



**“Evaluación de la respuesta de dos protocolos de sincronización  
de celo para, receptoras de embriones bovinos en razas mestizas de  
leche”**

Pallasco Oña, Nelly Margoth

Departamento de Ciencias de la Vida y Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniería  
Agropecuaria

Dr. Gómez Mendoza, Gelacio Antonio

23 de Agosto del 2021



## Document Information

---

Analyzed document	Pallasco_Nelly_Perfil_Tesis_Evaluacion_dos_protocolos_de_sincronización.docx (D111435084)
Submitted	8/18/2021 8:22:00 PM
Submitted by	Guamán Guamán Rocío Noemí
Submitter email	rnguaman@espe.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	rnguaman.espe@analysis.arkund.com

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**GELACIO ANTONIO  
GOMEZ MENDOZA**

.....  
**GÓMEZ MENDOZA, GELACIO ANTONIO**  
**DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE DOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELO PARA, RECEPTORAS DE EMBRIONES BOVINOS EN RAZAS MESTIZAS DE LECHE”** fue realizado por el/los señor/señores **PALLASCO OÑA, NELLY MARGOTH** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 23 de Agosto 2021

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**GELACIO ANTONIO**  
**GOMEZ MENDOZA**

.....  
**GÓMEZ MENDOZA, GELACIO ANTONIO**  
**DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo/nosotros, **PALLASCO OÑA, NELLY MARGOTH**, con cédula/cedulas de ciudadanía n° 2300209604, declaro/declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE DOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELO PARA, RECEPTORAS DE EMBRIONES BOVINOS EN RAZAS MESTIZAS DE LECHE”** es de mi/nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 23 de Agosto 2021

Firma

**PALLASCO OÑA, NELLY MARGOTH**  
C.C.: 2300209604



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo/ nosotros **PALLASCO OÑA, NELLY MARGOTH** con cédula/cédulas de ciudadanía n° 2300209604, autorizo/autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Título: "EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE DOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELO PARA, RECEPTORAS DE EMBRIONES BOVINOS EN RAZAS MESTIZAS DE LECHE"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 23 de Agosto 2021

Firma

**PALLASCO OÑA, NELLY MARGOTH**

C.C.: 2300209604

## **Dedicatoria**

A Dios por darme la bendición para continuar en este trayecto, que a pesar de cada obstáculo, me brinda la fuerza y fe necesaria para cumplir mi meta.

A mis padres Nicolas y María, y mis hermanos Luis, Mary, Martha, Freddy, Marcia y Wilmer quienes me brindaron todo el apoyo necesario, me enseñaron que a pesar de los errores que cometemos, la familia siempre estará unida para apoyarse mutuamente.

A mis ángeles en el cielo, mis abuelitos José y Victoria, mi hermano Antonio los cuales siempre recuerdo con amor y nostalgia.

A Stalin Muñiz, mi compañero de vida que me alienta a seguir adelante con paciencia y amor.

Y por último a mi Chester y Wendy, mis mascotas que me acompañaron en cada velada cuando realizaba mis tareas.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE, a sus docentes, y personal que formaron parte importante en mi vida académica.

A la empresa Servicios Agrícolas – Relev, Hacienda San Antonio al propietario Ing. Jorge Reyes, por darme la oportunidad de plasmar mí proyecto de grado, y a su vez por confiar en mis capacidades laborales. Al personal técnico, personal de campo, a mis señoras Lupita, Leo y Betty, a todas aquellas personas que forman parte de la Hacienda San Antonio, por hacer mi estadía amena en todos estos años de trabajo como pasante y tesista, la cual considero un segundo hogar, por su calidez y buena voluntad.

Al Dr. Gelacio Gómez, mi tutor responsable de guiarme en todo momento con mi proyecto de investigación.

A la Dra. Diana Granda, Ing. Gabriela Matamoros, quienes me apoyaron, e impartieron sus conocimientos conmigo en el momento adecuado.

