dispositivos intravaginales liberadores de progesterona, combinados con análogos de prostaglandinas y benzoato de estradiol (BE). Este último se aplica tanto al momento de insertar el dispositivo (día 0) como en el momento de su retiro. Los periodos de inserción de estos dispositivos oscilan entre 7 y 10 días. El uso de progestágenos en protocolos de corta duración mejora significativamente la sincronización del estro y permite

alcanzar tasas de manifestación de celo sincronizado de hasta el 90% de los animales tratados (Solórzano et al., 2008).

Además, tanto el BE como los análogos de GnRH inducen la emergencia sincronizada de una nueva onda folicular, lo que culmina en la ovulación del folículo dominante, favoreciendo así los resultados reproductivos. En situaciones donde se sospecha una elevada proporción de vacas en anestro, se recomienda la administración adicional de 400 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) el séptimo día del protocolo. Asimismo, el BE puede ser sustituido por análogos de GnRH (a razón de 100 microgramos por vía intramuscular) el día 0 del protocolo, mientras que la segunda aplicación de GnRH se realiza al momento de la IATF (Roset et al., 2021). Al finalizar el tratamiento y retirar el dispositivo intravaginal, se administra una prostaglandina para inducir la regresión del cuerpo lúteo remanente, lo que permite la presentación del celo dentro de un intervalo de 48 a 72 horas (Lugo et al., 1999).

Es importante señalar que vacas con niveles bajos de progesterona durante el protocolo de sincronización presentan tasas de concepción significativamente menores (37.1%) en comparación con aquellas que mantienen niveles elevados (51.0%). Esto sugiere que incrementar la concentración de progesterona durante el tratamiento mejora considerablemente la fertilidad. En estudios comparativos entre protocolos IATF tradicionales (como Ovsynch) y aquellos que combinan progesterona con estradiol (P4+E2), se ha observado un aumento sustancial en la tasa de preñez en vacas de alta producción tratadas con implantes hormonales (27.5% vs 40.8%) (Stevenson et al., 2006).

2.7.- CIDR®

En el caso del dispositivo intravaginal CIDR®, al ser retirado aún conserva una cantidad considerable de progesterona, la cual varía en función del tiempo que permaneció insertado. Se ha determinado que, tras una permanencia de 9 días, el dispositivo retiene aproximadamente 1.1 gramos de progesterona, mientras que si la estancia se extiende a 15 días, la cantidad residual disminuye a cerca de 0.9 gramos. Además, estudios han cuantificado la cantidad total de progesterona liberada durante un periodo estándar de 7 días, encontrando un promedio de 0.61 ± 0.01 gramos (Peterson y Henderson, 1990).

2.8.- Factores que afectan la fertilidad de las vacas Inseminadas

2.8.1.- Ovulación retardada

La presencia de alteraciones en la función del cuerpo lúteo, ocasionadas por deficiencias metabólicas o por una elevada tasa metabólica, así como los efectos negativos del estrés térmico, pueden provocar un retraso en el proceso de ovulación. Este retardo, vinculado a una dominancia folicular prolongada, se asocia con una disminución en la calidad del ovocito, lo que a su vez incrementa la probabilidad de pérdida embrionaria (Sequeira, 2013).

2.8.2.- Ambiente uterino inadecuado

En vacas alimentadas con dietas ricas en proteína bruta pero con un aporte energético insuficiente, puede producirse una acumulación de compuestos nitrogenados tóxicos, como la urea y el amoníaco. Esta situación ocurre debido a la descomposición de los aminoácidos, lo que eleva sus concentraciones en el torrente sanguíneo. Se ha sugerido que este desequilibrio provoca alteraciones

en el pH del endometrio, generando un ambiente desfavorable que puede interferir con el proceso de implantación embrionaria (Rhoads et al., 2006).

2.8.3.- Influencia de la temperatura ambiental alta sobre la eficiencia reproductiva en el vacuno

Se ha comprobado que el estrés térmico durante el verano tiene un impacto negativo sobre la fertilidad bovina, efecto que puede extenderse hasta los primeros dos meses del otoño, incluso en ausencia de condiciones térmicas adversas en ese periodo. Este fenómeno se atribuye a la acción de la hipertermia estival sobre los folículos antrales en desarrollo, los cuales alcanzan la fase de dominancia folicular entre 40 y 50 días después de la exposición al calor (Wolfenson et al., 2002).

