

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



**Relación de la estación del año en la fertilidad con transferencia de
embriones frescos en bovinos Beefmaster**

Por:

Jesús David Rendon Montalvo

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Mayo 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Relación de la estación del año en la fertilidad con transferencia de embriones frescos en bovinos Beefmaster

Por:


Jesús David Rendon Montalvo


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. Silvestre Moreno Avalos
Presidente


MC. Luis Roberto Zivec Gaxiola
Vocal


MC. Citlally Moreno Villeda
Vocal


MC. Carlos Rivas Pascón Díaz
Vocal Suplente


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



Torreón, Coahuila, México
Mayo 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Relación de la estación del año en la fertilidad con transferencia de embriones
frescos en bovinos Beefmaster

Por:

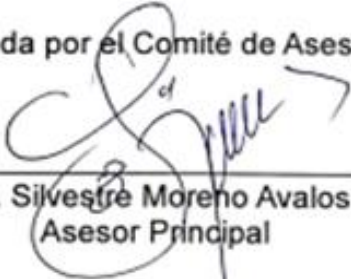
Jesús David Rendon Montalvo


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Silvestre Moreno Avalos
Asesor Principal


MC. Luis Roberto Zivec Gaxiola
Coasesor


MC. Citlally Moreno Villeda
Coasesora externa


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



Torreón, Coahuila, México
Mayo 2024

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesor de tesis el Dr. Silvestre Moreno Avalos y a la MC. Citlally Moreno, por su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en el complejo y gratificante camino de la investigación. Su guía en este proyecto que da un paso más en mi vida. No tengo palabras para expresar mi gratitud por su inmenso apoyo durante este viaje académico de formación profesional.

A mi familia

Gracias infinitas a mis padres Estela Montalvo Diaz y Jorge Celestino Rendón Mitre, por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro. También expreso mi gratitud a mis hermanos: Jorge Oswaldo Rendón Montalvo, Angelica Rendón Montalvo, Cecilia Rendón Montalvo y Jesús Daniel Rendon Montalvo, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme y apoyarme en cada momento de mi vida sin cuestionar y apoyar mis decisiones, A mis abuelos por cuidarme y darme ese amor inquebrantable, A mis tías, tíos y primos por darme una niñez tan agradable. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible. Su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino a través de este viaje que se llama vida. Los Amo.

A mis Amigos

Un sincero agradecimiento a todos mis amigos y que estuvieron conmigo en los momentos de estrés y alegría durante este largo y retador camino. Su apoyo, confianza, soporte y cariño han sido invaluable. José Armando Amaya Reza, Luis Ignacio Zacarias Gaeta, Sara Sofia Morales, David Israel Cazares Pérez, Erick Iván Esquivel Gaytán, Alejandro Herrera Aguilera, Juan Pablo Barrera Pedraza, Mónica Gabriela Rodríguez, Iluvia Cárdenas Corona, Ángel Antonio Silveyra Amaya, Jesús Damián Mora Macias, Cristopher Meneses, Omar Gutiérrez y a los papas de Nacho y su Hermana por todo el apoyo incondicional que me brindaron. Cada uno de ustedes ha contribuido a mi fortaleza y ánimo de una manera u otra. Gracias por ser mi punto de apoyo, mi equipo de aliento y, lo más importante, la familia que yo elegí.

DEDICATORIAS

A mis padres Estela Montalvo Diaz y Jorge Celestino Rendón Mitre, por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro. También expreso mi gratitud a mis hermanos: Jorge Oswaldo Rendón Montalvo, Angelica Rendón Montalvo, Cecilia Rendón Montalvo y Jesús Daniel Rendon Montalvo, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme y apoyarme en cada momento de mi vida sin cuestionar y apoyar mis decisiones, A mis abuelos por cuidarme y darme ese amor inquebrantable, A mis tías, tíos y primos por darme una niñez tan agradable. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible. Su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino a través de este viaje que se llama vida. Los Amo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	v
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- HIPÓTESIS	2
III.- OBJETIVO	2
IV.- REVISIÓN DE LITERATURA	3
4.1 Origen de la raza Beefmaster	3
4.2 Características de la raza Beefmaster	3
4.3 Biotecnologías de la reproducción en ganado bovino.....	5
4.3.1 Superovulación en ganado bovino.....	6
4.3.2. Transferencia de embriones	7
4.4 Efecto del estrés calórico en la fertilidad en bovinos.....	10
V.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
5.1.- Ubicación	13
5.2.- Unidades experimentales	13
5.3.- Diseño experimental	13
5.3.1. Sincronización de las vacas receptoras.....	13
5.3.2. OPU (Ovum Pick-Up).....	13
5.3.3. Fertilización In Vitro (FIV)	14
5.3.4. Transferencia de embrión.....	14
5.4.- Variable evaluada	15
VI.- RESULTADOS	16
VII.- DISCUSIÓN.....	17
VIII.- CONCLUSIÓN.....	18
IX.- LITERATURA CITADA	19

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 1 Dinámica endocrina sobre estrés y producción animal.	12
Cuadro 1 Número de vacas tratadas por estación del año.....	16
Figura 2 Porcentaje de preñez por estación del año.....	16

RESUMEN

Al pasar de los años la humanidad ha buscado generar fuentes de alimento sustentables, es decir mejorar la calidad de productos para satisfacer la demanda alimenticia. Debido a esta demanda se han buscado nuevas estrategias y protocolos en la producción y reproducción, para generar alimentos de origen animal. En esta investigación se aborda un punto muy importante como lo es el uso de biotecnologías de la reproducción, en este caso la fertilidad con transferencia de embrión fresco según la época del año en la raza Beefmaster. El objetivo de esta investigación fue, evaluar la fertilidad en relación con la época del año en bovinos de la raza Beefmaster. En la cual se obtuvieron los siguientes resultados; 56.5% en primavera, 52.5% en verano, 53.7% en otoño y 49% en invierno. En conclusión, bajo las condiciones en que este estudio fue realizado, el porcentaje de preñez fue mayor en primavera 56.6% con respecto a las demás estaciones del año.

