

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**OVULACIÓN MÚLTIPLE Y TRANSFERENCIA EMBRIONARIA EN BOVINOS.  
(OMTE)**

**POR.**

**METZTLI XOCHITL ÁLVAREZ BARRIERE**

**CLAUDIA CAROLINA RAMÍREZ VALLE**

**JOCELYN SARAÍ RAMÍREZ VIANA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE 2022**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE MEDICINA VETERINARIA**



**OVULACIÓN MÚLTIPLE Y TRANSFERENCIA EMBRIONARIA EN BOVINOS.  
(OMTE)**

**POR.**

**METZTLI XOCHITL ÁLVAREZ BARRIERE**

**CLAUDIA CAROLINA RAMÍREZ VALLE**

**JOCELYN SARAÍ RAMÍREZ VIANA**

**RESUMEN DE CURSO DE ESPECIALIZACIÓN  
DIPLOMADO EN REPRODUCCIÓN ANIMAL  
DE ESPECIES MENORES Y MAYORES**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE 2022**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**

**Rector:**

**Lic. Msc. Roger Armando Arias Alvarado**

**Secretario general:**

**Msc. Francisco Antonio Alarcón Sandoval**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**Decano:**

**Dr. Francisco Lara Ascencio.**

**Secretario:**

**Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra.**

**Jefe del Departamento de Medicina Veterinaria.**

---

MV. Ricardo Ernesto Gamero Guandique.

**Asesor Interno.**

---

MV. Ricardo Ernesto Gamero Guandique.

**Tribunal Calificador.**

---

MV. Ricardo Ernesto Gamero Guandique.

---

MVZ. Irma Yaneth Torres López.

---

MVZ. Msc. Carlos David López Salazar.

**Coordinadora general de procesos de graduación**

---

MVZ. MSP. María José Vargas Artiga.

## Resumen:

En la actualidad existen diferentes técnicas de reproducción asistida para facilitar el trabajo en las granjas pecuarias, mejorar la eficiencia reproductiva y por tanto la producción de la misma. Dentro de este mundo reproductivo se encuentra la tecnología de Ovulación Múltiple y Transferencia Embrionaria (OMTE), la cual consiste en la multiovulación y transferencia de embriones de una hembra donadora de mayor aporte genético a hembras de menor rango genético receptoras de dichos embriones, al basarse en este principio de mejoramiento genético en un tiempo más corto del habitual para una explotación ganadera se considera una de las técnicas reproductivas que se encuentra en auge a nivel mundial actualmente. La presente revisión bibliográfica fue realizada enfocándose en compilar información de autores que han implementado esta técnica en los países de América obteniendo resultados factibles, para así poder determinar si es posible implementar un programa de OMTE efectivo en la ganadería nacional de El Salvador. Por lo cual se realizó una investigación teórica sobre este método, acompañada de un pequeño montaje en campo sobre transferencia embrionaria y los pasos que preceden a la misma; este montaje se realizó por estudiantes egresadas de la Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de El Salvador teniendo como locación la Estación Experimental y de Prácticas (EEP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas, desde Noviembre del 2021 a Febrero del 2022. El montaje constó de 5 etapas cubriendo desde la selección de las hembras bovinas, examen Clínico-Físico junto al diagnóstico de gestación mediante palpación rectal, sincronización de celo utilizando el protocolo HeatSynch®, inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y recuperación embrionaria mediante lavado uterino. Los resultados obtenidos, a pesar de ser negativos al momento de la colecta, forjan un precedente para futuras investigaciones prácticas sobre la aplicación de OMTE en la ganadería de El Salvador.

## **Abstract:**

Currently there are different assisted reproduction techniques to facilitate work on farms, improve reproductive efficiency and therefore its production. Within this reproductive world is the Multiple Ovulation and Embryonic Transfer (OMTE) technology, which consists of the multiple ovulation and transfer of embryos from a female donor with a higher genetic contribution to females with a lower genetic range who receive said embryos, based on, In this principle of genetic improvement in a shorter time than usual for a livestock farm, it is considered one of the reproductive techniques that is currently booming worldwide. This bibliographic review was carried out focusing on compiling information from authors who have implemented this technique in the countries of the Americas, having feasible results, in order to determine if it is possible to implement an effective OMTE program in the national livestock of El Salvador. For this reason, a theoretical investigation was carried out on this method, accompanied by a small assembly in the field on embryo transfer and the steps that precede it; This assembly was carried out by students graduated from the Bachelor of Veterinary Medicine and Zootechnics of the University of El Salvador, having as location the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agronomic Sciences, from November 2021 to February 2022. The assembly consisted of 5 stages covering from the selection of bovine females, physical-clinical examination together with a pregnancy diagnosis by rectal palpation, estrus synchronization using the HeatSynch® protocol, fixed-time artificial insemination (IATF) and embryo recovery by uterine lavage. The results obtained, despite being negative at the time of collection, forge a precedent for future practical research on the application of OMTE in the livestock of our El Salvador.

## **AGRADECIMIENTOS:**

Agradecemos a YAHWEH que nos ha dado la chispa de vida, sabiduría y fortaleza para el culmino de este proyecto.

Al sol vivificante de nuestras glorias que nos vio nacer.

A la Universidad de El Salvador por fungir como nuestra ALMA MATER.

A nuestro tutor Ricardo Ernesto Gamero Guandique Médico Veterinario, quien sin sus virtudes en el área de medicina veterinaria y sus conocimientos en especies mayores, la presente tesina no hubiese tomado el rumbo adecuado para su realización. sus consejos e inspiración de llegar más allá de lo solicitado nos impulsaron a crear ese pequeño ensayo que fue punto vital de nuestra experiencias profesionales, así como nos adentró a la realidad nacional en el ámbito de la veterinaria. Muchas Gracias por sus constantes palabras de aliento y creer plenamente en nosotras, por estar presente cuando nuestras ideas eran confusas y nos guiaba nuevamente. Gracias totales por orientarnos y cuidarnos.

A nuestros docentes y profesionales amigos que aportaban ideas, orientaciones y correcciones durante la realización de la presente tesina. Afianzaron nuestros sueños y esperanzas, así como aportaron las bases para convertirnos en profesionales de excelencia y nunca rendirnos ante los obstáculos. Su paciencia a través de nuestros años de estudio es agradecida y en nuestro caminar por la vida siempre recordaremos con cierta nostalgia sus enseñanzas. Infinitas Gracias.

A nuestros amigos y compañeros de estudio, por recorrer juntos los pasillos que forjaron nuestro carácter profesional, brindaron alegrías y compañerismo a lo largo de los años vividos dentro de la universidad.

## DEDICATORIAS

Ofrezco con sencillez y profunda gratitud esta Tesina a mis padres: Yanira Barriere y José Álvarez; por brindarme una esperanza de vida, proporcionándome todos los recursos, junto a su dedicación para convertirme finalmente en un ser humano de éxito; por siempre dejar que en mi niñez ayude a los que no tenían voz y tener espacio para uno más en la familia, alimentando así, mi espíritu por los animales.

A mi prometido, por adentrarse en mi vida y proporcionar ese sostén emocional para no rendirme, ayudándome a crecer como persona y compartir juntos este largo caminar en la vida.

A mis hermanas, hermano y sobrino, por siempre estar pendientes de mí persona y brindar su amor incondicional a través de mis años de vida.

A mis tíos y primos, por ofrecerme el calor de un hogar sin ser mío, una mesa con alimentos sin aportar nada a cambio, compañía de calidad y hermandad durante todos mis años de estudios.

### GRACIAS TOTALES

Metztli Xochilt Álvarez Barriere

A mi querida madre, María Julia Valle vda de Ramírez:

Quien con infinidad de sacrificios me apoyó económicamente hasta donde le fue posible, y quien me sigue apoyando con palabras de aliento, consejos y con su mera presencia cuando todo a mi alrededor parece derrumbarse.

También a mi difunto padre:

Aunque se fue muy pronto de nuestras vidas, hace 28 años, sé que él tenía un profundo amor por el campo, los animales, el trabajo y la familia, y de quien probablemente heredé mi vocación.

A mi hermana menor:

Quien con palabras duras, me incentivó a no rendirme, y quien de alguna manera sacrificó muchas cosas por apoyarme, sé que aunque no me lo expresa con palabras, se enorgullece de verme culminar mi carrera.

A todos los amigos que hice en el camino, aquellos con los que mutuamente nos empujamos día a día a continuar en la búsqueda de nuestros sueños y deseos, a los amores y desamores, a cada persona que pasó por mi vida a lo largo de este proceso, y que dejó algo de sí en ella, positivo o negativo.



Y por último, aunque un poco egocéntrico quizá, pero no menos importante, a mí:

Porque a pesar de que desde hace muchos años quise dejarlo todo, me quedé, olvidando en qué momento me perdí a mí misma y el entusiasmo y amor por el aprendizaje con el que comencé. Debo agradecerme por no desistir a pesar de las adversidades y tropiezos, quizá por capricho o por orgullo, o por ninguna de esas razones fui capaz de quedarme y llegar hasta el final. Ahora, deseo resurgir de entre mis propias cenizas, y ser de nuevo como la joven entusiasmada y apasionada que empezó la carrera hace 15 años.

Entonces corrijo, dedico esta tesina a mi yo de hace 15 años: Lo lograste, lo hiciste bien.

Claudia Carolina Ramírez Valle.

Al culminar este proyecto me da la satisfacción de dar un paso más en mi vida para ejercer como profesional, todo esto no lo hubiese logrado sin mi madre Ruth Viana a quien dedico mi trabajo, ya que siempre me dio su apoyo y consejos para salir adelante.

A mis amigos en el trayecto de la carrera todos estuvieron apoyándome, esas palabras de aliento para no retirarme de los estudios, donde nos tocaba escoger entre copias y almuerzos.

A mis jefes por su apoyo, ya que sin el trabajo obtenido muchas partes no las hubiera logrado financiar, el motivarme a seguir estudiando y buscar una especialidad.

A mis compañeros de trabajo (Médicos y Auxiliares) que me apoyaban con los desvelos de turno estudiando o haciendo tareas, y cuando no me alcanzaba para la cena, siempre me convidaba.

Gracias a todos por su apoyo y cariño.

Jocelyn Sarai Ramírez Viana

# Contenido

## Tabla de contenido

Resumen:.....	v
Abstract:.....	vi
AGRADECIMIENTOS: .....	vii
DEDICATORIAS.....	viii
Contenido.....	x
Introducción:.....	12
Antecedentes: .....	14
Planteamiento del problema y justificación: .....	17
Objetivos: .....	18
Marco teórico:.....	19
ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DE LA HEMBRA BOVINA.....	19
CICLO ESTRAL DE LA HEMBRA BOVINA.....	20
FISIOLÓGÍA HORMONAL DE LA REPRODUCCIÓN.....	22
TRANSFERENCIA DE EMBRIONES.....	23
SELECCIÓN DE DONADORAS Y RECEPTORAS.....	24
CONDICIONES SANITARIAS.....	26
REALIDAD NACIONAL.....	26
SINCRONIZACIÓN DE CELO.....	27
PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN UTILIZADOS EN EL MANEJO REPRODUCTIVO.....	29
MULTIOVULACIÓN .....	32
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF) .....	32
Metodología:.....	37
METODOLOGÍA DE CAMPO.....	37
Conclusiones: .....	43
Recomendaciones: .....	45
Referencias:.....	46

## Introducción:

La transferencia de embriones se define como el proceso por el cual un embrión es recolectado (lavado) desde una hembra (donante o donadora) y transferido a otra hembra (la receptora) para completar el periodo de gestación. (Restrepo G. 2008.)