2.9.- Progesterona y Ovario

La progesterona ejerce efectos contrastantes sobre la ovulación dependiendo de su concentración. En dosis bajas, favorece la inducción ovulatoria, mientras que en niveles elevados, ejerce un efecto inhibitorio. Su acción se inicia reduciendo el umbral de excitabilidad de las neuronas productoras de GnRH en el hipotálamo y de las células gonadotrópicas en la hipófisis; posteriormente, este umbral se incrementa como parte de un mecanismo regulador (Schroeder, 1999).

2.10.- Progesterona y Calidad de Ovocitos

Niveles elevados de progesterona (P4) durante la etapa de crecimiento del folículo ovulatorio se han relacionado con una mejora en la calidad de los ovocitos y un aumento en las tasas de preñez. En la fase final del desarrollo folicular entre el pico de la hormona luteinizante (LH) y el momento de la

ovulación, el microambiente folicular sufre una transición, pasando de estar dominado por estradiol a estar controlado por progesterona (Dieleman et al., 1983). Además, estudios in vitro han demostrado que la inhibición de la síntesis de progesterona por parte de las células del cúmulo reduce el desarrollo embrionario en bovinos, lo que sugiere que la señal intracelular mediada por progesterona es esencial para que el ovocito alcance su competencia de desarrollo (Aparicio et al., 2011).

2.11.- Progesterona y el Oviducto

La progesterona modula la expresión de endotelina tipo 1 y de su receptor tipo A en el oviducto, como se ha observado en estudios realizados en ratas. Estos hallazgos, junto con investigaciones previas sobre el papel de la endotelina en la regulación de las contracciones musculares oviductales, sugieren que esta molécula actúa como mediadora de los efectos de la progesterona sobre la motilidad del oviducto. Dichas contracciones son esenciales para el transporte de los gametos y del preembrión a través del oviducto. Además, se ha reportado que la progesterona incrementa la presencia de nutrientes como la fructosa y la vitamina C en este entorno, favoreciendo así el desarrollo temprano del cigoto (Bylander et al., 2015; Schroeder, 1999).

2.12.- Progesterona y Útero

La progesterona desempeña un papel fundamental en el desarrollo del endometrio, promoviendo su proliferación y provocando hipertrofia glandular. En conjunto con los estrógenos, estimula la producción de hidroxilasa protocolágena, una enzima clave en la síntesis de colágeno, esencial para la hipertrofia del miometrio. Además, favorece la síntesis de enzimas como la

oxitocinasa, histaminasa y colinesterasa, las cuales participan en la regulación del ambiente uterino. Uno de sus efectos más relevantes es la inhibición de la contractilidad miometrial, la cual se logra mediante la estimulación de la captación de calcio por parte del retículo sarcoplásmico, reduciendo así la disponibilidad de calcio en el citosol (Schroeder, 1999; García, 2018).

2.13.- Metabolismo de la Progesterona

La progesterona (P4) es una hormona esteroidea producida principalmente por el cuerpo lúteo y las membranas fetales durante la gestación, y en menor medida por las glándulas suprarrenales. Su presencia es crucial en las primeras etapas del embarazo en bovinos, ya que su concentración adecuada garantiza la viabilidad del embrión (Inskeep, 2004). Esta hormona es metabolizada por la enzima $20\alpha,20\beta$ -hidroxiesteroide deshidrogenasa, la cual la transforma en compuestos inactivos como 3α -hidroxi- 5α -pregnano-20-ona y 5α -pregnano- $3\alpha,20\alpha$ -diol (Schroeder, 1999).

En vacas lecheras de alta producción, se ha observado una correlación entre la disminución de la fertilidad y el incremento del rendimiento lácteo. Estas vacas presentan un flujo sanguíneo hepático significativamente mayor (entre 1,600 y 2,000 litros por hora), lo que contribuye a una mayor depuración hepática de progesterona y, por tanto, a menores niveles plasmáticos en comparación con vacas de menor producción. Además, aunque estas vacas generan folículos ováricos de mayor tamaño, sus concentraciones de estradiol suelen ser más bajas. Paralelamente, también desarrollan un mayor volumen de tejido luteal, probablemente como respuesta adaptativa a su elevado consumo de materia seca, fenómeno observado también en otras especies (López et al., 2005; Flores et al., 2007; Sangsritavong et al., 2002; Sequeira, 2013).