Palabras clave: *Vacuno, Biotecnología, Reproducción, Hereford, Shorthorn, Brahman*

I.- INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva del ganado bovino de carne es fundamental para su productividad y está estrechamente relacionada con el uso de biotecnologías reproductivas disponibles. Entre estas metodologías se incluyen la congelación de semen, la inseminación artificial, la sincronización e inducción del celo y la ovulación, la superovulación y la transferencia de embriones, la recuperación de embriones y óvulos, y la fertilización in vitro (Trejo et al., 2023).

Actualmente, se producen numerosos embriones bovinos in vitro para la transferencia comercial. En 2013, se generaron más de 500,000 embriones a nivel mundial mediante tecnologías de captación de óvulos (OPU) y producción de embriones in vitro (IVP), con América del Sur liderando en OPU/IVP. Sin embargo, en la última década, el número de embriones OPU/IVP producidos en Europa y América del Norte ha aumentado casi tres veces, mostrando un creciente interés en esta tecnología (George, 2013). Dado que la OPU/IVP se ha convertido en una técnica competitiva y alternativa a la ovulación múltiple y transferencia de embriones (Boni, 2012), se han realizado numerosas investigaciones para optimizarla. Factores como el tratamiento hormonal previo a la recolección de óvulos (De Roover et al., 2008), el equipo utilizado en la OPU (Bols et al., 1997) y el intervalo entre sesiones de OPU (Ding et al., 2008) pueden influir en el rendimiento de los ovocitos. No obstante, en promedio, se obtienen solo ocho ovocitos por donante Holstein-Friesian, una raza especialmente utilizada en Europa (Merton et al., 2003).

II.- HIPÓTESIS

De acuerdo al nivel de rusticidad de la raza Beefmaster, la estación idónea para realizar la transferencia de embrión fresco es el invierno, en el cual hay ausencia de estrés calórico.

III.- OBJETIVO

Evaluar el porcentaje de fertilidad en relación con la estación del año en bovinos de la raza Beefmaster.

IV.- REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen de la raza Beefmaster

En 1931, en el rancho Lasater en Texas, el ganadero Tom Lasater realizó un cruce entre dos líneas de ganado: primero Cebú con Hereford y luego Cebú con Shorthorn. La finalidad era seleccionar los ejemplares hembras y machos que pudieran prosperar en condiciones no favorables a su desarrollo y alimentarse solo de pasto (Vargas y Perdomo, 2017). Este cruce resultó en la raza Beefmaster, que fue reconocida oficialmente por el Departamento de Agricultura de los EE. UU. (USDA) en 1954 como una raza desarrollada en Estados Unidos.

Tras el reconocimiento oficial de la raza Beefmaster, resultado de la combinación; 25% Hereford, 25% Shorthorn y 50% Cebú, se comenzó a evaluar y monitorear sus propiedades productivas, como su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y su eficiencia reproductiva y productiva. La raza Beefmaster se distingue por seis atributos principales: peso, fertilidad, docilidad, habilidades maternas, conformación y resistencia (Beefmaster Colombia, s.f.).

4.2 Características de la raza Beefmaster

Reconocida por seis peculiaridades específicas como; fertilidad, habilidad materna, conformación, rusticidad y peso (Beefmaster Colombia, sf).

Bermudez et ál., (2020) citado por Cardenas y Rincón, (2021) definen que la bovinometría se trata de identificar las formas y medidas físicas del animal. Con esta

identificación es posible determinar biotipos y curvas de crecimiento de la misma raza y animales adecuados para diferentes medios de producción. La bovinometría es de utilidad para visualizar particularidades productivas de los animales. Aunque también es importante mencionar el uso para la gestión de apareamientos, biotipos complementarios con líneas de sangre, identificación de líneas con mejor calidad y eficiencia en una región específica. Esta herramienta es útil para la evaluación del desarrollo corporal de una raza, mediante mediciones en puntos anatómicos. Con base a estas mediciones, es posible el cálculo de la eficiencia de un animal, ganancia de peso, facilitando la selección de ejemplares con potencial productivo.

La raza Beefmaster está presente en países como Estados Unidos y México, donde no solo se promueve su expansión, sino que también se califican parámetros reproductivos y productivos. Estas evaluaciones permiten identificar la eficiencia y rendimiento, estableciendo rangos importantes para evaluar a los ejemplares. Estas características han potenciado la raza de la siguiente manera:

Peso: La raza se caracteriza por tener bajos pesos al nacer, lo que facilita los partos. Además, la selección ha permitido que el Beefmaster desarrolle una capacidad comprobada para un rápido crecimiento postnatal.

Fertilidad: Mejorar la fertilidad es crucial para aumentar el número de crías en un tiempo determinado, lo que es un factor de gran importancia económica en cualquier explotación ganadera.

Habilidad materna: Alta producción láctea, que resulta en crías con un peso mayor al destete.

Mansedumbre: el ganado dócil afecta positivamente los aspectos económicos de la producción. Una mayor mansedumbre está directamente relacionada con una productividad mayor.

Conformación: Implica balance muscular y estructural. Los ejemplares de raza Beefmaster tienen la característica corpulenta con solidez estructural y muscular.