A mis amigas Rocío, Joselyn y Anita que estuvieron pendientes de mí, dándome consejos y apoyándome.

A mis compañeros de universidad por siempre darme ánimos y ser las piezas claves en mi vida estudiantil.

## Índice de contenido

Carátula.....	1
Análisis Urkund .....	2
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimientos.....	7
Índice de contenido .....	8
Índice de figuras .....	14
Índice de tablas .....	15
Resumen.....	16
Abstract .....	17
I. Tema .....	18
II. Antecedentes.....	18
2.1. Justificación.....	18
2.2. Planteamiento del problema.....	19
III. Revisión de literatura.....	21
3.1. Selección animales.....	21
3.1.1. Raza .....	21



3.1.2.	Edad del Bovino para Servicios .....	21
3.1.3.	Estado Nutricional de los Animales.....	22
3.1.4.	Estado Sanitario de los Animales .....	22
3.2.	Ciclo estral.....	22
3.2.1.	Fase Folicular .....	22
3.2.2.	Fase Peri Ovulatoria .....	23
3.2.3.	Fase Lútea o Diestro.....	23
3.3.	Procesos de regulación de hormonas en el hipotálamo. ....	24
3.4.	Condición ovárica .....	25
3.4.1.	Clasificación de los Ovocitos .....	26
3.4.2.	Fases de la Ovogénesis .....	26
3.4.3.	Maduración de los Ovocitos.....	27
3.4.4.	Anexos Embrionarios.....	28
3.4.5.	Foliculogénesis .....	29
3.5.	Condiciones del cuerpo lúteo .....	30
3.6.	Respuesta del celo .....	31
3.7.	Causas tratamientos de la infertilidad en las vacas.....	31
3.7.1.	Genética .....	31
3.7.2.	Estrés Calórico.....	32
3.7.3.	Estrés Oxidativo.....	32

3.8.	Hormonas utilizadas en el ciclo de reproducción.....	33
3.8.1.	Prostaglandina.....	33
3.8.2.	Estradiol.....	33
3.8.3.	Progestágenos.....	33
3.8.4.	GnRH.....	33
3.9.	Transferencia de embriones.....	34
3.9.1.	Ventajas de la Transferencia de Embriones.....	34
3.9.2.	Desventajas de la Transferencia de Embriones.....	35
3.10.	Calidad del embrión.....	35
3.11.	Evaluación morfológica del embrión.....	36
3.12.	Uso de anestésicos durante la transferencia.....	36
3.13.	Hembras receptoras.....	37
3.14.	Preñez en bovinas receptoras.....	37
3.14.1.	Diagnóstico de Preñez.....	38
3.15.	Métodos de sincronización del estro en bovinos.....	38
IV.	Objetivos.....	40
4.1.	General.....	40
4.2.	Específicos.....	40
V.	Hipótesis.....	41
VI.	Materiales y métodos.....	42

6.1.	Ubicación del área de investigación .....	42
6.1.1.	Ubicación política.....	42
6.1.2.	Ubicación Geográfica.....	42
6.1.3.	Ubicación Ecológica.....	43
6.2.	Materiales.....	44
6.2.1.	Materiales de Oficina .....	44
6.2.2.	Materiales de Campo.....	44
6.3.	Métodos.....	45
6.3.1.	Duración de la Evaluación .....	45
6.4.	Diseño experimental.....	45
6.4.1.	Factores a Probar .....	45
6.4.2.	Tratamientos.....	45
6.4.3.	Análisis Estadístico.....	46
6.4.4.	Unidad Experimental.....	46
6.4.5.	Selección de Receptoras .....	46
6.4.6.	Sincronización de Receptoras .....	46
6.5.	Diagnóstico de la actividad ovárica .....	48
6.6.	Transferencia de embriones.....	48
6.7.	Diagnóstico de preñez.....	48
6.8.	Variables a medir.....	48