En el ámbito mundial, la técnica de Inseminación Artificial (IA) es muy bien vista y valorada por los productores, desde explotaciones ovinas hasta las bovinas. La implementación de esta tecnología en hatos bovinos es una opción de selección genética que ha resultado en un significativo aumento en la producción de leche por animal, así como mejor conversión alimenticia en el ganado cárnico. Aunque la IA es quizás la biotecnología más costo/efectiva hasta el momento, la contribución genética materna permanece sin explotar en su totalidad. Por el contrario, cuando se aplica la transferencia embrionaria, la parte materna tiene considerable influencia sobre las tasas de respuesta genética de los individuos que nacen en un hato. La implementación de esta tecnología permite acelerar la ganancia genética con la contribución de los mejores factores de ambos sexos; además, los productores tanto de ganado de carne como de leche se pueden beneficiar con programas de transferencia de embriones bien diseñados, con criterios de selección apropiados a sus medios ambientes y objetivos individuales.

Dado que la biotecnología reproductiva con más renombre a nivel mundial, y la más conocida a nivel nacional es la inseminación artificial, debido a su facilidad y bajos costos de implementación, con ella se deja de lado el potencial genético materno centrándose nada más, en el aporte del macho a la genética del hato productivo, desperdiciando de esta manera factores que ayudarían a mejorar la producción y reproducción teniendo como una gran limitante el hecho de obtener solamente 1 cría por vaca por año. En animales de gran valor tanto económico como genético, la técnica OMTE puede facilitar por una parte, la conservación de genes maternos valiosos, y por otra, la obtención de más de un ternero al año. Por todo ello, el propósito de este trabajo es: (1) Realizar una revisión bibliográfica de autores nacionales y de países cercanos donde se haya aplicado la técnica Ovulación múltiple y transferencia embrionaria (OMTE), con el fin de establecer los fundamentos esenciales de la técnica y poder compararlos con los recursos disponibles para la ganadería de nuestro país, (2) Proponer el uso de la Ovulación múltiple y transferencia embrionaria (OMTE) como un recurso viable y método de reproducción eficiente con la visión de una futura aplicación en hembras bovinas

de capacidad productiva en la ganadería nacional, (3) Realizar un ensayo corto de sincronización de celo, multiovulación y transferencia de embriones en un grupo de bovinos de la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador (EEP).

Basándose en la información bibliográfica obtenida tanto de investigaciones nacionales como internacionales, se implementó un ensayo OMTE, utilizando un total de 6 ejemplares bovinos hembra seleccionados en base a sus registros de desempeño productivo, reproductivo y condición clínica-física; el grupo se estableció por: una hembra bovina que fungió como donante de óvulos, más 5 hembras receptoras de embriones con características similares.

## Antecedentes:

Actualmente en el país existe poca información sobre la implementación de la Ovulación múltiple y la Transferencia de embriones en especies pecuarias; en el año 2005 bajo la tutoría del ministro Mario Salaverría, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) publicó mediante *El Diario de Hoy* sobre la inversión e implementación de un proyecto para transferencia embrionaria, sin sus subsecuentes resultados o confirmación de realización de este proyecto. (Barrera 2005)

En las instalaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería en el Cantón El Portezuelo en Santa Ana, se inauguró un Laboratorio de biotecnología animal, como un proyecto de colaboración japonesa, el Embajador de Japón en el Salvador, Saburo Yusawa y Atsushi Kamishima, representante de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) Junto al Ministro de Agricultura de El Salvador, Ing. Salvador Urrutia Loucel. El laboratorio forma parte de un gran proyecto orientado a desarrollar y poner en práctica en el país, la tecnología necesaria para estimular la ganadería, incluso se podrán importar embriones de otros países para implantarlos en vacas del hato salvadoreño. El proyecto es posible gracias al apoyo recibido del gobierno de Japón. Es el doctor Akira Nakagawa el coordinador del proyecto. La contraparte salvadoreña es representada por el Ing. Arturo Simeón Magaña, coordinador pecuario para la zona occidental. Aunque cabe destacar que no hubo informe de resultados de este proyecto. (Wenceslao Martínez, El diario de Hoy, 2002)

También existe un decreto de ley por parte de la Asamblea Legislativa denominado: *LEY DE FOMENTO Y DESARROLLO GANADERO* que data del año de 1984 donde se especifica dentro de los beneficios en el literal B sobre: *FRANQUICIA ADUANERA POR LA IMPORTACIÓN DE SEMEN Y EMBRIONES PROCEDENTE DE BOVINOS, PORCINOS Y CAPRINOS REGISTRADOS, ASÍ COMO UTENSILIOS Y EQUIPO PARA LA CONSERVACIÓN Y APLICACIÓN DURANTE UN PERIODO DE SIETE AÑOS*; el cual tiene una derogación parcial citada en fecha de 7 Dic 1989. (Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. 1984. Decreto de ley n° 219. *LEY DE FOMENTO Y DESARROLLO GANADERO*. Diario Oficial. 28 Sep.)

Fuera de nuestras fronteras encontramos publicaciones más actualizadas enfocadas al ámbito de la biotecnología; como lo publicado por la Universidad Cooperativa de Colombia en el pasado 2021 (Aldana y Pinilla 2021); el estudio hace alusión sobre Técnicas de biotecnología para la obtención de embriones bovinos, en la cuál se describe la obtención de embriones mediante las técnicas

*in-vivo* de superovulación y aspiración folicular transvaginal para la colecta de dichos embriones. En la investigación se destaca la importancia del ciclo estral bovino, los protocolos hormonales para inducir la ovulación múltiple y la habilidad técnica del encargado, teniendo en cuenta lo anterior y según el investigador es a la larga un método rentable para el ámbito ganadero de dicho país.

Los autores Hoyuela y Jiménez 2010 evaluaron el efecto del número de partos en las hembras receptoras de embriones en la tasa de preñez de estas; se describe que luego de someter a las hembras receptoras de 3 categorías diferentes (nulíparas, primíparas y multíparas) a un programa de control de ciclo estral mediante sincronización de celo con progestágenos para transferencia de embriones, haciendo determinaciones del tamaño del folículo preovulatorio mediante ultrasonografía del día 0 (celo), medición del tamaño del cuerpo lúteo al día 7 y medición de niveles de progesterona en sangre para realizar ese día la transferencia de embriones, junto a un diagnóstico de preñez practicado el día 45. Dando como resultado que la tasa de preñez más alta del 65% fue para las vacas multíparas, seguida de las primerizas y por último las novillas. Aunque se debe de tener en cuenta que la conclusión de la investigación determinó que ambos factores no estaban totalmente relacionados entre sí como factor único de variabilidad.

Una revisión bibliográfica del año 2017 de la Universidad Nacional abierta y a distancia (Meza, 2017) también de Colombia, describe diferentes protocolos de sincronización del ciclo estral en bovino utilizando distintos tratamientos hormonales para lograr reducir los días abiertos y facilitarle a la hembra bovina su la entrada al celo en determinado tiempo, mejorando de esta forma la ovulación para la aplicación de inseminación artificial a tiempo fijo.

Otra investigación bastante reciente en el ámbito de esta biotecnología, la encontramos en la Universidad Agraria del Ecuador, con el título de “Evaluación de la sincronización de celo en vacas y vaconas Brahman en la hacienda Don Manuel” realizada en el año 2020. En donde, identifican la problemática de los bajos índices reproductivos relacionados a varios factores como la nutrición, el ambiente y el manejo. Ya que la eficacia reproductiva depende de la obtención de una cría por vaca por año, necesitan que todas las hembras bovinas exista una ciclicidad constante. El objetivo del estudio estuvo enfocado en evaluar el uso de la sincronización de celo en las vacas con la finalidad de proporcionar una línea base y continuar con los programas de IATF (inseminación artificial a tiempo fijo) en la hacienda. (Delgado, 2020)

En el año 2018, se realizó un análisis del costo-beneficio de la implementación de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) comparado con la inseminación artificial

convencional en la hacienda Surrambay en Colombia. Dado que el 80% de las ganaderías utilizan la monta natural como método reproductivo y solo el 20% utiliza la inseminación artificial, demostraron la necesidad de crear una cultura de mejoramiento en las ganaderías. (Genética y reproducción.) Este estudio tuvo como objetivo general determinar mediante el análisis costo beneficio la técnica más conveniente de inseminación, estimar y comparar los costos e ingresos en ambos métodos de inseminación artificial. Evaluando el efecto de la IATF en los indicadores productivos, reproductivos, y económicos, y determinar el impacto social, y tecnológico para la hacienda al implementar la IATF. (Ríos, 2018)

## Planteamiento del problema y justificación:

En los últimos años se han logrado considerables avances alrededor del mundo con la Ovulación Múltiple y Transferencia Embrionaria (OMTE) como herramienta de mejoramiento genético, siendo necesaria para maximizar la producción y sobrevivencia de embriones y así obtener varias crías de alto mérito genético al cabo de un año. Cabe señalar que una hembra de gran valor genético, podría formar parte de un programa de transferencia de embriones en más de una oportunidad, de esta manera haciendo posible multiplicar su potencial reproductivo y productivo, al utilizar vacas de escaso valor genético como receptoras de embriones genéticamente superiores.

La eficiencia de la ganadería depende de sus índices reproductivos, los cuales están altamente relacionados con diversos factores como lo son la nutrición, el medio ambiente, el manejo y la genética. La eficacia está en la obtención de una cría por vaca por año, y para esto es necesario que exista una reproductividad constante en las hembras del hato.

La biotecnología mundialmente más utilizada y difundida es la Inseminación artificial, la cual es una opción de selección genética que ha resultado en un importante aumento de la producción de leche por animal, y aunque es la biotecnología más costo/efectiva hasta el momento, la contribución genética materna permanece sin explotar; es aquí donde la OMTE permite que la parte materna tenga considerable influencia sobre la tasa de respuesta genética, además de ampliar el número de crías genéticamente superiores en menor tiempo.

Por consiguiente, el presente trabajo tiene gran importancia al describir teóricamente la producción de embriones mediante la superovulación de la hembra donadora (bovino genéticamente superior), a través de la estimulación hormonal ovárica, seguida de la Inseminación artificial (IA) y posterior lavado uterino para la obtención de dichos embriones, los cuales son colectados y transferidos a hembras receptoras (bovino genéticamente inferior); lo cual es un método eficiente de multiplicación de los mejores individuos dentro de un hato, pudiéndose obtener en un año un mayor número de crías de excelente calidad de los que se habrían obtenido usando métodos tradicionales de reproducción, teniendo como uno de los resultados el acortamiento en el tiempo para que una ganadería mejore su genética y por consiguiente incrementar la producción.

Es relevante el conocimiento sobre utilización de estas biotecnologías en la reproducción, pues permitirá avanzar en el mejoramiento genético y productivo de



la ganadería nacional y con esto contribuir a la seguridad alimentaria. Además, los trabajos de transferencia de embriones bovinos en nuestro país, han sido de forma aislada o aun no se han reportado resultados, sobre todo en cuanto a relación costo beneficio.

## **Objetivos:**

### *Objetivo general:*

Proponer el uso de la Ovulación Múltiple y Transferencia Embrionaria (OMTE) como un recurso viable y método de reproducción eficiente con la visión de una futura aplicación en hembras bovinas de capacidad productiva en la ganadería nacional.

### *Objetivos específicos:*

Revisar los fundamentos teóricos y prácticos de OMTE como recurso viable en la reproducción de ganado bovino en nuestro país.

Contribuir a la mejora de la calidad genética y potencial productivo del hato nacional mediante la elaboración de una propuesta OMTE que sea de factible aplicación dentro del territorio nacional.

Determinar la aplicabilidad de un protocolo de OMTE a nivel de campo, considerando la disponibilidad de recursos y el potencial productivo de los ejemplares de ganado bovino local.