Rusticidad: Esta característica le otorga al Beefmaster una gran adaptabilidad, demostrando su capacidad para producir eficientemente en diversos ambientes. La raza tiene una resistencia natural marcada a parásitos y enfermedades, además de aprovechar eficientemente forrajes de baja calidad (Pinzón, 2012).

4.3 Biotecnologías de la reproducción en ganado bovino

El documento de la Convención para la Diversidad Biológica (CDB) de la FAO, que está en vigor desde 1993, define "biotecnología" como cualquier aplicación tecnológica que emplee sistemas biológicos, organismos vivos (o sus productos) para crear o modificar productos o procesos con un fin específico. En este contexto y para los temas abordados en esta revisión, se considerará "biotecnología reproductiva" como las tecnologías que afectan los procesos fisiológicos de reproducción en animales, sus gametos y embriones, con el objetivo de mejorar la productividad (BIOSEGURIDAD, 2005).

A lo largo de las últimas cinco décadas, las instituciones de investigación en México, se han involucrado en el desarrollo de las biotecnologías reproductivas a nivel mundial. Sin embargo, conforme ha transcurrido el tiempo, estas tecnologías han experimentado un crecimiento vertiginoso, lo que ha dificultado mantener una base sólida de investigación de vanguardia para mantenerse al día con los avances

tecnológicos. Aunque la contribución de las instituciones mexicanas en áreas como la producción in vitro de embriones es modesta en comparación con otros países, la industria ganadera nacional está mostrando una creciente demanda por la adopción de estas tecnologías. Este escenario debería motivar a las instituciones de investigación a desarrollar componentes tecnológicos que faciliten el uso eficiente de estas y otras tecnologías, adaptándolas a las condiciones locales (Rosete et ál., 2021).

4.3.1 Superovulación en ganado bovino

La superovulación (SO) se refiere al aumento de ovulaciones en una especie, provocado por la administración de hormonas, ya sea por vía subcutánea o intramuscular. Cuando se generan múltiples ovocitos durante un solo ciclo estral en el ganado, se denomina respuesta lateral, lo que indica la reacción del animal al tratamiento. Dado que los bovinos suelen tener una sola ovulación, la superovulación es necesaria para obtener varios descendientes de una hembra genéticamente superior en un corto período de tiempo (Cobodevilla y Torquatri 2001). En el ganado bovino, existen dos técnicas ampliamente utilizadas para la superovulación. El primer método implica una inyección intramuscular solitaria de 2000 a 2500 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) en el décimo día del ciclo estral, seguida de dos inyecciones de PGF2 α espaciadas entre 12 y 24 horas. Alternativamente, el segundo enfoque implica la administración de FSH. Si bien la respuesta a la eCG normalmente produce mejores resultados, se ha demostrado

que el tratamiento con FSH produce una mayor cantidad de embriones de alta calidad adecuados para la transferencia (Rincker, 2013; Selk, 2013). Para adquirir una cantidad sustancial de embriones de donantes específicos, se puede emplear el método de superovulación seguida de inseminación artificial (IA). Cuando se combinan con la transferencia de embriones (TE), estas técnicas se convierten en medios eficaces para difundir rasgos genéticos excepcionales (Córdoba-Salinas, 2011).

4.3.2. Transferencia de embriones

El principal objetivo de un programa de transferencia de embriones es mejorar el valor genético de la descendencia en una ganadería. Factores clave que afectan el uso de estas tecnologías incluyen la nutrición, el manejo y la eficiencia en la detección del celo (Mapletoft y Bó, 2016). Los protocolos de sincronización del celo y la ovulación han permitido la aplicación de la transferencia de embriones en un tiempo predeterminado, sin necesidad de detectar el celo. Estos protocolos, conocidos como transferencia de embriones a tiempo fijo (TETF) (Bó et al., 2002, 2012a), han permitido a los profesionales transferir una gran cantidad de embriones en las receptoras, lo que ha sido crucial para el desarrollo de la industria de la fertilización in vitro (IVF) en Sudamérica.

Aunque las tasas generales de preñez se consideran adecuadas, factores como la expresión del celo deben tenerse en cuenta para programas exitosos de transferencia de embriones. El uso de parches de detección de celo o pintura en la

base de la cola de las receptoras puede ayudar a identificar los animales que muestran celo sin la necesidad de observaciones intensivas de mano de obra. Estas modificaciones pueden implementarse fácilmente en los programas de sincronización de receptoras y deberían resultar en tasas de preñez más altas (Cedeño y Bó, 2018).

En el noreste de México, la producción animal enfrenta desafíos como el clima extremo y la escasa precipitación, que afectan el comportamiento animal y aumentan la incidencia de plagas y enfermedades. Esto resulta en baja eficiencia reproductiva y extracción de becerros al destete, especialmente en razas cebuinas (Baruselli et al., 2004). Para abordar estos desafíos, se sugiere la implementación de programas de reproducción asistida (RA), como la inseminación artificial (IA) y la producción y transferencia de embriones (TE) (Hasler, 2014; Seidell Jr., 2011). La RA también incluye la producción de embriones in vitro (PEIVT, Trejo et al., 2020; Watanabe et al., 2017) y la producción de embriones in vivo (PEIVV) mediante superovulación (SPO) y TE.

La producción de embriones depende de factores como la donadora, la receptora, el manejo, la infraestructura, el equipo y el personal técnico, así como de la reserva ovárica de la vaca, que, aunque es variable, tiene una alta confiabilidad. Otros factores, como el estado ovárico, la raza, la edad, la condición corporal y la calidad del semen, también influyen en la fecundación in vitro (FIV). Además, la disponibilidad de la donadora para la aspiración folicular (AF) y la FIV, así como la calidad del semen y de los oocitos, son aspectos clave a considerar en estos programas (González, 2020; Trejo et al., 2020).