6.8.1.	Edad de las Hembras Receptoras. ....	48
6.8.2.	Ubicación del cuerpo lúteo.....	48
6.8.3.	Porcentaje de la Respuesta de las Hembras Receptoras Frente a los Protocolos de Sincronización .....	49
6.8.4.	Cantidad de receptoras bovinas transferidas.....	49
6.8.5.	Diámetro del Cuerpo Lúteo .....	49
6.8.6.	Estadío del Embrión Implantado .....	50
6.8.7.	Porcentaje de Receptoras Preñadas .....	51
6.8.8.	Costo de los Protocolos (Tratamientos) por Preñez Detectada .....	51
VII.	Resultados y discusión de la investigación .....	52
7.1.	Edad .....	52
7.2.	Cuerpo lúteo .....	54
7.3.	Cantidad de receptoras bovinas .....	55
7.4.	Clases de Cuerpo lúteo. ....	56
7.5.	Embrión implantado.....	57
7.6.	Porcentaje de preñez .....	59
7.7.	Costo de implementación y mantenimiento de protocolos de preñez establecidos.....	60
VIII.	Conclusiones .....	62
IX.	Recomendaciones.....	63

XI.	Bibliografía.....	64
-----	-------------------	----

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema del ciclo estral bovino. ....	24
Figura 2. Ubicación geográfica de la investigación sobre la evaluación de la respuesta de dos protocolos de sincronización de celo para, receptoras de embriones bovinos en razas mestizas de leche. ....	43
Figura 3. Clasificación de las hembras bovinas. ....	53
Figura 4. Presencia del Cuerpo Lúteo. ....	54
Figura 5. Cantidad de Hembras receptoras transferidas.....	55
Figura 6. Clases de Cuerpo Lúteo encontrados en las receptoras.....	56
Figura 7. Estadio de desarrollo del embrión .....	58
Figura 8. Diagnóstico de preñez.....	59

## Índice de tablas

Tabla 1. Principales funciones de hormonas reproductivas en hembras.....	25
Tabla 2. Características de los diferentes estadios del ovocito.....	26
Tabla 3. Origen, constitución, función y destino de los anexos embrionarios amnios, saco vitelino, alantoides y corion. ....	28
Tabla 4. Tamaño del cuerpo lúteo en bovinos .....	30
Tabla 5. Parámetros climatológicos del área de ensayo.....	43
Tabla 6 . Protocolo de sincronización de celo para la transferencia de embriones de la Hacienda Relev S.A. (Tratamiento uno). ....	47
Tabla 7. Protocolo de sincronización de celo para la transferencia de embriones de la Hacienda Relev S.A (Tratamiento dos).....	47
Tabla 8. Escala para valoración de cuerpos lúteos en vacas.....	50
Tabla 9. Desarrollo y clasificación de embriones bovinos. ....	50
Tabla 10. Edad de las receptoras bovinas.....	52
Tabla 11. Estadio de desarrollo del embrión.....	57
Tabla 12. Relación Costo Beneficio de los tratamientos analizados. ....	60

## Resumen

La ganadería conforma la principal actividad económica en el país, siendo la reproducción importante para los índices productivos, motivo por el cual la sincronización de celo ayuda en el mejoramiento genético mediante la transferencia de embriones de donadoras bovinas elite hacia las receptoras, controlando el desarrollo folicular y garantizando la preñez. Por ello se da la necesidad de utilizar protocolos de sincronización para introducir razas mejoradas genéticamente logrando aumentar la producción láctea. En esta investigación se evaluó la respuesta de fertilidad en dos protocolos de sincronización de celo de vacas Gyrolando. Los tratamientos fueron; Protocolo uno (duración 17 días) y protocolo dos (duración 18 días), se utilizó 100 receptoras bovinas por tratamiento, el análisis estadístico empleado fue T de Student al 5 % de significancia en Infostat y prueba de Chi-cuadrado. Las variables consideradas fueron: edad de las hembras receptoras, ubicación del cuerpo lúteo, porcentaje de respuesta de las hembras receptoras, cantidad de receptoras transferidas, diámetro del cuerpo lúteo, estadio del embrión implantado, porcentaje de preñez y costos de protocolos por preñez. Los resultados indican que el protocolo con mayor eficiencia en cuanto a la respuesta de sincronización de celo y preñez es el protocolo uno con un 90% de respuesta al celo y 44% preñez, en comparación con un 83% de celo y 31% preñez en el protocolo dos, las únicas variables que influyen sobre la respuesta de fertilidad fueron edad y tipo de embrión implantado, en la valoración de costos el protocolo uno presenta rentabilidad aceptable.