## Marco teórico:

### ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA HEMBRA BOVINA

Antes de hablar sobre la superovulación en bovinos para la colecta y conservación de embriones necesarias para la Transferencia de Embriones (T.E), se deben conocer todas las partes del tracto reproductor para identificar las situaciones que presenta la hembra desde que está en celo hasta cuando pueda presentar un problema dentro del tracto reproductivo, es el primer paso para inseminar, recolectar y transferir embriones.

A continuación se presenta una descripción breve del tracto reproductivo de la hembra de craneal a caudal.

#### 1. OVARIOS. (2)

En el bovino son de forma ovalada y miden 3.5 a 4 cm de longitud, 2.5 cm de ancho y 1.5 cm de espesor y su peso varía entre los 15-20 gramos. El tamaño está influenciado por el cuerpo lúteo. En los ovarios se encuentran los folículos inmaduros, en crecimiento y maduros; dentro de los folículos se encuentra el óvulo u oocito que es expulsado al momento de la ovulación. Durante un ciclo normal de la vaca solo un folículo llega a madurar y ovular, raras veces dos. (ABS. 2006)

#### 2. OVIDUCTOS. (2)

El oviducto sostiene el ovario por medio de las fimbrias, quienes se encargan de capturar el oocito al momento de la ovulación; el oocito avanza dentro de el oviducto para encontrarse con los espermatozoides y poder ser fecundado o fertilizado. El oviducto está dividido en istmo, ámpula e infundíbulo; el punto donde se lleva a cabo la fecundación o fertilización del óvulo se llama unión Istmo-ampular (ABS. 2006).

#### 3. CUERNOS DEL ÚTERO. (2)

El oviducto termina donde inicia el cuerno uterino, 9 días después, el óvulo fecundado ya es un embrión maduro y ha atravesado todo el oviducto y puede estar localizado en el cuerno derecho o en el izquierdo dependiendo en donde se produjo la ovulación. En el cuerno del útero se hace el reconocimiento del embrión, las paredes del cuerno uterino reconocen el embrión y éste es adherido a ella para dar origen al nuevo feto (ABS. 2006).

#### **4. CUERPO DEL ÚTERO.**

Éste es el lugar donde el feto va a crecer y a desarrollarse. El útero durante el celo está turgente y lleno de líquido uterino, el cual es el medio donde los espermatozoides pueden desplazarse hacia los cuernos y luego hacia el oviducto. Además el útero está ejerciendo contracciones para evacuar espermatozoides muertos o cualquier patógeno que haya atravesado la cérvix, ya que al momento del celo éste se abre para permitir la entrada del esperma. (ABS.2006)

#### **5. CÉRVIX.**

También conocido como cuello del útero. Éste varía en grosor y longitud según la edad y raza de la vaca. Normalmente al palpar por vía transrectal su consistencia es como un cuello de pollo. Al momento de la inseminación es la parte más importante del tracto reproductivo, se requiere de mucha práctica y bastante experiencia para atravesar la cérvix con la pistola de inseminación y tener éxito en la I.A. o en la T.E. no quirúrgica (ABS. 2006).

#### **6. VAGINA.**

Es un tubo de paredes mucosas que al momento del celo se encuentra lubricado por moco cervical. Cuando la vaca es fecundada a través del sistema de monta natural el toro eyacula y deposita grandes cantidades de espermatozoides en el fórnix de la vagina. Esta está conectada a la vejiga urinaria, por lo tanto, también interviene en la función de evacuar la orina a través del meato urinario. Está comprendida entre el cuello del útero y la vulva. (ABS.2006)

#### **7. VULVA.**

Es la parte más externa del tracto, se puede apreciar a simple vista. Está formada por dos labios vulvares que forman la comisura dorsal y ventral, estos toman una coloración roja (Hiperemia) y aumentan de tamaño (Edema Fisiológico) cuando la vaca está en celo por la acción de los estrógenos. (ABS. 2006)

#### **CICLO ESTRAL DE LA HEMBRA BOVINA.**

La hembra bovina presenta cada 19 a 23 días un nuevo ciclo estral; que es interrumpido si hay presencia de una gestación, alguna patología hormonal o del tracto reproductivo. El ciclo estral se divide en 4 etapas: estro, metaestro, diestro y proestro. La fase progestacional o luteal comprende el metaestro y diestro y la fase estrogénica comprende el proestro y estro. (Hernández; 2020)

En el Estro la hembra acepta el servicio, este periodo tiene una duración de 8 a 18 horas, hay un incremento de las concentraciones de estradiol como consecuencia de la presencia de un folículo preovulatorio y por la ausencia de cuerpo lúteo. Mientras que en el Metaestro ocurre la ovulación y desarrollo del cuerpo lúteo, tiene una duración de 4 a 5 días, en esta etapa se da un pico preovulatorio de Hormona Folículo estimulante (FSH), desencadenando la primera oleada folicular. El cuerpo lúteo llega a su madurez debido a que las concentraciones de progesterona han aumentado dando inicio al Diestro. Algunas hembras pueden presentar sangrado metaestral. (Hernandez; 2020)

Otro de los autores citados indica que los bovinos son animales poliéstricos con ciclos estrales cada 21 días (rango 17-24 días) en promedio. El ciclo estral está regulado por las hormonas del hipotálamo (Hormona Liberadora de Gonadotropina, GnRH), la pituitaria anterior (Hormona Folículo Estimulante, FSH y Hormona Luteinizante, LH), los ovarios (Progesterona, P4; Estradiol, E2 e inhibinas) y el útero (Prostaglandina F2 $\alpha$ , PGF). Estas hormonas actúan a través de un sistema de retroalimentación positiva y negativa para gobernar el ciclo estral del bovino. (Colazo y Mapletoft 2014)

La GnRH tiene dos formas de secreción: la primera es pulsátil o tónica, regulada por estímulos externos (fotoperiodo, bioestimulación y/o amamantamiento) y por estímulos internos (metabolitos, hormonas metabólicas y hormonas sexuales). La segunda forma es la preovulatoria o cíclica y es estimulada por los estrógenos durante el estro. (Hernández 2020)

El Diestro tiene una duración de 12 a 14 días, y es donde el cuerpo lúteo mantiene su función con concentraciones plasmáticas de progesterona mayor a 1 ng/mL. Puede encontrarse folículos debido a las continuas, aunque bajas, secreciones de FSH durante las oleadas foliculares. Si en esta etapa no hay gestación, el endometrio secreta PGF2 $\alpha$  para inducir la luteólisis y reiniciar un nuevo ciclo estral. En el proestro hay ausencia de cuerpo lúteo por la maduración de folículo ovulatorio por el incremento de LH, tiene una duración de dos a tres días. En esta etapa se destaca el incremento de estradiol sérico que desencadena la conducta estral o de celo y cambios en los genitales de la hembra. Muestra comportamientos como inquietud, aumento en las vocalizaciones, monta a otras hembras y acepta la monta de otros animales. La vulva se inflama, a la palpación el útero presenta tono y al masajear el cérvix se observa secreción abundante de moco cristalino que sale de la vulva. (Delgado M, A. 2020)

## **FISIOLOGÍA HORMONAL DE LA REPRODUCCIÓN.**

La hormona liberadora de gonadotropinas, GnRH, es una hormona secretada por el hipotálamo, cuyo centro de acción es la hipófisis. Es un decapeptido que estimula la liberación de gonadotropinas (hormona luteinizante, LH, y foliculoestimulante, FSH) por parte de la adenohipófisis. Por su parte, las gonadotropinas poseen su centro de acción en las gónadas tanto masculina como femenina. (Gibbons y Cueto, 2013)

La secreción de estas hormonas está influenciada por condiciones externas (fotoperíodo, estrés, nutrición) e internas (estrógenos, progesterona, feromonas). La FSH favorece el crecimiento y la maduración tanto folicular como de los ovocitos; induce en los folículos maduros la presentación de receptores a la LH y sostiene la liberación de estrógenos. La secreción basal está asociada a la dinámica folicular durante la fase luteal y presenta dos incrementos durante la fase folicular: el primero conjuntamente a la descarga preovulatoria de LH, que es GnRH dependiente y otro, de menor intensidad, 18 horas más tarde producto de la caída de los niveles sanguíneos de los estrógenos (no dependiente de la GnRH). (Gibbons y Cueto, 2013)

La LH incrementa su concentración durante un corto período previo a la ovulación en forma de pulsos. La frecuencia de los pulsos de LH está supeditada a la estimulación de las células hipofisarias por la GnRH. Cada pulso de LH se corresponde con un pulso de GnRH. Durante la fase preovulatoria, el incremento de la secreción de estrógenos liberados por los folículos ejerce un retrocontrol positivo sobre el eje hipotálamo hipofisario, que induce al denominado "pico preovulatorio de LH". (Gibbons y Cueto, 2013)

La LH participa conjuntamente con la FSH en la maduración final del folículo, induce la liberación del ovocito (ovulación) y la formación del cuerpo lúteo a partir del folículo que presentó ovulación. La progesterona es un esteroide secretado por el cuerpo lúteo; en el caso de ocurrir fecundación, se mantiene en valores constantes durante la gestación a partir de secreción del cuerpo lúteo y la placenta. Su función es mantener la preñez (hasta el parto). Antes de la ovulación, participa con los estrógenos en la manifestación externa del celo. Ejerce un retrocontrol negativo sobre el hipotálamo, inhibiendo la secreción de GnRH y la consiguiente pulsatilidad de LH, de manera que bloquea la ovulación. Al final del ciclo estral y de no presentarse la preñez, el cuerpo lúteo secreta oxitocina e induce la liberación de prostaglandina uterina, responsable de la luteólisis (eliminación del cuerpo lúteo). Por ende, la concentración de progesterona

desciende y se incrementan los pulsos de LH. En ese momento, la concentración creciente de estrógenos se presenta con valores muy reducidos de progesterona y por lo tanto, no es suficiente para inhibir la descarga de GnRH. Consecuentemente se presenta un nuevo ciclo estral con manifestación de estro y ovulación. (Gibbons y Cueto, 2013)

### TRANSFERENCIA DE EMBRIONES.

La transferencia de embriones es una técnica por la cual los embriones son colectados de una hembra donante a una hembra receptora que gesta y pare a los productos. Este procedimiento requiere el uso de gonadotropinas para inducir la superovulación en la donadora y sincronizar el ciclo estral de estas con el de las receptoras para que manifiesten el celo al mismo tiempo. (Arriaga Valladares, 2010)

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de la Ovulación múltiple y Transferencia embrionaria

VENTAJAS	DESVENTAJAS
-Incrementar la producción de hembras genéticamente superiores.	-Costos operacionales
-Recuperación genética de animales accidentados o permanentemente enfermos.	-Costo de las receptoras
-Diagnóstico, tratamiento y recuperación de las funciones reproductivas de las hembras con infertilidad de origen no genético.	-Entrenamiento técnico e instalaciones.
-Control y prevención de enfermedades infecciosas.	-Falta de predicción de resultados:
-Importación y Exportación	a) Número de embriones transferidos por vaca.
-Maximizar el uso de semen de alto valor.	b) Número de gestaciones.
-Ayudar a la aclimatación de ciertas razas a distintos medio ambientes.	