Durante las últimas décadas, se han llevado a cabo numerosos proyectos de investigación y desarrollo para mejorar los protocolos de superovulación en el ganado bovino. Estos tratamientos han evolucionado desde aquellos que dependían de la luteólisis natural hacia los que controlan el desarrollo de los folículos y la ovulación. La progresión de los tratamientos en este campo ha pasado de depender de la luteólisis natural a controlar el desarrollo del folículo y la ovulación. Estos avances han simplificado el uso de tratamientos de superovulación, lo que ha llevado a una utilización más amplia de la tecnología de transferencia de embriones a nivel mundial. Sin embargo, a pesar de aplicar nuevos conocimientos a los protocolos, no se ha logrado el éxito previsto debido a variaciones individuales significativas en la respuesta a la superovulación. Estudios recientes han confirmado que el factor principal que contribuye a esta variabilidad es la población folicular dentro de los ovarios de los animales donantes. Como resultado, los tratamientos hormonales se han convertido en la opción preferida de la mayoría de los veterinarios por su practicidad y conveniencia. Para lograr la estimulación sincronizada de un grupo de folículos, se pueden adoptar varios enfoques. Una opción es iniciar el tratamiento cuatro días después de administrar estradiol y progesterona. Otra opción es iniciar el tratamiento dos días después de la ablación folicular. Alternativamente, el tratamiento se puede iniciar entre 1,5 y 2 días después de que la GnRH induzca la ovulación. Los dispositivos de progesterona se utilizan comúnmente en estos protocolos para mantener los niveles de progesterona por encima de 1 ng/ml durante el tratamiento de superovulación y para regular el momento de la ovulación. Si bien estos protocolos han demostrado ser eficaces para la mayoría de las razas de ganado, las dosis recomendadas de

FSH varían significativamente. Las razas *Bos indicus* requieren dosis muy bajas, las donantes Holstein productoras de leche requieren dosis muy altas y las razas lecheras de *Bos taurus* se encuentran en algún punto intermedio. Los avances en el conocimiento no han dado lugar a un aumento en la cantidad de embriones de un único donante, pero han proporcionado herramientas valiosas para mejorar el éxito de los tratamientos de superovulación para donantes seleccionados. Estas herramientas permiten una evaluación más precisa de las dosis de FSH y la exploración de métodos alternativos para los donantes que no responden bien a los tratamientos tradicionales. Por ejemplo, introducir eCG dos días antes de comenzar el tratamiento con FSH o extender la superestimulación con FSH a 6 o 7 días puede mejorar en gran medida la producción de embriones transferibles en vacas con una respuesta limitada (Zavattieri, 2017).

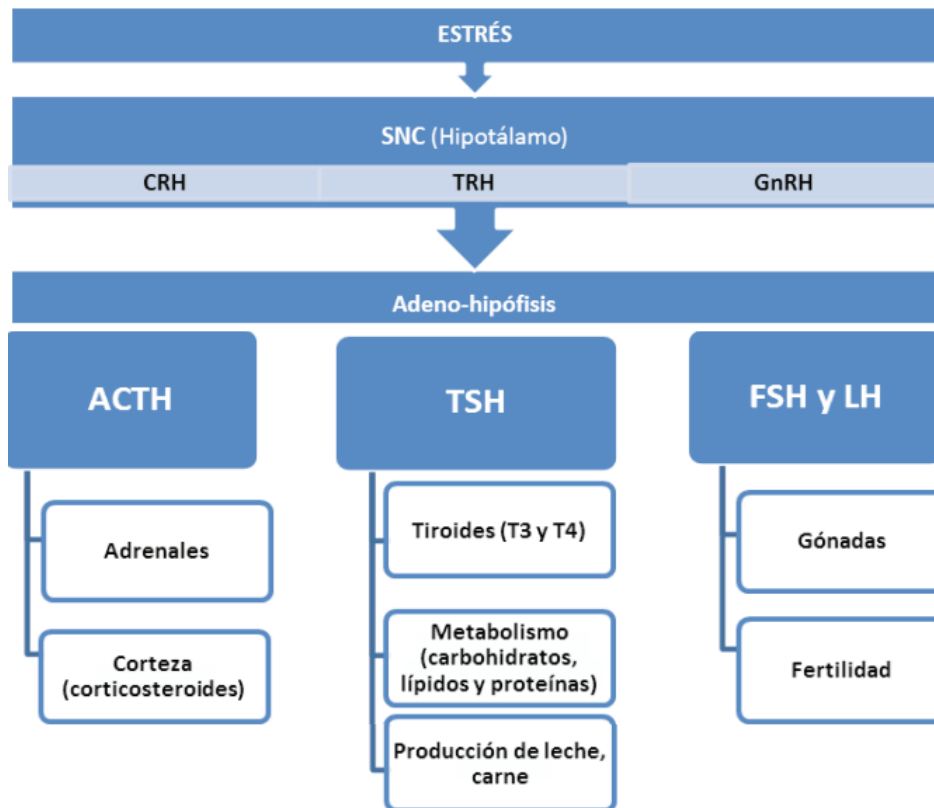
4.4 Efecto del estrés calórico en la fertilidad en bovinos

El estrés calórico se refiere a la fuerza ejercida por los componentes del ambiente térmico sobre un organismo, lo que provoca una reacción fisiológica proporcional a la intensidad de esta fuerza y a la capacidad del organismo para compensar las desviaciones causadas por ella (Columbiano, 2007). En consecuencia, el estrés térmico afecta todo el sistema neuroendocrino, desencadenando eventos fisiológicos y comportamentales con el fin de mantener la homeostasis, lo que puede tener un impacto negativo en los procesos productivos y reproductivos (Ramos, 2008).