Palabras clave:

- **SINCRONIZACIÓN**
- **RECEPTORAS**
- **CELO**
- **EMBRIONES**
- **PREÑEZ**



## **Abstract**

Livestock is the main economic activity in the country, with reproduction being important for production rates, which is why heat synchronization helps in genetic improvement through the transfer of embryos from elite bovine donors to recipients, controlling follicular development. And guaranteeing pregnancy. Therefore, there is a need to use synchronization protocols to introduce genetically improved breeds, thus increasing milk production. In this research, the fertility response was evaluated in two heat synchronization protocols of Gyrolando cows. The treatments were; Protocol one (duration 17 days) and protocol two (duration 18 days), 100 bovine recipients were used per treatment, the statistical analysis used was Student's t test at 5% significance in Infostat and Chi-square test. The variables considered were: age of the recipient females, location of the corpus luteum, percentage of response of the recipient females, number of transferred recipients, diameter of the corpus luteum, stage of the implanted embryo, percentage of pregnancy and costs of protocols per pregnancy. The results indicate that the protocol with the highest efficiency in terms of the synchronization response of heat and pregnancy is protocol one with a 90% response to heat and 44% pregnancy, compared to 83% heat and 31% pregnancy in In protocol two, the only variables that influence the fertility response were age and type of embryo implanted; in the cost assessment, protocol one presents acceptable profitability.

Keywords:

- **SYNCHRONIZATION**
- **RECEPTORS**
- **HEAT**
- **EMBRYOS**
- **PREGNANCY**

## I. Tema

“Evaluación de la respuesta de dos protocolos de sincronización de celo, para receptoras de embriones bovinos en razas mestizas de leche”

## II. Antecedentes

### 2.1. Justificación

En el Ecuador una de las principales actividades económicas es la ganadería (Pesquera, 2018), este sector es predominado por el ganado vacuno el cual concentra un total de 4,31 millones de cabezas a nivel nacional, en donde las regiones Costa, Sierra y Amazónica presentan 1,71 2,23 y 0,37 millones de cabezas de ganado bovino respectivamente, según el número de animales vacunados durante la I Fase de Vacunación contra la Fiebre Aftosa del año 2018. Mientras que la producción diaria de leche a nivel nacional es de 6,65 millones de litros (ESPAC, 2019). Dentro de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, existen 230 059 cabezas de ganado según el Sistema de la Fiebre Aftosa del Ecuador (SIPA, 2019).

La reproducción es el eje sobre el cual gira la producción ganadera, para poder mantener y mejorar los índices productivos en busca de una rentabilidad (Pisa Agropecuaria, 2020), se debe trabajar en un manejo idóneo, dejando pasar por alto las actividades comunes como es el caso de la monta directa, y generar un plan basado en estrategias tales como la inseminación artificial y la planificación de la sincronización de estro puntualizado, con lo que se ha logrado un aumento en el número de partos/año, reduciendo la cantidad de días improductivos tanto en lactancia como en secado (SPACE, 2011).