2.14.- Muerte Embrionaria

La muerte embrionaria representa la principal causa del alargamiento del intervalo entre partos en bovinos. La mayor parte de estas pérdidas se producen durante la etapa embrionaria de la gestación, es decir, en los primeros 45 días posteriores a la fecundación, y en particular durante los días iniciales, cuando ocurre la implantación del embrión (Arteaga-Chávez et al., 2016). Se acepta de forma general que aproximadamente el 90% de los óvulos fertilizados inician el desarrollo embrionario, pero entre el 29% y el 39% se pierden posteriormente, con la mayoría de las muertes concentradas entre los días 8 y 16 tras la fecundación (Roche et al., 1981). Esta elevada tasa de pérdida se asocia a niveles insuficientes de progesterona circulante en momentos críticos de la gestación, los cuales comprometen la viabilidad del embrión (Wolfenson et al., 2002).

En sistemas intensivos de producción lechera, las vacas suelen presentar concentraciones séricas bajas de progesterona debido a una menor capacidad del cuerpo lúteo para producirla, así como a una mayor tasa de catabolismo hepático de esteroides. Esta situación puede derivar en alteraciones en el desarrollo embrionario. Se ha demostrado que la suplementación con progesterona entre los días 5 y 9 posteriores a la inseminación artificial estimula el crecimiento embrionario, aumentando hasta cuatro veces su tamaño y multiplicando por seis la concentración de interferón tau (Meneses et al., 2022; Flores et al., 2007).

Por otra parte, se ha observado que las vacas cuyos embriones presentan un desarrollo deficiente al día 16 posinseminación y con escasa o nula producción de interferón tau, también muestran un aumento tardío en los niveles de

progesterona tras la ovulación, así como una fase lútea con meseta hormonal más baja en comparación con aquellas que presentan embriones bien desarrollados (Mann et al., 2001).

2.15.- Concentración Sérica de Progesterona Exógena

Un leve aumento en los niveles plasmáticos de progesterona durante el diestro puede mejorar la tasa de concepción en vacas. Se ha observado que la inserción de un dispositivo intravaginal previamente utilizado, entre los días 3 o 5 y el día 10 posteriores a la inseminación artificial, eleva las concentraciones séricas de progesterona, lo que a su vez incrementa el porcentaje de preñez y reduce la incidencia de muerte embrionaria (Malayer y Hansen, 1990).

Incluso un aumento modesto en los niveles de progesterona, del orden de 0.7 ng/mL un día después de colocar el implante, puede generar un efecto positivo en la tasa de concepción, evidenciando que pequeñas variaciones hormonales pueden tener impacto reproductivo significativo (Larson, 2007).

En investigaciones donde se administró un implante desde el día 1 hasta el día 14 posinseminación, se documentó un incremento de la concentración de progesterona desde un valor basal de 0.42 ± 0.17 ng/mL en vacas sin implante, hasta 1.99 ± 0.52 ng/mL al primer día, alcanzando 2.11 ± 0.40 ng/mL al segundo día, con un promedio general de 1.4 ± 0.55 ng/mL durante ese periodo (Arias et al., 2022).

En condiciones fisiológicas, las concentraciones séricas de progesterona en bovinos oscilan entre 0.44 ± 0.17 ng/mL durante el estro y entre 6 y 7 ng/mL en el periodo interestro, correspondiente a los días 9 a 16 del ciclo estral. Durante la gestación, estas concentraciones se mantienen estables o pueden disminuir

levemente, mientras que en el proestro descienden a valores inferiores a 1 ng/mL (Schroeder, 1999).

2.16.- Aumento de progesterona pos-inseminación

En la práctica reproductiva, existen diversas estrategias de manejo orientadas a elevar las concentraciones plasmáticas de progesterona con el fin de mejorar la tasa de concepción en vacas inseminadas. Una de las principales consiste en la administración exógena de progesterona mediante implantes subcutáneos o dispositivos intravaginales (Friedman et al., 2012).

Otra alternativa efectiva es inducir la formación de un cuerpo lúteo adicional mediante la aplicación de gonadotropina coriónica humana (hCG) cinco días después de la inseminación artificial, lo cual incrementa tanto los niveles circulantes de progesterona como la proporción de vacas gestantes (Nascimento et al., 2013).