El estrés en los animales desencadena respuestas adaptativas y de comportamiento que pueden tener consecuencias negativas en funciones

fisiológicas clave, como la reproducción, el metabolismo y la producción. Por ejemplo, el estrés puede disminuir la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) en el hipotálamo, así como la producción de hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) en la glándula pituitaria anterior, y, por ende, la producción de esteroides sexuales en las gónadas (Figura 1). Esto puede resultar en una disminución de los índices de fertilidad en el ganado (Arias, 2008).

En general, el estrés calórico afecta al animal de forma multifactorial, y su control requiere medidas preventivas en varios niveles, desde la fase inicial del embrión hasta la etapa final de la gestación. Todos los productores, técnicos y profesionales involucrados en la producción y reproducción deben estar atentos a los efectos del estrés, que pueden ser especialmente severos en animales de alto potencial genético (Castaño et ál., 2014).



Fuente: Pereira (10).

SNC: Sistema Nervioso Central; ACTH: Hormona adrenocorticotropa; TRH: Hormona liberadora de la Tirotrópina; TSH: Hormona Estimulante de las Tiroides; CRH: Factor Liberador de la Hormona Corticotropa; GnRH: Factor Liberador de las Hormonas Gonadotrópicas; LH: Hormona Luteinizante; FSH: Hormona Foliculo Estimulante.

Figura 1 Dinámica endocrina sobre estrés y producción animal.

V.- MATERIALES Y MÉTODOS

5.1.- Ubicación

Montemorelos General Terán, Nuevo León México.

5.2.- Unidades experimentales

Se utilizaron 858 hembras raza Beefmaster sincronizadas para ser transferidas con embrión. Las unidades experimentales se dividieron de acuerdo con las estaciones del año, quedando así cuatro grupos según la estación del año (primavera, verano, otoño e invierno).

5.3.- Diseño experimental

Se sincronizaron: 210 vacas en primavera, 180 vacas en verano, 268 vacas en otoño y 200 vacas en invierno. Las cuales fueron transferidas con embrión fresco. Utilizando la técnica de transferencia de embrión, que consiste en cuatro etapas:

5.3.1. *Sincronización de las vacas receptoras*

Consiste en seleccionar vacas que por recomendación tengan un buen historial de parto, se someten a un protocolo de sincronización, sin importar la Raza (teniendo en cuenta que no se transfiera un embrión de una Raza de talla grande a una de talla chica). Para posteriormente ser transferidas (Ayres et ál., 2014).

5.3.2. *OPU (Ovum Pick-Up)*

Esta técnica consiste en la obtención de ovocitos de una vaca donadora (vacas elite del rancho), se lleva a cabo con la ayuda de un ecógrafo, una bomba de aspiración y con anestesia epidural (lidocaína al 2%) se aspiran los folículos junto con el ovocito, así mismo esta muestra se recolecta en un tubo con un medio para poder

ser observados clasificados con la ayuda de un estereoscopio en un laboratorio de campo. Los ovocitos seleccionados se empaquetan en un tubo con un medio de maduración para poder ser transportados al laboratorio con una transportadora que conserve una temperatura de 38.5° C (Seneda et ál., 2020).

5.3.3. Fertilización In Vitro (FIV)

En esta etapa los ovocitos que se recolectaron en campo llegan al laboratorio para poder fecundarlos en un periodo de tiempo de 18 a 24 horas después de la recolección de estos y se toma como el día cero. Una vez fecundados se inicia el día uno. En el día dos se conservan en un medio de con nutrientes y se resguardan en una incubadora. En el día cuatro se retira una cantidad del medio con nutrientes y se aplica la misma cantidad de medio con alimentación. Y se resguardan nuevamente en la incubadora hasta el día siete. En este día se empaquetan los embriones que llegaron a un buen término de estadio de embrión (Blastocito Expandido) (Parrish, 2014).

5.3.4. Transferencia de embrión.

En esta etapa se transfiere el embrión a las vacas receptoras que respondieron positivamente al protocolo de sincronización (vacas con cuerpo lúteo). La técnica se lleva a cabo con la ayuda de anestesia epidural (lidocaína al 2%) tres mililitros. Posteriormente los embriones se montan en el aplicador lo más higiénico y sanitizado que sea posible, se introduce el aplicador en la funda para transferir cubierto por una chamase. Una vez listo el embrión en el aplicador, se introduce la mano izquierda por vía rectal y con la otra mano se limpia el acceso de estiércol que tenga la vulva, en seguida se introduce el aplicador por vía vaginal hasta conectar con el cérvix donde se romperá el chamase de la funda del aplicador, enseguida

avanzando el aplicador con su funda se guía lo más cercano hasta, el ovario con cuerpo lúteo, una vez que esta lo más próximo se deposita el embrión. Posteriormente se retira el aplicador. Todo esto tratando de manipular lo menos posible el aparato reproductor (Ayres et ál., 2014: Parrish, 2014: Seneda et ál., 2020).

5.4.- Variable evaluada

Porcentaje de preñez por época del año.

Los datos fueron ordenados según la época del año que se llevó a cabo la transferencia de embrión fresco, diciembre a febrero se indicó como invierno, marzo a mayo como primavera, junio a agosto como verano y finalmente otoño de septiembre a noviembre.

Con el apoyo de los datos obtenidos después del diagnóstico de preñez, se determinará la fertilidad de cada época del año por medio de una regla de tres simple, modificado de Fricke, (2003). Y así obtener la época y/o estación del año con mayor fertilidad en la raza Beefmaster.