Una de las principales opciones en cuanto al manejo de la reproducción ganadera es la técnica de inseminación artificial, la cual es de gran ayuda dentro del mejoramiento genético, debido a que permite usar, semen con genética mejorada, ésta es considerada una herramienta importante para la sincronización del estro (Hafez, 1996). Otra opción al momento de buscar el mejoramiento genético es la implementación de la transferencia de embriones (Ramírez *et al* 2004), la cual consiste en obtener óvulos de vacas élites de alta producción, y transferirlas en vacas receptoras, luego de una sincronización de estro (ABC Color, 2019). Los tratamientos de sincronización del estro más desarrollados combinan diferentes hormonas, las

cuales controlan el desarrollo folicular, y aseguran la preñez luego de una sola inseminación artificial (Yániz & López, 2006), mediante la implementación de los protocolos de sincronización de celo, como estrategia de mejoramiento genético en el hato (Jiménez, 2009).

Cuando se aplica la hormonoterapia dentro de los planes de manejo reproductivo ganadero, se promueve de manera directa el desarrollo de las ovulaciones con una mejor uniformidad de tiempo, ya que en los mamíferos el hipotálamo ejerce un mando directo hacia el comando central de regulación reproductiva (Becaluba, 2006), el costo del programa que se maneje, depende de los protocolos que se implementen, las hormonas que se usen, y de las distintas casas comerciales que proporcionan los materiales a utilizar (Balleza, 2009).

Los protocolos de sincronización para celo en bovinos de leche, dentro de las empresas ganaderas, se realizan con la finalidad de implementar protocolos de sincronización de celo es, introducir razas mejoradas genéticamente en el hato y a su vez mantener la producción láctea.

## 2.2. Planteamiento del problema

Existe una reducida calidad genética del hato ganadero en nuestro país, ocasionado por el uso tradicional de la monta natural, como la opción más usada en la reproducción bovina, en donde muchas veces debido al desconocimiento por parte del ganadero, se producen cruces entre razas que no brinda aspectos sobresalientes tanto genéticos como físicos.

Para llevar a cabo la monta natural, se necesita de toros mejorados genéticamente (Echeverry, 2019), los cuales requieren de un manejo y mantenimiento especial, para poder brindar a sus descendientes los rasgos genéticos élite, ya que, sin un manejo adecuado en estos aspectos, como consecuencia no podrán ser plasmados de manera correcta.

El mantenimiento del toro reproductor para la obtención de crías bovinas, genera costos innecesarios, lo cual se convierte en un problema que afecta directamente la economía del ganadero (ABC Color, 2019), ya que en ocasiones el pequeño ganadero

se ve obligado a mantener un toro reproductor, para una cantidad mínima de vacas, mientras en otros casos, se alquila por un tiempo determinado al toro reproductor, muchos de los ganaderos solo se guían de manera empírica por la conformación física que posee el animal, debido a que desconocen la herencia genética o el historial de manejo bovino que como consecuencia este puede ser poseedor de enfermedades hereditarias o de transmisión sexual, que afecta directamente al mejoramiento genético.

### III. Revisión de literatura

#### 3.1. Selección animales

Las hembras bovinas deben poseer características físicas, tales como; el tamaño del canal cervical, la capacidad de parir sin presentar dificultades, el tamaño y tipo de animal, edad, la tasa de preñez, proporción del desarrollo del embrión entre otros (Palma, G. A. 2001).

El uso de hembras de biotipo grande, ayuda a que se disminuyan problemas en el momento de parto, la alimentación cumple un rol muy importante, ya que debe proporcionar nutrientes para así expresar el potencial genético del ternero, debe poseer su historial sanitario y reproductivo, el cual nos ayuda a mantener un buen manejo, y con ello, la inmunidad de bacterias y virus para las crías, todo ello en busca de reducir el nivel de estrés, para que la tasa de preñez será mayor a diferencia de los animales que recién se incorporan en el campo.