La eficacia de estas intervenciones depende en gran medida del momento en que se administran. En particular, la suplementación de progesterona entre los días 5 y 9 posinseminación ha demostrado tener un efecto positivo en el crecimiento embrionario y en la producción de interferón tau por parte del trofoblasto. En contraste, el mismo tratamiento aplicado entre los días 12 y 16 del ciclo no presenta beneficios significativos. Asimismo, se ha encontrado una correlación positiva entre los niveles de progesterona en los días 5 a 7 del ciclo estral y la supervivencia embrionaria (Stronge et al., 2005).

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Ubicación del Área de Trabajo

La investigación se llevó a cabo en una empresa productora de leche de nombre Granja Palestina S.A DE C.V, con ubicación en el ejido El Porvenir de Arriba, municipio de Francisco I. Madero, Coahuila de Zaragoza, México, con localización geográfica es 25°47'01.7"N 103°18'57.2"W, a una altitud de 1,100 metros sobre el nivel del mar, con un clima semi desértico, con temperaturas promedio de 22 grados centígrados al año y una precipitación de 13 milímetros al año.

3.2.- Animales

Se utilizaron 48 vacas multíparas en producción de raza Holstein, con condición corporal de 2.75 a 3.5 puntos, en la escala de 1 a 5 puntos, previamente se les realizó un chequeo reproductivo para asegurarse de que las vacas no tuvieran presencia de un embrión y/o inflamaciones subclínicas del endometrio, todas se mantuvieron con alimentación igual, las hembras seleccionadas para formar los tratamientos se llevaron a cabo al azar.

3.3.- Tratamientos

Cuando se seleccionaron las vacas fueron sincronizadas con un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona el cual contenía 1.9 gramos de progesterona natural la cual es de liberación controlada, se utilizó el programa con: Gonadorelina 100 microgramos al inicio (día 0) a la par con el dispositivo intravaginal 1.9 gramos de progesterona; el día 7 se retiró el dispositivo intravaginal se inyectó 500 microgramos de Cloprostenol sódico; 24 horas después se inyectó 500 microgramos de Cloprostenol sódico y a las 30 horas se

inyectó 100 microgramos de Gonadorelina, las inyecciones se realizaron con aguja de medidas 18x1¹/₂ con jeringa automática. En todos los tratamientos, la inseminación artificial a tiempo fijo se realizó alrededor de las 72 a 74 horas del retiró del dispositivo intravaginal (Figura 1).



Figura 1 Dispositivo intravaginal CIDR®

Los dispositivos intravaginales utilizados en el protocolo de sincronización de la ovulación se lavaron con agua a baja presión y se les realizó desinfección con cloruro de benzalconio, a las 24 vacas del tratamiento 2 se les reinsertó el dispositivo intravaginal reutilizado a los 5 días después de la inseminación artificial a tiempo fijo y se retiró a los 9 días de la inseminación artificial a tiempo fijo, los animales testigo solo se sincronizaron y se les realizó inseminación artificial a tiempo fijo.

Para obtener los resultados de concepción se realizó en los dos tratamientos el diagnóstico de preñez por medio de ecografía transrectal, en los días 29 a 34 después de la inseminación artificial a tiempo fijo.

En el tratamiento 1 son vacas que no se les reinsertó el dispositivo intravaginal impregnado con progesterona, en el tratamiento 2 son vacas que se les reinsertó

el dispositivo intravaginal impregnado con progesterona del día 5 hasta el día 9 después de la infección artificial a tiempo fijo.

3.4.- Análisis

Los datos fueron obtenidos por medio de una regla de tres simple que es un método para encontrar un valor desconocido en problemas de proporcionalidad donde se conocen tres valores.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

Con relación a los resultados observados en el presente estudio respecto a la reutilización del CIDR y su porcentaje de gestación en vacas lecheras (Cuadro 1) se incrementó para el tratamiento T2. Resultados similares son reportados por Caro-Junior et al. (2010), ellos reportan que las vacas sometidas al CIDR manifiestan un folículo dominante con mayor tamaño cuando se retira el dispositivo, y un incremento en la tasa de concepción que las que no lo recibieron. Asimismo, Wiltbank et al. (2012) reportaron que las vacas con altos niveles de progesterona expusieron un mayor porcentaje de gestación en el diagnóstico al día 29 post-inseminación, y fueron menos susceptibles a la pérdida de preñez después de este tiempo.

Cuadro 1 Porcentaje de concepción obtenido dentro de las dos variables estudiadas.