(Cuadro de autoría propia basado en Arriaga Valladares, 2010)

La finalidad de la aplicación de esta técnica en los animales domésticos tiene fundamentos de orden genético, comercial, sanitario y de conservación de las especies. Según Gibbons y Cueto 2013, permite lograr los siguientes objetivos:

- Introducir y difundir rápidamente nuevas razas o genotipos de alto valor productivo. Las características deseables son rápidamente introducidas en el hato en una sola generación.
- Reducir riesgos en la transmisión de enfermedades, debido a que en los primeros estadios de su desarrollo, los embriones presentan una protección natural contra los agentes infecciosos. Esta ventaja comparativa ha favorecido el comercio internacional de embriones congelados.
- Difundir material genético de alto valor comercial con facilidad de adaptación ambiental de las crías a diferentes sistemas de producción y manejo.
- Aumentar el progreso genético en la producción, a través del incremento en la intensidad de selección de las madres destinadas a la producción de machos superiores, al disponer de un mayor número de crías por hembra seleccionada.
- Acortar el intervalo generacional. La posibilidad de obtener descendencia de las madres a temprana edad permite una reducción del intervalo generacional, con mayor beneficio cuando se emplea semen de animales jóvenes.
- Apoyar las técnicas reproductivas en las que interviene la micromanipulación de embriones (determinación del sexo, fecundación “in vitro”, clonación, transgénesis, etc.).
- Conservar razas o especies. La conservación de material genético (embriones congelados) en bancos de germoplasma permite la conservación de genes que de otra manera desaparecerían con la especie. (Gibbons y Cueto 2013)

### **SELECCIÓN DE DONADORAS Y RECEPTORAS.**

La elección de las hembras donantes se debe realizar teniendo en cuenta su valor genético y en base a los criterios apropiados de mejoramiento de las aptitudes productivas para cada raza. Las condiciones generales de un buen estado reproductivo, sanitario y nutricional son imprescindibles, tanto para las hembras donantes como para las receptoras de embriones. Se debe realizar el control clínico de los animales, los análisis serológicos de enfermedades infecto contagiosas y los controles parasitarios correspondientes. (Gibbons y Cueto 2013)

Es recomendable que las donantes y receptoras hayan tenido al menos una cría, y se debe considerar un mínimo de 2 meses post parto antes de comenzar los tratamientos hormonales. (Gibbons y Cueto. 2013)

### **a) DONADORAS**

En un programa de OMTE, la elección de las hembras donadoras debe realizarse con base en las características genóticas que expresen el mejor fenotipo de las hembras en un ambiente dado, no obstante, cada ganadero tiene sus propias razones para la selección de sus donantes, las cuales son a menudo más subjetivas que genéticas. En realidad el factor económico deberá ser el más importante en el programa de transferencia embrionaria, y por lo tanto al conseguir resultados óptimos se conseguirán reducir los costos inmediatos, pero subsidiariamente al hacer una buena elección desde el punto de vista genético los costos se reducirán también en el futuro. Por tanto la selección de la vaca donante es un evento crítico del cual depende el éxito del programa. (Arriaga J. 2010)

Los criterios generales para la selección de las donadoras son los siguientes:

1. Estado sanitario de la donante y la explotación.
2. Características genéticas de importancia económica.
3. Ciclos estrales regulares.
4. Sin problemas patológicos, en especial las patologías reproductivas y las asociadas al postparto.
5. Sin enfermedades de transmisión genética
6. Entre 3 y 10 años de edad, dependiendo de la raza y tipo de explotación. (Arriaga J. 2010)

### **b) RECEPTORAS.**

La receptora es el complemento fundamental y determinante para el éxito del programa de transferencia embrionaria. Si la vaca o vaquilla no tiene una condición corporal de 3-4 (escala de 1-5) durante el proceso o está en pérdida de peso, existe alta probabilidad de que no haya éxito. (Britos et al 2020)

Características de la receptora ideal:

1. Si es cruzada, que tenga menos del 75% de encaste cebuino, y que posea cruce con línea lechera, temperamento tranquilo y evidente amplitud pélvica. (Dependerá de las necesidades del productor)
3. Talla media a grande.
4. Que haya parido sin dificultad y destetado la cría de buen tamaño y peso.
5. Joven y libre de enfermedades infectocontagiosas.
7. En franca ganancia diaria de peso. (Britos et al 2020).



## **CONDICIONES SANITARIAS.**

Antes de comenzar este proceso, es importante determinar que el animal donante cumple con todos los requisitos tanto sanitarios como fisiológicos para que la transferencia sea exitosa. Esto en caso de que los embriones sean importados; Siguiendo el Real Decreto 855/1992 del 10 de julio de 1992 (España), se establece que sanitariamente una vaca donante debe proceder de un rebaño:

- Indemne de tuberculosis.
- Indemne de brucelosis.
- Indemne de leucosis enzoótica bovina, o sin casos clínicos en los últimos 3 años.
- Sin casos clínicos de rinotraqueitis infecciosa bovina/vulvovaginitis purulenta infecciosa. (fao.org. Real decreto 855/1992 Anexo B)

Además la condición corporal estará al 3,5/5, la alimentación será adecuada a su rol productivo y no presentará ninguna patología el día de la observación general y el día de la recogida de los embriones, el animal no debe mostrar signos clínicos de ninguna patología. (fao.org. Real decreto 855/1992 Anexo B)

## **REALIDAD NACIONAL.**

En El Salvador la mayoría de las explotaciones lecheras presentan limitaciones en la mejora de la reproducción, presentando bajos índices reproductivos que ocasiona pérdidas económicas a los hatos ganaderos. Índices que son afectados principalmente por factores climáticos (temperatura, ambiente, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento) nivel de tecnificación, económico, genético entre otros. (Ramos y Hernández 2013)

Además, son pocas las ganaderías que manejan altos índices de tecnificación y trabajan con razas de ganado lechero puro, y su esquema de reproducción con IA, y estricto control de registros. La gran mayoría del hato nacional está compuesto por animales encastados y de doble propósito, con un manejo reproductivo basado en la monta natural manteniendo los toros junto con las hembras lo cual también dificulta tener un control y un registro detallado de los parámetros reproductivos y productivos en las ganaderías. (Ramos y Hernández 2013)

Se pueden identificar 3 tipos de ganaderías lecheras en el país; los productores tecnificados, productores no tecnificados, en los cuales se encuentran los productores de subsistencia y los productores de doble propósito. En El Salvador no existe un valor promedio establecido para cada parámetro reproductivo, puesto que para cada tipo de ganadería mencionadas anteriormente, existen un sinnúmero de factores que pueden provocar una variación de en los parámetros reproductivos. Estudios realizados en ganaderías de San Miguel demostraron que existe una

variación en los parámetros reproductivos dependiendo del tipo de clima, temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad del viento, etc. (Claros y Majano, 2010).

Estudios recientes en bovinos mostraron que la eficiencia reproductiva es baja en El Salvador en vacas productoras de leche. Se encontraron dos diferentes situaciones, una en fincas con vacas con alto encaste Holstein donde se reinicia la actividad ovárica muy pronto después del parto pero la concepción se retrasa y otra, en fincas de bajo encaste europeo, en que los periodos de anestro prolongados parecen ser el problema más relevante. Se observó además que en la distribución de las variables reproductivas dentro de una misma finca, existe un grupo importante de vacas con mal desempeño cuyas determinantes no fueron estudiadas (Corea et al, 2008).

Un programa de sincronización de celos, inseminación artificial a tiempo fijo y la transferencia de embriones, puede ser una alternativa para mejorar los parámetros tanto reproductivos como productivos en la ganadería nacional, sobre todo en aquellas no tecnificadas, de subsistencia o doble propósito, teniendo la opción de seleccionar a sus mejores ejemplares, con potencial productivo y aptitud reproductiva deseable, y obtener crías de estos para así mejorar su productividad. (Ramos y Hernández 2013)

### **SINCRONIZACIÓN DE CELO.**

La sincronización de celo consiste en la agrupación de hembras en estro en un periodo corto de 1 a 5 días, favoreciendo el uso de la IA y la transferencia de embriones; así mismo contribuye a la optimización del tiempo, mano de obra y recursos económicos, al tiempo que se incrementa la fertilidad y por ende la producción de leche (Dahlen et al, 2003).

Los métodos para sincronizar se basan principalmente en la modificación de la fase lútea, utilizando para ello, diversos fármacos conteniendo hormonas sintetizadas. Las principales hormonas que se utilizan son:

### **PROGESTÁGENOS.**

Los progestágenos son hormonas esteroides que pueden obtenerse por vía natural (progesterona) o sintética. Su estructura química característica los hace compuestos capaces de ser administradas de forma inyectada, incluidos en implantes de silicón (progesterona norgestomet) en esponjas de liberación intravaginal (acetato de fluorogestona, acetato de medroxiprogesterona) o por vía oral (Allyl trembolona, acetato de melengestrol) En el caso de la progesterona que es producida por el cuerpo lúteo, se presenta en la sangre de forma libre y ligada a

proteínas, y posee componentes de desaparición rápida (2 a 3 minutos), media (10 a 28 minutos) y lenta (54 minutos) (Hafez, 2002)

La progesterona prepara al cerebro para permitir que los estrógenos provoquen un comportamiento estral, suprime la secreción de GnRH y es necesaria para mantener la gestación. Para obtener una función lútea normal subsecuente a la maduración folicular y a la ovulación en respuesta a la aplicación de gonadotropinas o GnRH, es necesario el pretratamiento con progesterona, pues esta se requiere para el adecuado desarrollo de los receptores de LH en los folículos preovulatorios (Stevenson, 2011)

### **PROSTAGLANDINAS.**

Las prostaglandinas son ácidos grasos no saturados derivados de las reservas del ácido araquidónico contenido en los fosfolípidos de las membranas celulares, originadas en muchos tejidos y con gran variedad de funciones. En la vaca la PGF2 $\alpha$  uterina es luteolítica, reduciendo los niveles sanguíneos de estradiol y de LH que son seguidos por la presentación del estro y la ovulación.

Las hembras a las que se les sincroniza el estro con PGF2 por lo regular manifiestan celo los primeros 5 días siguientes a la aplicación de la hormona con porcentaje en novillas del 85-95% y en vacas del 40-60% La fertilidad obtenida cuando se insemina después del estro sincronizado utilizando 25 mg de PGF2 es similar a la lograda con estro natural (Findlay et al, 1992 citado por Ramos y Hernández 2013)

### **ESTRÓGENOS.**

Los principales estrógenos naturales en la vaca son el estradiol y la estrona. Son hormonas esteroidales que tienen como fuentes principales a las células de los folículos maduros y a la placenta en gestación avanzada. Los estrógenos son luteolíticos y se aplican al inicio del tratamiento con progestágenos para inducir o sincronizar celos ocurriendo luteolisis generalmente 5 a 7 días después de su administración (Farias y Menéndez, 1986 citado por Ramos y Hernández 2013).

En programas de sincronización de celo, una dosis generalmente de 1 mg de estradiol se administra 24 horas después de la remoción de un progestágeno. Esto sincroniza un pico de LH aproximadamente 16-18 horas después del tratamiento y la ovulación de 24-32 horas después del pico de LH (Martínez et al., 2005).

## **HORMONA LIBERADORA DE GONADOTROPINA.**

La GnRH es un decapeptido sintetizado y almacenado en el hipotálamo y transportado a la hipófisis mediante el sistema portal hipofisario y desaparece rápidamente de la circulación. La GnRH provoca la liberación de una oleada de LH que induce la ovulación de folículos maduros. Con la aplicación de 25 mg de GnRH se obtienen pulsos plasmáticos de LH similares a los que ocurren de forma natural. Dosis mayores, de 100 a 250 mg o hasta de 0.5 a 1.5 mg producen la liberación de una oleada de GnRH que puede causar la ovulación de folículos maduros en vaca anestricas y la luteinización o atresia de folículos maduros. Ha sido usada también como agente terapéutico siendo efectiva para el tratamiento de quistes foliculares y por su acción luteoprotectora para reducir las pérdidas embrionarias (López, 2009).