##### 3.1.1. Raza

Según Cutini A, *et al.* (1999), mencionan que ellos prefieren a razas cruzadas porque estas son más fértiles, sin embargo, Broadbent *et al.* (1991), comentan que las novillas o vacas jóvenes de actitud lechera, son de mayor eficacia para la transferencia de embriones, lo que resulta ser más factible y no presentan problemas de manipulación.

##### 3.1.2. Edad del Bovino para Servicios

Las vacas adultas tienen un porcentaje de preñez menor que las novillas, sin embargo, al tratar la supervivencia y viabilidad de los terneros nacidos, son equivalentes (Palma, G., & Brem, G, 1993). Sin embargo, la estructura cervical de las novillas es estrecha y tiende a cerrarse en la fase lútea, lo cual dificulta un poco la transferencia y provocar estrés en la hembra, por ello el resultado en la gestación final será negativa (Kanawaga H, 1993).

Fuente S. (2000), deduce que, para elegir, las hembras receptoras, estas deben ser aquellas que ciclen normalmente, tengan un peso de 45 a 55% de su peso adulto (300 a 350 kg), y una edad aproximada de 14 meses.

### 3.1.3. Estado Nutricional de los Animales

Tanto la condición corporal como el contenido de energía en la alimentación son importantes, dentro de la escala de condición corporal de entre 1 a 5, Broadbent *et al.* (1991), se recomienda una condición corporal de 2,5 al momento del parto, al igual que el contenido energético debe ser el adecuado, hasta que el embrión se haya desarrollado entre los días 21 a 45 de la gestación (Sreenan, J. M., & Diskin, M. G, 1987).

Con respecto a la alimentación esta debe contener proteína, energía, minerales, vitaminas etc., sin embargo, ante algún cambio obligatorio en la dieta, ésta debe ser aplicada de forma gradual, se debe mantener al menos la dieta entre las 6 semanas antes de realizar la transferencia, hasta que tenga dos meses de gestación, la transferencia de embriones en receptoras muy flacas u obesas generará bajos porcentajes de preñez (De La Fuente J, *et al.*, 2012).

### 3.1.4. Estado Sanitario de los Animales

Para asegurar un buen manejo de la transferencia, las hembras no deben tener patologías de tipo reproductivas, infecciosas, nutricionales entre otros, y que no hayan demostrado dos celos con intervalos regulares, también se debe verificar que las estructuras ováricas presenten ciclicidad (Palma, G. A. 2001). Que no existan infecciones a causa de *Leptospira spp*, *Campylobacter foetus* y *Trichomona foetus* ya que causan muertes embrionarias, e inhiben la repetición de servicios en estas hembras, además las infecciones a causa de *Haemophilus sommus* repercuten en la fertilidad y la mortalidad de los embriones (Jiménez C, 2005).

## 3.2. Ciclo estral

### 3.2.1. Fase Folicular

Conocida como proestro, inicia la regresión del cuerpo lúteo y termina cuando inicia el estro, aproximadamente dura dos o tres días. Esta destrucción del cuerpo lúteo ocurre debido a la prostaglandina ( $PGF_{2\alpha}$ ), disminuye los niveles de progesterona (P4) aumentando así las hormonas folículo estimulante y hormona luteinizante (LH), las cuales contribuyen en el crecimiento folicular. En esta fase se encuentra un folículo dominante, en forma de ampolla el cual es

seleccionado para ser ovulado, siendo estimulado por las hormonas FSH y LH, que luego producirán estrógenos siendo evidente la presencia de celo (Lamb *et al.*, 2010).

### 3.2.2. Fase Peri Ovulatoria

Aquí ocurre el estro y metaestro, siendo el estro quién provoca la receptividad sexual, los síntomas más comunes que presentan las hembras es inquietud, vulva inflamada, moco claro que secreta de la vulva, la duración de celo esta provista de 30 minutos a más de 30 horas, según el criterio de Lucy M. (2006), sin embargo el tiempo promedio es de 4 a 16 horas, las señales del estro es debido a los estrógenos presentes en el folículo, donde en niveles altos provocan el celo, e incrementa las contracciones en el sistema reproductor, donde se transporta el óvulo con el espermatozoide, estas reacciones afectan al hipotálamo el cual controlará la liberación de la hormona GnRH, liberando FSH y LH (Hafez, 1996).