Tratamiento	Número de Vacas	Vacas Preñadas	Vacas Vacías	Porcentaje de Concepción
T1	24	3	27	12.5%
T2	24	7	17	29.16%

En ganado productor de carne se observaron resultados de vacas preñadas en un 66% en la reinserción de un dispositivo intravaginal, en comparación con un 60% en el tratamiento testigo (Ledezma et al., 2015). Debemos recordar que las vacas productoras de carne tienden a tener una mayor porcentaje de concepción, por otro parte en vacas de producción láctea Meneses et al. (2022) en donde se les administro un implante con progesterona pos inseminación desde el día 1 al día 14 después de la inseminación artificial se obtuvieron tasas de concepción en el tratamiento implante con progesterona de 188 vacas

tratadas de 33% y vacas no tratadas un 37%, en este estudio es importante considerar que la progesterona plasmática entre los dos tratamientos se mantuvo muy parecida, en promedio 5 nanogramos/mililitro para el tratamiento testigo y 4 nanogramos/mililitros para grupo tratado con implante (Flores *et al.*, 2007) encontraron un 55.5% de concepción en vacas que se reimplantaron comparadas con un 42.0% de concepción en vacas que no se reimplantaron, desde otra perspectiva. Arteaga *et al.* (2016) reutilizaron un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona en 40 vaquillas mestizas Gyr, Pardo Suizo y Holstein post inseminación artificial a tiempo fijo y observó un incremento en la tasa de concepción del 10% en vaquillas con reinserción en comparación con las del grupo testigo (60% y 50% respectivamente).

5.- CONCLUSIONES

En relación con los resultados obtenidos en el presente estudio permite concluir que la reutilización de un CIDR® post inseminación artificial a tiempo fijo incrementa el porcentaje de concepción de vacas lecheras de la raza Holstein.

6.- LITERATURA CITADA

- Aparicio, I. M., Garcia, M. H., O'Shea, L. C., Hensey, C., Lonergan, P., Fair, T. 2011. Expression, regulation, and function of progesterone receptors in bovine cumulus oocyte complexes during in vitro maturation. *Biol. Reprod.* 84:910–921.
- Arteaga-Chávez, F. G., Hurtado-Ríos, E. A., Velásquez-Zambrano, E. D., Macías-Andrade, J. I., Zambrano-Zambrano, J. H. 2016. Reutilización de dispositivo intravaginal (dib 0,5 g) en novillas lecheras, posterior a la inseminación. *Revista Científica.* 26(4):247-251.
- Barajas, M. J. L., Hernández C. J., García A. A., Martínez, B. A., Orlando, J. N. L., Bedolla A. A. M., de la Sota, R. L. 2018. Endometritis subclínica y tasa de gestación en vacas lecheras en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* (9)1: 34-43.
- Botello, A., Rodríguez, Y., Gómez, I., Pérez, K. 2010. Reducción a un servicio en los programas de inseminación artificial de hembras bovinas. *REDVET.* 11(7): 310-318.
- Bylander, A., Gunnarsson, L., Shao, R., Billig, H., Larsson, D. G. 2015. Progesterone-mediated effects on gene expression and oocyte-cumulus complex transport in the mouse fallopian tube. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 13:40.
- Castro, M. C. J., Rivera, C. J., Zavaleta, J. A. 2012. Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios.* 30:816-824.
- Claro-Júnior, I., SáFilho, O. G., Peres, R. F. G., Aono, F. H. S., Day, M. L., y Vasconcelos, J. L. M. 2010. Reproductive performance of prepubertal *Bos indicus* heifers after progesterone-based treatments. *Theriogenology.* 74(6):903-911.
- Dieleman, S. J., Bevers, M. M., Poortman, J., van Tol, H. T. 1983. Steroid and pituitary hormone concentrations in the fluid of preovulatory bovine follicles relative to the peak of LH in the peripheral blood. *J. Reprod. Fertil.* 69:641–649.
- Diskin, M. G., Kenny, D.A. 2016. Managing the reproductive performance of beef cows. *Theriogenology.* 86 (1):379–87.