VI.- RESULTADOS

En el cuadro 1, se muestra el número total de vacas tratadas por estación del año, número y porcentaje de vacas vacías y preñadas.

Cuadro 1 Número de vacas tratadas por estación del año

<i>Estación del año</i>	<i>Número de vacas tratadas</i>	<i>Número de vacas vacías</i>	<i>Número de vacas preñadas</i>
<i>Primavera</i>	210	91	119
<i>Verano</i>	180	86	94
<i>Otoño</i>	268	139	129
<i>Invierno</i>	200	102	98

En la figura 1, se muestra el porcentaje de preñez que corresponde a cada estación del año. Donde se obtuvo un 56.5% en primavera, 52.5% en verano, 53.7% en otoño y 49% en invierno. Como se describió en el apartado anterior, cada porcentaje se determinó por medio de una regla de tres simple donde al número total de vacas tratadas por estación se restó el número de vacas vacías, tomando en cuenta solo el número de vacas con diagnóstico de preñez positivo.

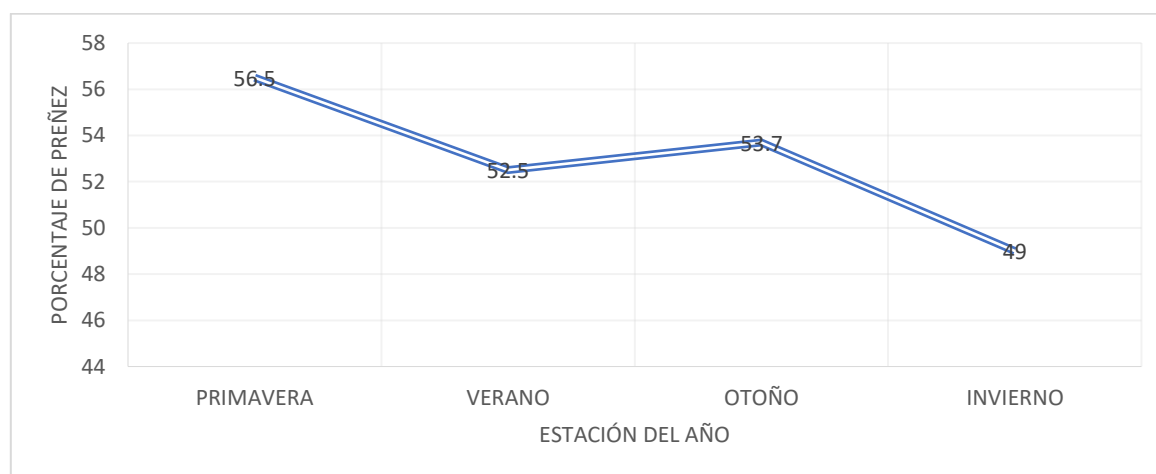


Figura 2 Porcentaje de preñez por estación del año

VII.- DISCUSIÓN

La transferencia de embriones (TE) favorece una mayor producción en menor tiempo de animales con valor genético. Los programas de transferencia de embriones (TE) han observado mayores tasas de preñez en vacas receptoras, pero varios factores como la calidad de los embriones y la selección de donante/receptor influyen en el éxito. Si bien la TE se utiliza para producir toros de alta probabilidad genética, la eficiencia reproductiva en vacas y las bajas tasas de preñez pueden verse afectadas por múltiples factores. Las tasas de éxito son menores en vacas infértiles en comparación con las sanas (Florez, 2015).

Otro aspecto a considerar para el éxito de preñez del hato es la condición corporal, de acuerdo al estudio de Vera (2017), la condición corporal de las receptoras en el día de la transferencia embrionaria es un factor que afecta la tasa de concepción. Se ha observado que las vacas primíparas con una condición corporal menor a 2.5 y mayor a 4 tienen una tasa de concepción menor que aquellas con una condición corporal intermedia. Además, este efecto está influenciado por la categoría animal. Sin embargo, en relación al objetivo de este estudio, Mariano (2009) concluye en su estudio que se ha determinado el impacto de la temporada en la tasa de éxito de lograr el estado de preñez a través de TE fresco en un programa TETF. No obstante, estos hallazgos iniciales deben validarse con un tamaño de muestra más extenso.

VIII.- CONCLUSIÓN

En base a las condiciones en que este estudio fue realizado, de acuerdo a la comparación del porcentaje de preñez en vacas de raza Beefmaster, las cuales fueron tratadas con transferencia de embrión fresco en un clima subtropical. El porcentaje de preñez fue mayor en primavera 56.6% con respecto a las demás estaciones del año con 52.5% en verano, 53.7% en otoño y 49% en invierno.

IX.- LITERATURA CITADA

- Arias RA, Mader TL, Escobar PC. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Arch Med Vet. 40:7-22.
- Ayres, H., Ferreira, RM, Torres-Júnior, JRDS, Demétrio, CGB, Sá Filho, MFD, Gimenes, LU, ... & Baruselli, PS (2014). Inferencias de las reservas de energía corporal sobre la tasa de concepción de vacas cebú amamantadas sometidas a inseminación artificial programada seguida de apareamiento natural. *Teriogenología* , 82 (4), 529-536.
- Baruselli, P. S., E. L. Reiss, M. O. Marques, L. F. Nasser y G. A. Bo. (2004). The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrous beef cattle in tropical climates. Anim. Reprod. Sci. 82- 83:479-486. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.025>
- Beefmaster Colombia. (sf). <https://www.asociacionbeefmaster.com/la-raza> consulta enero 2023.
- Bermúdez, J. et al. (2020). Evaluación de las características bovinométricas de la raza beefmaster en sus diferentes edades en el departamento de Santander, primera fase.
- Betteridge, K. J. (1977). Embryo transfer in farm animals: A review of techniques and applications, Monograph No. 16. Agriculture Canada, Ottawa, CA. 116 p.
- BIOSEGURIDAD, PO (2005). Convenio sobre la diversidad biológica. *EUROPA (CEPE)*.
- Bó GA, Baruselli PS, Mapletoft RJ. 2012a. Increasing pregnancies following synchronization of bovine recipients. Anim Reprod, 9:312-317