## **PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN UTILIZADOS EN EL MANEJO REPRODUCTIVO.**

En ocasiones no es suficiente con cumplir los requerimientos nutricionales o de confort del animal, para que este retorne a su ciclicidad después del parto, si no que requiere una integración de todos los factores de manejo que se realicen en la explotación. (Baruselli et al., 2004)

En la última década la caracterización de la dinámica folicular del bovino ha generado las bases para la manipulación farmacológica del ciclo estral y así lograr la sincronización de la ovulación en un tiempo predecible e inseminación a tiempo fijo, lo que mejoraría la eficiencia reproductiva del hato. Es posible optar por distintos tratamientos de sincronización de celos que van desde los más simples, que utilizan inyecciones periódicas de prostaglandina F<sub>2α</sub>, a los más complejos, que utilizan además GnRH o dispositivos con progesterona. (Baruselli et al., 2004)

Entre los principales protocolos de sincronización de celo se hace mención de los siguientes:

### **PreSynch®**

Está indicado para vacas cíclicas. Es un protocolo de pre-sincronización, en el cual se aplican una o dos inyecciones de PGF<sub>2α</sub> con intervalos de 14 días de diferencia, dando la segunda inyección 12 días antes de la primera inyección de GnRH dentro del protocolo OvSynch® mejora la tasa de concepción al primer servicio comparada con OvSynch® y es una buena estrategia para programar vacas para recibir la primera I.A. en tiempo fijo en el posparto. (Fricke, 2001)

### **OvSynch®**

El protocolo se desarrolló como una estrategia de selección para eliminar la necesidad de detección del Estro. Consiste en la aplicación de una inyección de 100 ug de GnRH al azar durante el ciclo estral para inducir la ovulación del folículo dominante y sincronizar la aparición de una nueva onda folicular. Siete días después, se administra 25 mg de PGF2 $\alpha$  para inducir la luteólisis y se sincroniza la ovulación con una segunda inyección de 100 g de GnRH 48 horas. (Fricke, 2001)

La IA programada se realiza de 12 a 16 horas después de la segunda inyección de GnRH. Este protocolo se ha establecido con éxito en muchas granjas lecheras comerciales como una estrategia para la inseminación artificial en el primer servicio posparto, así como para la re-inseminación de vacas repetidoras. (Fricke, 2001)

### **OvSynch (56)®**

El presente es una modificación del protocolo original, en el que la segunda inyección de GnRH se administra 56 horas posteriores a la PGF2 $\alpha$  realizando la IA 16 horas más tarde, lo cual ha mejorado la tasa de concepción en un 10% comparado con OvSynch® 48 (Accelerated Genetics, 2008).

### **PreSynch–OvSynch®**

Consiste en la administración de dos inyecciones de PGF2 $\alpha$  con 14 días de intervalo como un tratamiento de pre-sincronización para asegurar que la mayoría de las vacas estarán en la fase adecuada del ciclo estral al iniciar el tratamiento OvSynch® (día 5 al 10 del ciclo estral). Con esta modificación se incrementa hasta un 5 a 10% la tasa de concepción en la primera inseminación posparto. (Accelerated Genetics, 2008)

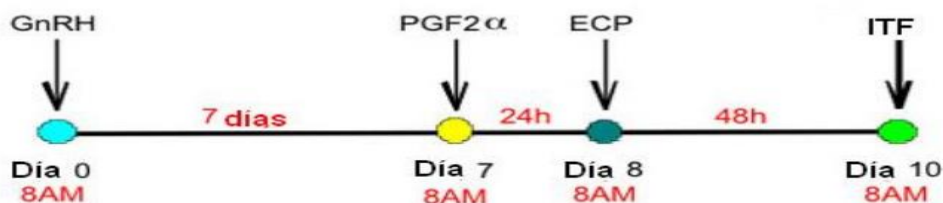
### **HeatSynch®**

Este protocolo fue desarrollado para IA a partir de estudios realizados sobre la efectividad de emplear un estrógeno en lugar de GnRH para inducir la ovulación y facilitar la IA. El cipionato de estradiol provee un prolongado efecto estrogénico y está aceptado para ser usado en vacas lecheras lactantes, con excepción de los Estados Unidos. La administración de un estrógeno en ausencia de progesterona y en presencia de un folículo con capacidad ovulatoria causa la ovulación al estimular la liberación de GnRH desde el hipotálamo, a lo que a su vez causa la oleada preovulatoria en la secreción hipofisaria de LH (Fricke, 2001) El HeatSynch® es una alternativa de OvSynch/PreSynch® en la cual se administra 1.0 mg de cipionato de estradiol (ECP) 24 horas después de la inyección de PGF2 $\alpha$  del OvSynch® para inducir ovulación, en lugar de administrar GnRH 48

horas después de PGF2 $\alpha$ . Se da IA a todas las vacas detectadas en celo 24 horas después de la inyección de ECP para mejorar la respuesta general al protocolo. Las vacas no detectadas en estro a las 24 horas reciben IA a tiempo fijo 48 horas después del ECP (Geary et al, 2001; Fricke, 2001; Stevenson et al, 2004)

En vacas primíparas y multíparas se reportaron tasas de concepción de 43.5 y 30.6% respectivamente para PreSynch, comparadas con 50.7% y 19.45% para HeatSynch, aunque no hubo diferencia entre ambos en la tasa de concepción general (Thatcher et al, 2001) esto indica que el ECP puede ser usado para inducir ovulación para realizar IA en vacas lactantes, pero puede no ser tan efectivo como la GnRH para inducir ovulación en vacas anestrícas. En general el resultado de HeatSynch $\text{\textcircled{R}}$  en desempeño reproductivo es similar a PreSynch $\text{\textcircled{R}}$  pero puede no ser efectivo para sincronizar vacas anovulatorias (Accelerated genetics, 2008). Las tasas de presentación de celo al momento de la IA fueron de 32.8% para PreSynch $\text{\textcircled{R}}$  y 40.4% para HeatSynch $\text{\textcircled{R}}$  y de 26.88% y 6.6% respectivamente para vacas que no mostraron estro al momento de la IATF de acuerdo con estos resultados las tasas de concepción a la primera IA sincronizada serán similares para vacas que reciben ECP o GnRH como la hormona ovulatoria para realizar IA. Una de las ventajas de usar ECP en un protocolo de sincronización es su menor costo comparado con la GnRH. Además las vacas que reciben ECP usualmente exhiben comportamiento estral y tono uterino al momento de la IA. El HeatSynch $\text{\textcircled{R}}$  puede ser considerado como una alternativa al PreSynch $\text{\textcircled{R}}$ , pero puede no trabajar bien en hatos con alto porcentaje de vacas anovulatorias después del periodo voluntario de espera. (Ramos y Hernández, 2013)

### Esquema 1 sincronización de celo con el método HeatSynch $\text{\textcircled{R}}$



(Esquema de sincronización de celo con el método **HeatSynch $\text{\textcircled{R}}$**  Ramos y Hernández 2013)

## **MULTIOVULACIÓN**

El objetivo principal de los tratamientos de superovulación en el ganado bovino es producir un gran número de ovulaciones y obtener el máximo número de embriones transferibles que resulten en una alta probabilidad de preñez. Sin embargo, la respuesta a estos tratamientos es muy variable y difícil de predecir, debido a la influencia de la edad, raza, lactación, estado nutricional, estación del año y fase del ciclo estral en el cual se inicia el tratamiento. (Garzón et al, 2007)

Gibbons, A. y Cueto, M. (2010), reportan que el factor intrínseco de cada animal juega un rol primario en la respuesta al tratamiento de ovulación múltiple. Estudios realizados en vacunos demostraron que solamente el 68% de las hembras respondió con embriones transferibles. El 32% restante incluía a las hembras sin respuesta a la estimulación ovárica, sin recuperación de embriones u ovocitos, o con recuperación de embriones no transferibles. Por consiguiente siempre se debe tener presente que un porcentaje de hembras puede no responder al tratamiento hormonal de ovulación múltiple. (Garzón et al, 2007)

La variabilidad individual a la respuesta hormonal de ovulación múltiple está condicionada por factores extrínsecos (raza, estación sexual, alimentación) e intrínsecos (foliculogénesis). Moor, R. et al. (1984), manifiestan que tanto la tasa ovulatoria como el número de embriones viables producidos son caracteres relativamente inherentes a cada vaca donante. Los animales que tienen una respuesta baja en un tratamiento, responderán en forma similar en los tratamientos subsecuentes y los animales que responden bien inicialmente continuarán haciéndolo en esta forma. (Moor, R. et al.1984)

## **TRATAMIENTOS HORMONALES PARA LA MULTIOVULACIÓN**

Existen varios protocolos de superovulación, estos pueden variar en tiempo, cantidad de dosis y al manejo que se le dan. Al seguir con las indicaciones de los protocolos se debe tener la mayor disposición y responsabilidad, ya que al cometer un simple error se estaría perdiendo todo el tratamiento que se le está suministrando a la vaca (Orellana, J. y Peralta, E. 2007).

## **INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF)**

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), en ganado bovino ha permitido el uso de toros genéticamente superiores para maximizar la calidad de los terneros producidos. El uso de la inseminación artificial ha permitido obtener excelentes

resultados, ya que por medio de diversos protocolos se ha logrado acortar los días abiertos en las vacas, con varias ventajas en la implementación de programas de inseminación a tiempo fijo, dentro de las más destacadas están la mejora genética de la progenie y de capital de importancia, la facilidad de partos evitando distocias. (Yáñez', D.O; López, JC...2018)

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) es una técnica que permite sincronizar celos y ovulaciones de los bovino, mediante la utilización de hormonas, lo cual hace posible inseminar una gran cantidad de animales en un corto periodo de tiempo, permite aumentar significativamente el número de animales inseminados debido a que los protocolos de IATF hacen posible realizar la inseminación artificial sin necesidad de detectar el celo. Los tratamientos que combinan GnRh con PGF y los que utilizan combinaciones de estrógenos y progesteronas han demostrado ser los más efectivos en el control del ciclo estral para la implantación de IATF. (REDVET, 2015).

La Inseminación Artificial a Tiempo Fijo tiene beneficios como:

- Evita la detección de celo, lo cual constituía el principal factor de error y de bajos resultados.
- Reducir el tiempo de inseminación, encierres y gastos de honorarios.
- Acortar el periodo de anestro post-parto.
- Mejorar los resultados en vacas con cría al pie categoría mayoritaria en el rodeo (75-80%).
- Aumentar la proporción de vientres que se preñen temprano.
- Aumentar los kilos de terneros destetados.
- Mejor atención de los partos ya que los mismos se concentran en un periodo más breve.
- Mejor implementación de destetes precoz al lograr lotes de terneros más homogéneos.
- Mejor utilización de los recursos forrajeros.

Factores que afectan los resultados de la IATF

Los factores que afectan los resultados de la IATF se pueden clasificar en inherentes a los animales e inherentes al manejo. (Raso, M 2012.)

Factores Inherentes a los Animales.

- Estado fisiológico de la hembra.

Puede realizarse con un mínimo de 45 días después del parto, tiempo mínimo de involución del útero.

- Estado nutricional de la hembra



Este aspecto es fundamental y es de los que más incidencia tiene en los resultados de la técnica.

- Semen

Es importante destinar una o dos pajuelas para analizar la calidad del semen a emplear

Factores Inherentes al Manejo.

- Instalaciones

Disponer de mangas con cepo y trancas para comodidad, de ser posible un lugar sombreado junto a la manga para el proceso de descongelado y carga del semen.

- Cumplimiento de los tiempos planteados en el protocolo

El tiempo de colocación de fármacos o dispositivos en la vaca.

- Manejo del semen

Respetar los tiempos y temperaturas de descongelado. También influye en eso la capacidad, destreza y prolijidad del inseminador.

(Raso, M 2012.)