Al incrementar LH, este trae consigo el proceso de ovulación como menciona Lucy M. (2006), luego del aumento de esta hormona, se tiende a incrementar FSH el cual provocará la primera oleada folicular. La duración del estro es de 12 a 24 horas desde su inicio, luego prosigue el metaestro con una duración de 3 a 5 días, en esta fase ocurre la ovulación, con un tiempo de 28 a 32 horas luego del estro, de 10 a 15 horas posteriores terminan los síntomas de celo o estro, en respuesta al aumento de LH, luego de la ovulación se produce una hemorragia que llena el folículo de sangre, conocido como cuerpo hemorrágico, prosigue la luteinización del folículo entre los 5 a 7 días, es así como finaliza el metaestro para dar comienzo a la fase lútea o diestro.

### 3.2.3. Fase Lútea o Diestro

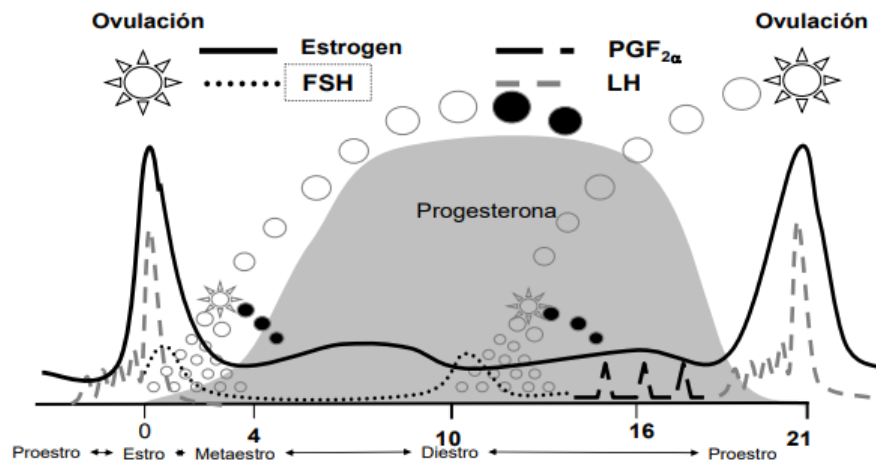
En esta fase predomina el cuerpo lúteo en conjunto con la progesterona, regulado por el útero, ovario, y por la presencia de un embrión, desde el día 5 hasta el día 18. La progesterona se encuentra regulada en este punto por estímulos luteotrópico que ayudan a la progesterona o por estímulo luteolítico, que inhibe la producción de progesterona (Lamb *et al.*, 2010). A la hormona LH se lo considera luteotrópico los cuales tienen relación en el crecimiento del cuerpo lúteo en el ovario (Hafez, 1996).

Mientras la FSH une los receptores en el cuerpo lúteo, ésta ocasiona que exista más progesterona, siendo que los niveles altos son en el día 10 del ciclo estral hasta el día 18, dependiendo si existe o no un embrión bloqueando el celo. El embrión llegará al

útero en los 3 a 4 primeros días dentro del ciclo estral, y en los 10 a 12 días el embrión crece y se forma la placenta, bloqueando así la  $PGF_{2\alpha}$ , al igual que queda en suspenso la regresión del cuerpo lúteo, debido a que ocurre un reconocimiento maternal, por ende el cuerpo lúteo y el nivel de progesterona depende de la presencia de un embrión, que se encuentre dentro del útero en pleno desarrollo, caso contrario la  $PGF_{2\alpha}$  incrementa durante la etapa del diestro, lo cual provoca la regresión del cuerpo lúteo, comenzando así la disminución de la progesterona dando por terminado la fase luteal e inicio del proestro (Lamb *et al.*, 2010).