- Bó GA, Baruselli PS, Moreno D, Cutaia L, Caccia M, Tríbulo R, Tríbulo H, Mapletoft, RJ. 2002. The control of follicular wave development for self- appointed embryo transfer programs in cattle. *Theriogenology*, 57:53-72.
- Bols PEJ, Ysebaert MT, Van Soom A, de Kruif A. Effects of needle tip bevel and aspiration procedure on the morphology and developmental capacity of bovine compact cumulus oocyte complexes. *Theriogenology*. 1997;47:1221–36.
- Boni R. Ovum pick-up in cattle: a 25 yr retrospective analysis. *Anim Reprod*. 2012;9:362–9.
- Burns, D. S., F. Jimenez-Krassel, J. L. H. Ireland, P. G. Knight and J. J. Ireland. 2005. Numbers of antral follicles during follicular waves in cattle: Evidence for high variation among animals, very high repeatability in individuals, and an inverse association with serum follicle-stimulating hormone concentrations. *Biol. Reprod*. 73(1):54-62. DOI: 10.1095/biolreprod.104.036277.
- Cabodevila, J. & Torquatri, S. (2001) Superovulación de Fêmeas bovinas. En: Palma, G. A *Biotechnología de la reproducción* 1ª Ed. INTA, Argentina, 79-108
- Cárdenas Aguilar, M. Y., & Rincón Montañez, J. J. (2021). Consolidación de las medidas bovinométricas de los hatos estudiados, con relación a la estandarización de parámetros en animales de exposición en ferias nacionales y elaboración de cartilla ilustrativa con las tablas de selección de la raza beefmaster en juzgamiento.
- Castaño, F. A., Rugeles, C. C., Betancur, C. A., & Ramirez-López, C. J. (2014). Impacto del estrés calórico sobre la actividad reproductiva en bovinos y

consideraciones para mitigar sus efectos sobre la reproducción. *Biosalud*, 13(2), 84-94.

Cedeño, A., & Bó, G. A. (2018). Nuevos programas de sincronización de receptoras de embriones bovinos.

Chang, M. C., C. R. Austin, J. M. Bedford, B. G. Brackett, R. H. F. Hunter and R. Yanagimachi, R. (1977). Capacitation of espermatozoa and fertilization in mammals. *Frontiers Reprod. Fertil. Control*, pp. 434-451.

Columbiano VS. (2007). Identificação de QLT nos cromossomos 10, 11 e 12 associados ao estresse calórico em bovinos. Dissertação Mestrado, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

Córdoba- Salinas, A. B. (2011) Protocolos de sincronización y superovulación para transferencia de embriones bovinos. Tesis, Universidad de Cuenca, Ecuador. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3050/1/mv167.pdf>

De Roover R, Feugang JMN, Bols PEJ, Genicot G, Hanzen C. Effects of ovum pick-up frequency and FSH stimulation: a retrospective study on seven years of beef cattle in vitro embryo production. *Reprod Domest Anim*. 2008;43:239–45.

Ding LJ, Tian HB, Wang JJ, Chen J, Sha HY, Chen JQ, Cheng GX. Different intervals of ovum pick-up affect the competence of oocytes to support the preimplantation development of cloned bovine embryos. *Mol Reprod Dev*. 2008;75:1710–5.

- Fabre, C. Mansanet and P. Monget. (2014). The ovarian reserve of primordial follicles and the dynamic reserve of antral growing follicles: What is the link? *Biol. Reprod.* 90(4):1-11. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.113.117077>
- Florez Sarmiento, O. E. (2015). Factores que afectan la eficiencia reproductiva y los bajos índices de preñez de la hembra receptora en un programa de transferencia de embriones bovinos en Colombia.
- Fricke, PM. (2003). LA ECUACIÓN DE LA REPRODUCCIÓN EN LOS RODEOS LECHEROS. Assistant Professor of Dairy Science at the University of Wisconsin-Madison, USA. Conferencia dictada en las 19ª Conferencias Técnicas sobre Inseminación Artificial y Reproducción de la NAAB, Milwaukee, Wisconsin, EE.UU. 23 y 24 de agosto de 2002. *Taurus, Bs. As.*, 5(20):8-14.
- George P. Statistics of embryo collection and transfer in domestic farm animals. *Embryo Transf Newsl.* 2013;2014:14–26.
- González, A. (2020). Producción de embriones de donadoras de bovinos de carne en el trópico seco de México. Editorial Académica Española, Beau Basin, Mauritius. 273 p
- Hasler, J. F. (2014). Forty years of embryo transfer in cattle: A review focusing on the journal *Theriogenology*, the growth of the industry in North America, and personal reminiscences. *Theriogenology* 81(1):152-169. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.010>
- Iritani, A. and Niwa, K. (1977). Capacitation of bull spermatozoa and fertilization in vitro of cattle follicular oocytes matured in culture. *Reproduction* 50(1):119-121. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0500119>