## **TRANSFERENCIA DE EMBRIONES IN-VIVO.**

Orellana, J. y Peralta, E. (2007), señalan que la colecta de embriones se hace al día 7 después de la primera I.A. de la vaca donadora, mediante un lavado uterino transcervical. En este momento se puede encontrar embriones en estadios de mórula y blastocisto, estos son más estables que los demás estadios, lo que hace posible que sean transferidos directamente (transferencia en fresco) o que resistan a actividades como la congelación y micromanipulación. El hecho de establecer a nivel mundial que la colecta se debe hacer el día 7 después de la primera I.A., estandariza la valoración y manipulación de los embriones para la comercialización, además facilita la sincronización de las receptoras.

Gibbons, A. y Cueto, M. (2010), señala que la metodología empleada para la obtención de embriones consiste en inyectar un medio líquido para producir una corriente de arrastre (lavado o flushing) a través de los cuernos uterinos.

## RECUPERACIÓN EMBRIONARIA

Colecta de embriones no quirúrgicos Según Reyes, P. (2010), la colecta de embriones no quirúrgicos se basa en el siguiente procedimiento:

- El primer paso en la recuperación no quirúrgica es palpar los ovarios vía rectal y estimar el número de cuerpos lúteos. Es muy difícil acatar el número de cuerpos lúteos, sobre todo cuando la donadora está súper estimulada, ovarios del tamaño de una naranja, el mejor estímulo es más o menos el tamaño de una mandarina o el tamaño de un huevo de gallina, cuando existen 2 a 3 cuerpos lúteos por ovario se pueden palpar y predecir el número de embriones que se puede colectar. (Reyes, P. 2010)

- Las donadoras se recomienda ayunarlas 12 horas antes de la colecta, para evitar, que estén defecando y contaminando mangueras y sondas.

- Es recomendado para este procedimiento, que la cola, el sacro y la zona vulvar, sean lavadas y desinfectadas con yodo-povidona y luego con alcohol al 70% para disminuir el estrés del animal y la presión del esfínter anal sobre el brazo del operador, se aplican de 5 a 7 ml de xilocaína al 2% en el espacio epidural, así como una dosis de tranquilizante de Promacina 10 mg intravenosa, ya que la cola esté flácida. es el momento de empezar.(Reyes, P. 2010)

- El cérvix uterino, está cerrado, se cateteriza con un dilatador cervical metálico atraumático hasta llegar al cuerpo del útero (bifurcación de los cuernos). Se introduce una sonda Foley de calibres (14-16-18) según el tamaño, la edad de donadoras- 14 para novillas.- 16 para vacas o vaquillas y del número 18 hasta el 20 para vacas muy grandes y de cuernos gruesos, el globo del catéter es inflado con 5 a 12 cc de solución salina fisiológica estéril o bien aire, cuando la punta de la sonda, esté a la mitad del cuerno uterino. Algunas veces se encuentra dificultad para pasar el cerviz, sobre todo en novillas de algunas razas. Es necesario hacerlo con todo cuidado y paciencia, es muy importante para no lastimar el cérvix o la mucosa uterina. (Reyes, P. 2010)

Se utiliza una manguera estéril larga que está en circuito cerrado, un extremo penetra en el frasco o bolsa, que contiene el medio para lavado, otro extremo penetra en la sonda Foley y el otro extremo es conectado a un filtro, colector de embriones. La bolsa o frasco, que contiene 1 o 2 litros de medio de colecta, se coloca a una altura de 80 a 100 cm sobre el nivel de la vaca, para que el líquido pueda penetrar por gravedad. (Reyes, P. 2010)

En la palpación del útero, que es aproximadamente una preñez de 35 a 41 días, se da un ligero masaje al cuerno, que contiene el líquido del lavado, para tratar de desprender los embriones, que están en la mucosa uterina, estos van a caer a un

filtro colector y concentrador de embriones, este filtro posee una malla de 70 micras y retiene embriones ya que estos miden de 140 a 160 micras. Una vez terminado de lavar los cuernos uterinos, las donadoras, son inyectadas con una dosis doble de prostaglandina y se repite de 12 a 14 días después. (Ávila, J. 2009)

El objetivo de esto es evitar procesos inflamatorios uterinos o gestacionales múltiples ya que algunos embriones pueden permanecer aún en los oviductos. Se puede aplicar un antibiótico no irritante, como preventivo de alguna contaminación (Ávila, J. 2009)

### **Búsqueda de embriones**

Gibbons, A. y Cueto, M. (2010), señala que el medio de lavado recolectado es vertido en una placa de búsqueda de embriones. La búsqueda se realiza bajo lupa con platina térmica a 38 °C. Se recomienda efectuar siempre una segunda lectura de la placa. A medida que se identifican los embriones, los mismos son aspirados mediante micropipeta y colocados en una caja de Petri con un medio de conservación enriquecido con suero al 20%, resguardo de la luz y a temperatura de laboratorio. Una vez finalizada la búsqueda, se procede a la clasificación de los embriones.

### **Identificación de los embriones**

Rivas, R. y Barceló, M. (2011), manifiestan que el embrión de bovino tiene un diámetro de aproximadamente 160  $\mu\text{m}$  (0.16mm) hasta el día 8 de desarrollo. Por lo tanto, se requiere de un microscopio estereoscópico (aumento de 10x a 40X) para identificar los embriones. La morfología de los embriones de bovino es similar después de la fertilización hasta el día 9 de desarrollo. La zona pelúcida se pierde del blastocisto entre el día 8 y 10. En este periodo existe un gran riesgo de dañarlo por el manejo, además de que son muy adhesivos y se pegan fácilmente a los tubos y a la cristalería. La identificación de los embriones se basa en varias características morfológicas:

- La zona pelúcida es una estructura translúcida presente en todos los embriones hasta el día 9, se distingue fácilmente de otros desechos celulares y es utilizada como referencia.
- El color del embrión (ámbar oscuro) facilita la identificación por que usualmente es más oscuro que otros desechos celulares.
- El embrión es esférico y tiende a moverse en el fondo de la superficie del plato.
- El conocimiento del estadio del embrión facilita su identificación.

## Metodología:

### **METODOLOGÍA DE CAMPO.**

Localización: El ensayo de sincronización de celo, multiovulación y transferencia de embriones se realizó de Noviembre de 2021 a 8 de Febrero de 2022, en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Ubicado en Carretera del Litoral, San Luis Talpa, La Paz, El Salvador.

La duración del ensayo fue de 4 meses comprendidos desde el 16 de noviembre de 2021 al 8 de febrero del 2022 y se realizó en 5 etapas:

1. Selección de 1 vaca donadora y 5 vacas receptoras del rebaño en ordeño.
2. Revisión de registros reproductivos y diagnóstico de gestación mediante palpación rectal a los ejemplares seleccionados.
3. Sincronización de celo y multiovulación mediante protocolo **HeatSynch®**
4. IATF a la hembra donante.
5. Lavado uterino y colecta de embriones para transferencia in vivo.

### **Primera etapa: Selección de Donadora y Receptoras.**

En base a la teoría, (Arriaga J. 2010) se recomienda emplear 5 hembras receptoras de embriones por cada donadora; se seleccionó de entre el ganado en ordeño un grupo de 6 vacas en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (EEP).

### **Segunda etapa: Revisión de registros de producción.**

Mediante revisión de los registros de producción de cada una, se seleccionó a la donante de óvulos cuyas características físicas y reproductivas fueron las más cercanas a lo indicado en la teoría; al igual que las 5 hembras receptoras, de características muy deseables y similares a la donadora, los cuales se detallan a continuación:

## Cuadro 2; Donante de Óvulos y Receptoras.

NOMBRE	Pachita	Sinaloa	Gaviota	Piraña	Cumbia	Clarinera
FECHA NAC.	21 /07/2013	02/03/2011		22/03/2018	03/05/2017	28/11/2019
ESTATUS REPRODUCTIVO	Múltipara	múltipara	Primípara	Primípara	Primípara	Primípara
ULTIMO PARTO	Diciembre 2020	30/10/2020	28/04/2021	27/03/2021	23/04/2021	22/06/2021
ESTADO	No gestante a la fecha	No gestante a la fecha	No gestante a la fecha	No gestante a la fecha	No gestante a la fecha	No gestante a la fecha, con cría al pie.
DIAGNOSTICO	Palpación rectal	Palpación rectal	Palpación rectal	Palpación rectal	Palpación rectal	Palpación rectal
CARÁCTERISTICAS	Buena madre, aptitud productiva, dócil y manejable	Buena madre, aptitud productiva, dócil y manejable.	Buena madre, aptitud productiva, manejable.	Buena madre, aptitud productiva, manejable.	Buena madre, aptitud productiva, manejable.	Buena madre, aptitud productiva. De manejo precavido.
OBSERVACIONES	Sin reporte de distocias ni retención placentaria. Condición corporal 3.5, ubre bien desarrollada 4 cuartos funcionales. <b>DONANTE DE OVULOS.</b>	Sin reporte de distocias ni retención placentaria. Condición corporal 3.5, ubre bien desarrollada 4 cuartos funcionales. <b>RECEPTORA.</b>	Sin reporte de distocias ni retención placentaria. Condición corporal 3.5, ubre bien desarrollada 4 cuartos funcionales. <b>RECEPTORA.</b>	Sin reporte de distocias ni retención placentaria. Condición corporal 3.5, ubre bien desarrollada 4 cuartos funcionales. <b>RECEPTORA.</b>	Sin reporte de distocias ni retención placentaria. Condición corporal 3.5, ubre bien desarrollada 4 cuartos funcionales. Complejión robusta. <b>RECEPTORA.</b>	Sin reporte de distocias ni retención placentaria. Condición corporal 3.5, ubre bien desarrollada 4 cuartos funcionales. Complejión esbelta. <b>RECEPTORA.</b>

(Cuadro 2, donante de óvulos y receptoras seleccionadas para el ensayo de OMTE, año 2021-2022. Autoría propia)

Las ejemplares fueron seleccionados el día 16 de noviembre del año 2021, desde el momento que fueron seleccionadas para el ensayo, se separaron del rebaño en ordeño, crías y posible contacto con machos, todo esto con la finalidad de mantenerlas en observación y prepararlas para la sincronización de celo.

### Tercera etapa: Protocolo de sincronización de celo.

Tanto la hembra donante como las receptoras se sometieron al protocolo de sincronización de celo HeatSynch®, el cual es idóneo para aplicar IA ya que incluye el uso de un estrógeno, en lugar de GnRH para inducir la ovulación lo cual se encuentra detallado en el marco teórico. Además de ser un protocolo cuyos hormonales están disponibles en venta libre para su aplicación.

La sincronización se inició el día 21 de enero del 2022, (día 0) con la aplicación de GESTAR OVER (Acetato de buserelina) tanto a la donante como a las 5 receptoras, que es una hormona sintética liberadora de gonadotropinas, análoga a la GnRH y que estimula a la hipófisis anterior a producir LH y FSH. Junto a esto se administró por vía intramuscular

El segundo periodo de la sincronización del celo se realizó el día 28 de enero, (día 7) con la aplicación de un análogo sintético de la prostaglandina PGF2 alfa, PROSTAL; la cual permite la regresión de cuerpo lúteo, haciendo que se sincronice el estro en los bovinos.

El día 8, se aplica una dosis de ESTRADIOL, en la hembra que será la donadora de óvulos, 24 horas después de aplicada una prostaglandina, para inducir la ovulación, y el día 9 se aplica una dosis de GnRH (GESTAR) 48 horas después de la PGF2 alfa. (Prostal) para mejorar la respuesta al protocolo, lograr que la vaca donante desarrolle más de un folículo y obtener la maduración y ovulación de más de un folículo.

El protocolo de sincronización de celo y la multiovulación elegido para el ensayo, fue el HeatSynch®, utilizando los productos hormonales de laboratorios OVER; siendo asesoradas para su utilización por la MVZ. Dra. Nargis Martínez, encargada del área reproductiva de Genética de El Salvador.