- Flores, E., Vega, J., Tello, V. 2007. Efectos del uso de un progestágeno (CIDR-B), tempranamente post-inseminación a tiempo fijo en la fertilidad de vacas lecheras alta productoras. Sitio Argentino de Producción Animal. APPA-ALPA, Curso. Perú, 1-4.
- Friedman, E. Z., Roth, H., Voet, Y., Lavon, D. 2012. Progesterone supplementation postinsemination improves fertility of cooled dairy cows during the summer. *J. Dairy Sci.* 95: 3092-3099.
- García, S. A. 2018. Fisiología Veterinaria. Tébar Flores. Madrid, España. p. 995.
- Giuliodor, M. J., Magnasco, R. P., Becu, V. D., Lacau, M. I. M., Risco, C. A., de la Sota, R. L. 2013. Metritis en vacas lecheras: Factores de riesgo y eficiencia reproductiva. *Taurus*. 60: 12-21.
- Hernández, C. J. 2016. Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. pp:79-93.
- Inskip, E.K. 2004. Preovulatory, postovulatory, and postmaternal recognition effects of concentrations of progesterone on embryonic survival in the cow. *Journal Animal Science*. 82: 24-39.
- Larson, S. F., Butler, W. R., Currie, W. B. 2007. Pregnancy rates in lactating dairy cattle following supplementation of progesterone after artificial insemination. *Animal Reproduction Science*. 102:172-179.
- LeBlanc, S. J., Diffi eld, T. F., Leslie, K. E., Bateman, K. G., Keefe, G. P., Walton, J. S., Johnson, W. H. 2002. Defining and diagnosing post partum clinical endometritis and its impact on reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci.* 85: 2223-2236.
- Ledezma, R., Garza, D., Moreno, G., Manzanares, N., Picón, F., Ramírez, R., Sánchez, F. 2018. Efecto del CIDR posinseminación sobre la tasa de preñez en vacas de carne. *Ciencia UANL*. 18(73):62-67.
- Lewis, G. S. 2004. Steroidal regulation of uterine immune defenses. *Anim Reprod Sci* . 82(83): 281–294.

- López, G. F., García, I. I., Santolaria, P., Yániz, J., Nogareda, C., López, B. M. 2006. Screening for high fertility in high-producing dairy cows. *Theriogenology*. 65:1678-1689.
- Lopez, L. H., Caraviello, D. Z., Satter, L. D., Fricke, P. M., Wiltbank, M. C. 2005. Relationship between level of milk production and multiple ovulations in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*. 88:2783–93.
- Lugo, L. S., Hernández, C. J., López, L. L. 1999. Función del cuerpo lúteo formado a partir de la ovulación de un folículo dominante persistente, en vaquillas Holstein tratadas con un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR-B). *Veterinaria México*. 30(1):95-98.
- Malayer, J. R., Hansen, P. J. 1990. Differences between Brahman and Holstein cows in heat-shock induced alteration of protein secretion by oviducts and uterine endometrium. *J Anim Sci*. 68:266-280.
- Mann, G. E., Payne, J. H., Lamming, G. E. 2001. Hormonal regulation of oxytocin-induced prostaglandin F_{2α} secretion by the bovine and ovine uterus in vivo. *Dom Anim Endocrinol*. 21:127-14.
- Mariscal-Aguayo, V., Pacheco-Cervantes, A. Estrella-Quintero, H., Huerta-Bravo, M., Rangel-Santos, R., Núñez-Domínguez, R. 2016. Indicadores reproductivos de vacas lecheras en agroempresas con diferente nivel tecnológico en los altos de jalisco. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 13(3):493-507.
- Meneses, A. G., Rivera, A. F., Montaldo, H. H., Ramírez, L. M., Hernández, C. J. 2022. Fertilidad en vacas lecheras tratadas en la fase lútea temprana con un dispositivo intravaginal liberador de progesterona reutilizado. *Veterinaria México*. 9:19-27.
- Nascimento, A. B., Souza, A. H., Guenther, J. N., Costa, F.P., Sartori, R. A., Wiltbank, C. H. 2013. Effects of treatment with human chorionic gonadotrophin or intravaginal progesterone-releasing device after AI on circulating progesterone concentrations in lactating dairy cows. *Reprod. Fertil. Dev*. 25: 818-24.
- Peterson, A. J., Henderson, H. C. 1990. Plasma progesterone concentrations in ovariectomized dairy cows treated with a CIDR-B breeding device. *Reprod Fertil*. 3(43):315-328.