- Maaikje Catteeuw, Eline Wydooghe, Erik Mullaart... (2017). *In vitro production of bovine embryos derived from individual donors in the Corral@dish. Acta Veterinaria Scandinavica*, 59(1), –. doi:10.1186/s13028-017-0309-9
- Mapletoft RJ, Bó GA. 2016. Bovine embryo transfer. In: International Veterinary Information Service (Ed.). *IVIS Reviews in Veterinary Medicine*. Ithaca: International Veterinary Information Service. (www.ivis.org; Document No. R0104.1106S).
- Mapletoft, R. J., G. A. Bo, P. S. Baruselli, A. Menchaca and R. Sartori. (2018). Evolution of knowledge on ovarian physiology and its contribution to the widespread application of reproductive technologies in South American cattle. *Anim. Reprod.* 15(1):1003-1014. doi: 10.21451/1984-3143-AR2018-0007
- Mariano, J. (2009). Transferencia de embriones frescos a tiempo fijo: Algunas variables que afectan la tasa de preñez. *Tesis Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Sitio Argentino de Producción Animal. Tandil, Buenos Aires, Argentina.*
- Merton J, de Roos APW, Mullaart E, de Ruigh L, Kaal L, Vos P, Dieleman SJ. Factors affecting oocyte quality and quantity in commercial application of embryo technologies in the cattle breeding industry. *Theriogenology*. 2003;59:651–74
- Monniaux, D., F. Clément, R. Dalbiès-Tran, A. Estienne, S.
- Morotti, F., A. F. Zangirolamo, N. C. Da Silva, C. B. Da Silva, C. O. Rosa and M. M. Seneda. (2017). Antral follicle count in cattle: Advantages, challenges and controversy. *Anim. Reprod.* 14(3):514-520. <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR994>

- Parrish, JJ (2014). Fertilización in vitro bovina: maduración de ovocitos in vitro y capacitación de espermatozoides con heparina. *Teriogenología* , 81 (1), 67-73.
- Pinzón, M. A. (2012). *Pruebas de desempeño en ganado Beefmaster* (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).
- Ramos R. (2008). *Avaliação de Estresse Térmico em Vacas Leiteiras Mestiças (Bos taurus x Bos indicus) Criadas em Clima Tropical Quente Úmido no Estado do Ceará*. Dissertação Graduação, Departamento de Zootecnia, Universidad de Federal de Ceará.
- Rincker, C.E. (2013) Drafting embryo transfer contracts for cattle producers. Texas Agriculture Law Conference, Lubbock. Texas. Disponible en <https://pt.slideshare.net/rinckerlaw/draftingembryo-transfer-contracts-for-livestock-producers>
- Rosete Fernández, J. V., Álvarez Gallardo, H., Urbán Duarte, D., Fragoso Islas, A., Asprón Pelayo, M. A., Ríos Utrera, Á., ... & Torre Sánchez, J. F. D. L. (2021). Biotecnologías reproductivas en el ganado bovino: cinco décadas de investigación en México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12, 39-78.
- Seidell Jr., G. E. (2011). 50 years of applying reproductive technology to breeding cattle. Range Beef Cow Symp., University of Nebraska, Lincoln, NE. Art No. 295, 9p. <https://digitalcommonsunl.edu/rangebeefcowssymp/295>.
- Selk, G. (2013). Embryo Transfer in Cattle DASNR 102 Agriculture Hall, Oklahoma State University Stillwater, OK 74078, ANSI-3158, <http://osufacts.okstate.edu>.

- Seneda, MM, Zangirolamo, AF, Bérnago, LZ y Morotti, F. (2020). Sincronización de ondas foliculares antes de la recogida del óvulo. *Teriogenología*, 150, 180-185.
- Trejo Meza, F. J., Y. Bautista Martínez, M. Ruiz Albarrán, E. A. López Acevedo y A. González Reyna. (2020). El efecto de la raza de la donadora sobre la producción de embriones in vitro bajo condiciones de trópico seco del noreste de México. In: Producción de embriones de donadoras de bovinos de carne en el trópico seco de México, A. González Reyna (Ed.), Edit. Acad. Esp., Beau Basin, Mauritius, pp. 69-156.
- Trejo Meza, FJ, Franco De Souza, J., Rosales Hilario, J., Del Angel Reyes, H., Rodríguez Perales, A., Lucero Magaña, FA, & González-Reyna, A. (2023). Biotecnología de reproducción en ganado vacuno y su aplicación en el Noreste de México: aspiración folicular y fertilización in vitro. *Archivos Latinoamericanos De Producción Animal*, 31 (Suplemento), 383-388. <https://doi.org/10.53588/alpa.310564>
- Vargas Castro SP, Manrique Perdomo C. (2017). Relación de medidas bovinométricas y su proporcionalidad con el peso de animales Senepol en Colombia. *Rev MVZ Córdoba*; 6320-33.
- Vera, J. (2017). Efecto del celo y el tratamiento con GnRH sobre la tasa de concepción en programas de inseminación artificial y transferencia de embriones bovinos. *Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC), Córdoba*. Obtenido de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5236/Vera%20Cede%20C3%20B1o%20J.%20A>.

- Watanabe, Y.F., A. H. Souza, R. D. Mingoti, R. M. Ferreira, E. O. S. Batista, A. Dayan, O. Watanabe, F. V. Meirelles, M. F. G. Nogueira, J. B. S. Ferraz and P. S. Baruselli, P.S. (2017). Number of oocytes retrieved per donor during OPU and its relationship with in vitro embryo production and field fertility following embryo transfer. *Anim. Reprod.* 14(3):635-644. <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR1008>.
- Zavattieri Potes, A. (2017). Protocolos de sincronizacion y superovulacion para transferencia de embriones en bovinos. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Río Cuarto Facultad De Agronomía y Veterinaria. Río Cuarto - Córdoba - Argentina