#### **Cuarta etapa: Inseminación artificial a tiempo fijo.**

La IATF fue programada para el día 10 y 11 del protocolo, 24 horas después de la última aplicación de GnRH en la vaca donante. La principal y más importante observación es que el grupo de vacas seleccionadas como receptoras manifestaron comportamiento de celo desde el día 9 del protocolo. El semen fue adquirido en el Ministerio de Agricultura y Ganadería plantel el Matazano, el mismo día de la inseminación. Siendo seleccionado de un macho de encaste Holstein y Brahman, denominado Nerolando, llamado Batman. La hembra donante, manifestaba comportamiento físico de estro sin embargo durante la primera sesión de inseminación, tenía poca dilatación cervical, mas no así en la segunda sesión.

#### **Quinta etapa: Colecta y transferencia.**

Esta fase del ensayo se llevó a cabo 8 días después de realizada la IA, en fecha Martes 8 de febrero del 2022, se realizó la recolección de posibles embriones a través de lavado uterino.

Se debe aclarar, que la recuperación implementada en el ensayo, es lo más parecido posible a la descrita en la teoría descrita por **Restrepo G. 2008**, que sugiere el uso de la sonda Foley, vía transcervical pues hubo que adaptarlo a los recursos y materiales que se tenían a disposición.

**Cuadro 3.** Materiales usados para la colecta son los siguientes:

2 Catéter Foley #22	5 Frascos Estériles de boca ancha 500ml
1 Solución Salina 9% 1000 ml	10 Pajuelas estériles para IA
6 Jeringas 60ml	1 rollo Papel toalla
10 Jeringas 10ml	1 Lámpara UV para esterilización
25 Jeringas 3ml	6 pares Guantes estériles
25 Jeringas 1ml	6 pares Guantes de látex
1 frasco de 20 ml Lidocaína 2%	4 pares Guantes para palpación rectal
1 frasco 240 ml Jabón de Clorhexidina	1 Estereoscopio
Caja Petri plásticas (estándar/pequeña)	Agua potable
1 Colador plástico fino	1 Calentador para atemperar soluciones
1 Termómetro digital	Materiales de limpieza desechables

*(Varios de los materiales utilizados, fueron esterilizados con calor, utilizando una olla de presión y agua, durante 15 minutos, un par de horas antes de su uso y guardados en bolsas herméticas; otros fueron esterilizados con lámpara de Luz UV, cuadro de autoría propia.)*

Los pasos realizados para la recuperación de embriones mediante lavado uterino, basándose en la técnica descrita por Restrepo G. 2008, se describen a continuación:

- Previo a la colecta mediante el lavado, se colocó y ordenó en un área limpia todo el material a utilizar, junto con el estereoscopio, el cual fue proporcionado por el Departamento de Medicina Veterinaria de nuestra Facultad.
- Correcta sujeción física y manejo de la hembra donante.
- Tricotomía la zona lumbar a la altura del espacio intervertebral entre la última vértebra sacra y la primera coccígea para así realizar el bloqueo epidural caudal instilando de 2-5 ml de Lidocaína al 2%, utilizando una aguja 25Gx1". Se nota que es efectivo cuando la cola se vuelve flácida.
- Vaciar completamente de heces la ampolla rectal.

- Limpieza y desinfección total de la zona perianal y perivulvar, labios vulvares y cola con agua limpia y jabón de clorhexidina. Mientras la asepsia de la zona de trabajo se realizaba, se llevó a la temperatura adecuada la solución fisiológica, colocándola al baño maría hasta llegar a los 37 °C. Se debe monitorear la temperatura de la solución con la ayuda de un termómetro digital.
- Se coloca el fiador de la pistola de inseminación dentro de la sonda Foley para darle firmeza, el procedimiento para introducirla es similar al de la IA. Cabe mencionar que no había dilatación cervical adecuada en la hembra donante por lo que se aplicó una dosis de 2 ml de prostaglandina IM, esperando un tiempo de 45 minutos para volver a introducir la sonda.
- Nuevamente se introdujo la sonda Foley con el fiador por vía vaginal, logrando traspasar los anillos cervicales con menor resistencia y colocarla primero dentro del cuerno uterino derecho. En este paso, y ya dentro del cuerno, se insufla el balón de la sonda con la ayuda de una jeringa de 10 ml.
- Luego preparamos la solución, en esta ocasión en ausencia de tubos o manguera para conectar y hacer un doble flujo, una entrada y salida, se utilizaron jeringas de 60 ml para introducir un total de 500 ml de solución fisiológica normal atemperado a 37°C hasta el cuerno uterino, el operador realiza un leve masaje y luego se le da paso de salida del líquido de colecta que debe caer por gravedad hacia el filtro y recipientes estériles de boca ancha.
- Se utilizó un colador plástico fino normal, para filtrar de restos de tejido el líquido de recolección.
- El líquido colectado fue llevado a la zona de trabajo, colocando en un recipiente con agua a 37°C para mantener la temperatura. Mientras se repite el procedimiento para hacer el lavado en el cuerno uterino izquierdo.

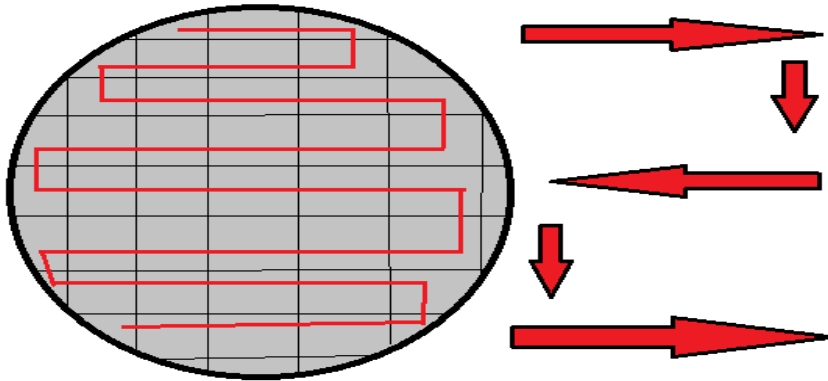
\*Debido a la inexperiencia técnica a la hora de la colecta del líquido se produjo contaminación con heces; desde este punto, de haber encontrado embriones viables, no serían adecuados para transferencia debido a la contaminación.

#### **Observación al estereoscopio:**

Debido a la contaminación del líquido filtrado, la muestra ya no sería utilizada para la transferencia, pero siempre se realizó la visualización para determinar si el ensayo fue productivo. Se utilizaron cajas petri estériles, cuadrículadas a 1x1 cm cada cuadro para facilitar la búsqueda de embriones. Se tomaban set de 5 ml del fluido con jeringa, colocándolos en la placa y observando al estereoscopio de izquierda a derecha y retornando.



**Esquema 2.** Visualización del fluido obtenido del lavado uterino.



*(Esquema ejemplifica la forma en la que se debe observar el líquido colectado en la placa Petri cuadrículada, de izquierda a derecha y retornando hasta visualizar todo el contenido, esquema de autoría propia)*

Se revisó el 80% del líquido colectado, sin embargo no se logró visualizar ningún embrión o estructuras similares. Por lo cual se dio por terminado el ensayo y cada una de las hembras involucradas retornó a su rebaño habitual.

## Conclusiones:

Tras la revisión bibliográfica detallada que se ha realizado y debido a que uno de los objetivos planteados es “Determinar la aplicabilidad de un protocolo de OMTE a nivel de campo, considerando la disponibilidad de recursos y el potencial productivo de los ejemplares de ganado bovino local”: en el ensayo de sincronización de celo, multiovulación y transferencia de embriones realizado podemos concluir que:

-Los registros de producción en una ganadería son importantes para la selección de potenciales candidatas para someterse a un protocolo de transferencia embrionaria, la edad, condición corporal, aptitud productiva y reproductiva son vitales para escoger a los mejores ejemplares, aquellos cuyas características sean las deseadas para mejorar el hato.

-La correcta elección del protocolo de sincronización a utilizar en el hato a trabajar, depende de las condiciones, medios e instrumentos que los productores tengan o puedan optar para la correcta realización de todo el procedimiento.

‘-Al haber trabajado con un número pequeño de animales para el proceder de este ensayo, los porcentajes de éxito del mismo pudiesen haber sido mermados siendo el caso de no haber encontrado embriones, todo esto junto a la falla de técnica aplicada en el mismo.

-La edad, condición corporal, estatus reproductivo, medio ambiente y nutrición son factores que afectan la respuesta a los protocolos de sincronización y multiovulación.

-En nuestros medios por la falta de ciertos implementos técnicos (materiales estériles específicos y la solución de conservación embrionaria) se dificulta la realización y efectividad del procedimiento de transferencia embrionaria.

-Se necesita de una buena experiencia práctica en el área de palpación rectal para mejorar y facilitar el manejo de la sonda y el lavado de los posibles embriones a colectar.

-Son pocos los documentos técnicos que existen adaptados a nuestros medios, por lo cual es difícil poder acoplarlos a los recursos disponibles; esto para el ámbito pecuario es un factor limitante para tratar de implementar este método reproductivo en explotaciones pequeñas o medianas en el país.

-Con un mejoramiento del personal, capacitaciones detalladas y prácticas constantes es posible que este ensayo pueda ser duplicado a futuro con mejores resultados, para así poder obtener embriones para su transferencia in-vivo y poder

aplicarlas de manera rutinaria dentro del protocolo reproductivo de la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador o en toda aquella explotación ganadera que desee innovar en su hato productivo.

-El curso de especialización Diplomado en reproducción animal de especies mayores y menores, se convirtió en una de las alternativas favorables que surgieron a raíz de la pandemia del Covid 19 en el año 2020, para quienes por diferentes circunstancias no fue posible continuar con el trabajo de fin de grado en formato TESIS, incursionando con esto, en la especialidad en reproducción animal, área de suma vitalidad en el ámbito pecuario productivo como en animales de compañía. Por tal motivo, estas modalidades deberían mantenerse permanentemente ya que brinda la oportunidad de profundizar en determinadas áreas de la medicina veterinaria y la zootecnia.

## Recomendaciones:

-Al duplicar el presente ensayo sobre multiovulación y transferencia embrionaria en bovinos, puede utilizarse un protocolo diferente de sincronización de celos, dependiendo de la disponibilidad económica y otros recursos necesarios para tal fin, entre estos la selección de donante y receptoras, fármacos hormonales y personal capacitado.

-Es recomendable incluir un mayor número de animales, aumentando así las posibilidades de obtener embriones transferibles y el mayor número de estos, y de igual manera la posibilidad de preñez en las hembras receptoras, siempre respetando la disposición de 1:5, es decir una Donante para cada 5 receptoras como lo establece la teoría.

-Contar con financiamiento para poder costear los gastos de materiales, transporte, nutrición adecuada de las donadoras-receptoras y todos aquellos implementos que pudiesen facilitar y/o garantizar la correcta realización de las técnicas para multiovular y transferir embriones en hembras bovinas.

-Dado que en la Estación Experimental y de Prácticas, aún se implementa en su mayoría de tiempo la Monta natural como método de reproducción de los bovinos, no es posible aprovechar en un 100% los beneficios que el uso de registros brinda a las ganaderías, por tanto una de las recomendaciones aplicables directamente a la estación experimental y de prácticas, es implementar métodos de reproducción controlada, como lo es la sincronización de celos e inseminación artificial, beneficiando tanto a los estudiantes que pueden adquirir y mejorar sus destrezas en la práctica, como a la productividad de los bovinos del lugar.

-En futuros cursos de especialización, incluir más trabajo práctico que teórico, motivar al estudiante a involucrarse activamente en el trabajo de campo, para que desarrolle mejores habilidades ya que la capacitación previa en la implementación de estas técnicas es de vital importancia para su correcta ejecución, tal que a futuro pueda aplicarse como un método de reproducción viable no solo en la Estación experimental y de Prácticas, sino también en otras ganaderías.