- Pursley, J., Michael R. Kosorok, Milo C. Wiltbank. 1997. Reproductive Management of Lactating Dairy Cows Using Synchronization of Ovulation. *Journal of Dairy Science*. 80(2):301-306.
- Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., Gilbert, R. O., Toole, R., Butler, W. R. 2006. Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. *Animal Reprod Sci*. 91:1-10.
- Rosete, J. V. F., Álvarez, H. G., Urbán, D. D., Fragoso, A. I., Asprón, M. A. P., Ríos, A. U., Pérez, S. R., De La Torre, J. F. S. 2021. Biotecnologías reproductivas en el ganado bovino: cinco décadas de investigación en México. *Rev Mex Cienc Pecu*. 12(3):39-78.
- Ruiz, G. L. F., Sandoval, M. R. S., Montenegro, V. M., Castro, D. A. 2017. Desempeño Reproductivo de Vacas Lecheras con Involución Uterina Retardada bajo Tratamiento Hormonal con Cipionato de Estradiol y Benzoato de Estradiol. *Rev Inv Vet Perú*. 28(1):110-119.
- SADER. 2008. Escenario mensual de productos agroalimentarios. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/863571/Leche de bovino Septiembre.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/863571/Leche_de_bovino_Septiembre.pdf). (15 de mayo del 2023).
- Salas-Razo, G., Herrera-Camacho, J., Gutiérrez-Vázquez E. E., Ku-Vera, J. C., Aké-López, J. R. 2011. Reinicio de la actividad ovarica posparto y concentracion plasmática de metabolitos lípidos y progesterona en vacas suplementadas con grasa de sobrepeso. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14(2): 385-393.
- Sangsritavong, S., Combs, D. K., Sartori, R., Armentano, L. E., Wiltbank, M. C. 2002. High feed intake increases liver Blood flow and metabolism of progesterone and estradiol-17 β in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 85:2831–2842.
- Schroeder, W. H. 1999. Fisiopatología de la reproductiva de la vaca. Celsus. Colombia. pp. 106-112.
- Sequeira, L. T. 2013. Compendio de Reproducción Animal. Intervet. Nicaragua. pp.15-114.
- Shahid, B., Khan, I., Andrabi, H., Razzaq, A., Khan, N. 2019. Estrus duration and expression in natural and induced estrus in indigenous (*Bos indicus*) cattle. *J Anim Plant Sci*. 29(3):645–649.

- Solórzano, H. C. W., Hernán, M. J., Galina, H. C., Villa, G. A., Vera, A. H. R., Romo, G. S. 2008. Reutilización de un dispositivo liberador de progesterona (CIDR-B) para sincronizar el estro en un programa de transferencia de embriones bovinos. *Técnica Pecuaria en México*. 46(2):119-135.
- Stevenson, J. S., Pursley, J. R., Garverick, H. A., Fricke, P. M., Kesler, D. J., Ottobre, J. S. Wiltbank, M. C. 2006. Treatment of cycling and noncycling lactating dairy cows with progesterone during Ovsynch. *Journal of Dairy Science*. 89: 2567- 2578.
- Stronge, A. J. H., Sreenan, J. M., Diskin, M. G., Mee, J. F., Kenny, D. A., Morris, D. G. 2005. Post-insemination milk progesterone concentration and embryo survival in dairy cows. *Theriogenology*. 64: 1212–1224.
- Vallejo, D. A. T., Muñoz, Y. A. R., Chaves, C. A. V., Astaíza, J. M. M., Benavides C. J. M. 2017. Sincronización de la ovulación en bovinos utilizando gonadotropina coriónica equina con amamantamiento restringido y sin este. *Rev. Med. Vet.* 35:83-91.
- Wiltbank, M. C., Souza, A. H., Giordano, J. O., Nascimento, A. B., Vasconcelos, J. M., Pereira, M. H. C. 2012. Positive and negative effects of progesterone during timed AI protocols in lactating dairy cattle. *Anim Reprod*. 9(3):231-241.
- Wolfenson, D., Sonego, H., Bloch, A., Shaham, A., Kaim, M., Folman, Y., Meidan, R. 2002. Seasonal differences in progesterone production by luteinised bovine thecal and granulosa cells. *Domest Anim Endocrinol*. 22:81-90.
- Zárate-Martínez, J. P., Ramírez-Godínez, J. A., Rodríguez-Almeida, F. A. 2010. Comportamiento reproductivo de vacas criollas con amamantamiento restringido y sincronización del estro. *AGRONOMIA MESOAMERICANA*. 21(1):121–130.