## Referencias:

Aldana Sánchez, B. y Pinilla Quiroga, L. 2021. Técnicas de biotecnología reproductiva para obtención de embriones bovinos. [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/35268>

Ávila GJ, Bailon BA. 2009. Transferencia de embriones.- Memoria del Curso teórico práctico sobre Transferencia de embriones en ganado bovino. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional Autónoma de México. Enero 29-31, 2009. México DF.

ABS., A.I. Management Manual./ 5ta Ed./ Volume 2./ Wisconsin., Estados Unidos./ 2006./Pp 12 – 15.

Barrera, J A. 14 Febrero 2005. El Diario de Hoy. Consultado: 11/10/2021. Disponible en: <http://archivo.elsalvador.com/noticias/2005/02/14/negocios/neg8.asp>.

Baruselli, P.S; Reis, E.L; Marques, M.O; Nasser, L.F; Bó, G.A. 2004. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates, Animal Reproduction Science, Volumes 82–83, Pages 479-486, ISSN 0378-4320, <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.025>.

Bolívar PA, Maldonado-Estrada JG. Proliferación de esquemas de superovulación y sincronización en la transferencia de embriones en bovinos: ¿terapéutica basada en la evidencia o falta de racionalidad? Rev Colomb Cienc Pecu 2008; 21: 436-450.

Britos Cano, A; Acosta, TJ; Román Alvarez, RD; Gimenez Ferreira, FD; Domínguez, RA. 2020. Manual de transferencia de embriones. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Canindeyu, Paraguay. Consultado: 20/01/2022. Disponible en: [https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload\\_editores/u454/Manual\\_de\\_transferencia\\_de\\_embriones.pdf](https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload_editores/u454/Manual_de_transferencia_de_embriones.pdf)

Claros H. M., Majano D. 2010. Efecto del índice temperatura-humedad (ITH) sobre el rendimiento reproductivo en vacas lecheras manejadas en el oriente de El Salvador. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador. Facultad Multidisciplinaria Oriental. 42-46 p.

Colazo MG, Mapletoft RJ. Fisiología del Ciclo Estral Bovino. Rev Ciencias Vet [Internet]. 2014;16(2):31–46. Available from: <http://170.210.120.129/index.php/veterinaria/article/viewFile/1702/1689>

Colazo MG. y Mapletoft RS. 2014. Fisiología del ciclo estral bovino. Revista ciencias veterinarias. ISSN 1515-1838. Vol 16, N°2. P. 31 -46.

Corea Guillén, E.E; Alvarado Panameño, J.F; Leyton Barrientos, L.V; Efecto del cambio en la condición corporal, raza y número de partos en el desempeño reproductivo de las vacas lecheras. Agronomía Mesoamericana [en línea] Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. Consultado: 10/01/2022 Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711425010>

Cool Loor, J. P.; & Macias Andrade, J. I. 2017. Evaluación de benzoato de estradiol y cipionato de estradiol en vacas cebuinas receptoras de embriones sobre los parámetros reproductivos. Tesis de pregrado. Escuela superior Politecnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Sede Calceta. Consultado: 09/12/2021.

Decreto Oficial n° 219. D.O n°182. Tomo n° 224. 1984. LEY DE FOMENTO Y DESARROLLO GANADERO. Diario Oficial. El Salvador. 28 Sep de 1984.

Delgado Mendez AF. 2020. Evaluación de la sincronización de celo en vacas y vaconas Brahman en la hacienda Don Manuel /Tesis para obtener el título de Médico Veterinario y Zootecnista/ Guayaquil, Ecuador/ Ecuador/ pág. 23-25.

Esquerdo Ferreira, J. Bourg de Mello, MR. Moreira Alves, PA. Costa Mello, RR. Barbosa Palhano, H. 2014. Effect of follicular wave synchronization on superovulatory response of Girolando embryo donors. Revista Brasileira de Zootecnia. Sociedade Brasileira de Zootecnia. ISSN 1806-9290.

Fricke, P.M., Guenther, J.N., Wiltbank, M.C. 1998. Efficacy of decreasing the dose of GnRH used in a protocol for synchronization of ovulation and timed AI in lactating dairy cows. Theriogenology 50: 1275-1284

Fricke, P.M. 2001./ Ovsynch, Pre-synch, the Kitchen-Synch: What's up with synchronization protocols?/ Department of Dairy Science,/ University of Wisconsin-Madison,/ University of Wisconsin-Extension. J. Anim. Sci. 79:1221-1224

Garzón, N; Urrego, R; Giraldo, C. 2007 Algunos factores que afectan los tratamientos de superovulación en la transferencia de embriones bovinos. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, vol. 2, núm. 2, julio-diciembre, 2007, pp. 68-77 Universidad CES Medellín, Colombia.

Gibbons, A; Cueto, M. 2010. Manual de transferencia de embriones en ovinos y caprinos. INTA EEA Bariloche. Argentina, Centro Regional Patagonia Norte., Edit. Sitio Argentino de Producción Animal./Patagonia., Argentina.

Guerra, R.; Solis, A.; Sandoya, G.; de Armas, R. 2012. Evaluación de tres protocolos de criopreservación de embriones bovinos obtenidos in vivo e in vitro REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 13, núm. 10. Veterinaria Organización Málaga, España.

Guerrero García AR. 2017. Guía práctica para la aplicación de anestesia local en rumiantes. (Documento de docencia N° 22). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. Consultado: 7/01/2022. Disponible en: <https://doi.org/10.16925/greylit.2258>

Hafez, B. 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7a ed. Ed. McGraw – Hill Interamericana. México, DF. p. 164 – 167.

Hernández Cerón J. 2020. Fisiología Clínica de la Reproducción Bovina. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

López E., 2009. La Hormona Liberadora de Gonadotropinas (Gnrh) y su Papel en la Reproducción Bovina. Monografía Profesional, Requisito para Obtener el Título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz. PP.13

Martínez, W. 21 Agosto 2002. El Diario de Hoy. Consultado: 19/07/2022. Disponible en: <http://archivo.elsalvador.com/noticias/EDICIONESANTERIORES/agosto20/NACIONAL/nacio9.html>

Mapletoft, R.J, Martinez, M.F, Colazo, M.G, Kastelic, J.P. 2003. The Use of Controlled Internal Drug Release Devices for the Regulation of Bovine Reproduction. Journal Animal Sciences, 81(E. Suppl. 2): P. 28–36.

Medrano, J. Evangelista, S. Sandoval, R. Ruiz L. Delgado A. Santiani, A. 2013. Aplicación de la técnica no quirúrgica de transferencia de embriones bovinos en un establo de la Cuenca lechera de Lima. Clínica de Animales Mayores, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

Meza, G. 2017. Protocolos de sincronización del estro y ovulación en bovinos en Colombia. [Monografía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/23128>

Mogollón-Waltero EM, Burla-Dias AJ. 2013. Superovulación de hembras bovinas: alternativas para reducir el número de inyecciones de fsh. Laboratorio de Reproducción y Mejoramiento Genético Animal, , Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Brasil.

Motta Delgado, PA; Ramirez Yasnó, NM; Ramos Cuellar, N; Valencia Hernández, AF; Perdomo Tovar, W. 2011. Respuesta superovulatoria en número y calidad embrionaria de vacas y novillas Gyr lechero en clima cálido húmedo REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 12, núm. 10, Octubre, 2011, pp. 1-14 Veterinaria Organización Málaga, España.

Orellana, J; Peralta, E. 2007. Manual de procedimientos para el laboratorio de transferencia de embriones en bovinos de la empresa Genetic Resources International & Sexing Technologies. Proyecto Especial Ingeniero Agrónomo. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 42 p

Oyuela, LA.. Jiménez, C. 2010. Factores que afectan la tasa de preñez en programas de transferencia de embriones. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Rev. Med. Vet. Zoot. 2010. 57:191-200. Consultado: 21/01/2022. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmvz/v57n3/v57n3a04.pdf>

Ponce Palau, N. 2015. Transferencia de embriones en ganado bovino. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria. Universidad Cardenal Herrera. Alfara del Patriarca, España.

Ramos R. C. M., Rivera H. F. G. 2013. Evaluación de un programa de sincronización e inducción de celos utilizando prostaglandina, gnRH y estradiol; considerando los factores que afectan el desempeño reproductivo en vacas lecheras. Tesis. Lic. MVZ. San Salvador, SV. El Salvador. Universidad de El Salvador.

Raso, M. 2012. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_ganaderia46\\_inseminacion\\_ovina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia46_inseminacion_ovina.pdf)

Restrepo G. 2008. Biotecnologías Reproductivas aplicables a la producción bovina en Colombia [Internet]. Medellín: Libro y arte. p. 1–140. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC010451/>

Revista Electrónica de Veterinaria (REDVET), 2015. Evaluación de dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) con inductores de ovulación (benzoato de estradiol y cirio ato de estradiol) en vacas raza criollo chaqueteo en



el departamento del Caqueta. Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/pdf/636/63641785003.pdf>

Ríos Yabur, J.P. 2018. Análisis costo-beneficio comparando inseminación artificial a tiempo fijo con inseminación artificial convencional en Hacienda Surrambay, Colombia. Tesina. Ing en Administración de Agronegocios en el Grado Académico de Licenciatura. Carrera de Administración de Agronegocios. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Soria Parra ME; Soria Parra, CA; Argudo Garzón, D; Serpa García, G; Méndez Álvarez, S; Torres Inga, C; Guevara Viera, GE. 2017. Superovulación con sincronización de la onda folicular y con celo natural en vacas Holstein. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, Campus Yanuncay, Cuenca, Ecuador. Consultado: 09/12/2021. Disponible en:  
<http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v29n1/rpa08117.pdf>

Stevenson, J. 2011. ¿Presincronizar o no Presincronizar? Inseminación Artificial. Hoard 's Dairyman en español. Julio 2011. Año 17. N° 198: 433-434

Stevenson, J. 2013. Los programas de sincronización mejorados aumentan las tasas de preñez. Inseminación Artificial. Hoard 's Dairyman en español. Febrero 2013. Año 19. N° 218

Stringfellow, D. A., Seidel, S. M., & International Embryo Transfer Society. 1990. Manual de la Sociedad Internacional de Transferencia de Embriones: Guía de procedimientos e información general para el uso de la tecnología de transferencia de embriones con énfasis en los procedimientos sanitarios. Champaign: Sociedad Internacional de Transferencia de Embriones. Consultado: 20/01/2022. Disponible en: [http://www.reprobiotec.com/libro\\_rojo/capitulo\\_16\\_iets.pdf](http://www.reprobiotec.com/libro_rojo/capitulo_16_iets.pdf)

Thatcher, W.W; Moreira, F; Santos, J.E.P; Mattos,R.C; Lopes, F.L; Pancarci, S.M; Risco, C.A, 2001, Effects of hormonal treatments on reproductive performance and embryo production, Theriogenology, Volume 55, Issue 1, Pages 75-89, ISSN 0093-691X, [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00447-7](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00447-7).

Yanéz Avalos, D.O; López Parra, J.C; Moyano Tapia, J.C; Quinteros Pozo, R.O; Marini, P.R. 2018. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en Vacas con Proestro Prolongado de 60 y 72 horas. Disponible en:  
[http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v29n02\\_363.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v29n02_363.pdf)

Zárate Guevara, OE; Cisneros Prado, JL; Canseco Sedano, R; Montiel Palacios, F; Carrasco García, AA. 2018. Transferencia de embriones bovinos criopreservados: Efecto de la blastocentesis. Universidad Veracruzana, México. ISSN-e 1405-3195, Vol. 52, N°. Extra 1.