**Figura 1.**

*Esquema del ciclo estral bovino.*



*Nota.* En la figura se muestra cual es el ciclo estral de un bovino

Fuente: (Rippe C, 2009).

### 3.3. Procesos de regulación de hormonas en el hipotálamo.

Los eventos que ocurren durante el ciclo estral están básicamente regulados por la interacción de las hormonas GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), FSH (hormona estimulante del folículo), LH (hormona



luteinizante), estradiol y progesterona (Tabla 1). La GnRH es producida por el hipotálamo, un órgano ubicado en la base del cerebro, y regula la liberación de gonadotropinas FSH y LH. La FSH y la LH, producidas por la glándula pituitaria (pituitaria anterior), son responsables del desarrollo folicular y la ovulación. Las hormonas estradiol y progesterona son producidas por las estructuras del ovario (folículo y cuerpo lúteo, respectivamente) y se prestan al inicio del estro y al mantenimiento del embarazo (Rodrigues do Valle, 1991).

**Tabla 1.**

*Principales funciones de hormonas reproductivas en hembras.*

Hormona	Fuente	Función
GnRH	Hipotálamo	Promueve la liberación de FSH y LH
FSH	Hipófisis anterior	Estimula el desarrollo folicular y la secreción de los estrógenos.
LH	Hipófisis anterior	Estimula la ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo.
Estradiol	Folículo (ovario)	Estimula la manifestación del ciclo, y liberación de LH
Progesterona	Cuerpo lúteo (ovario)	Mantenimiento de la gestación.

*Nota.* En la tabla se presentan cuáles son las funciones de las hormonas reproductivas.

Fuente: (Rodrigues do Valle, 1991)

### 3.4. Condición ovárica

Los ovarios son las gónadas femeninas, compuestas de una corteza o parte externa, médula o parte interna, aquí se desarrollan los ovocitos además de que permite la intervención de la producción de hormonas, la forma ovárica varía en función de las especies, dependiendo de la etapa del ciclo estral en la que se encuentre (Porrás A, 2009).

### 3.4.1. Clasificación de los Ovocitos

Estructuralmente el ovocito maduro mide entre 110-115 micras y está rodeado de una membrana llamada oolema. Esta membrana contiene el citoplasma del ovocito u ooplasma, donde se encuentran las organelas citoplasmáticas y el núcleo. Rodeando al conjunto ovocito-oolema está la llamada zona pelúcida, que es de naturaleza glicoproteica y tiene un grosor de 15-20 micras que disminuye tras de la fecundación. El conjunto ovocito–zona pelúcida mide aproximadamente 150 micras. Entre el oolema y la zona pelúcida está el espacio perivitelino, en el que se encuentra el corpúsculo polar (Veeck L. , 1988).

### 3.4.2. Fases de la Ovogénesis

Tradicionalmente, la valoración de la maduración del ovocito se ha basado en el grado de expansión del cúmulo y la corona que lo rodea:

- Metafase II: células del cúmulo expandidas y luteinizadas.
- Metafase I: células del cúmulo menos expandidas.
- Profase I: células del cúmulo compactadas (Veeck , 1988).

La aparición de la microinyección espermática (ICSI), y la necesaria denudación de los ovocitos para su realización, nos ha permitido valorar con más exactitud su estadio madurativo, así como su morfología (Veeck L. , 1998).

#### **Tabla 2.**

*Características de los diferentes estadios del ovocito.*

Estadio	Características del ovocito
Profase I	Es un ovocito inmaduro, diploide. No tiene corpúsculo polar. Presenta vesícula germinal con nucléolos retráctiles. Tiene aspecto irregular oscuro en su zona central y ooplasma granular. Las células del cúmulo y corona están compactadas.

---

Metafase I	Es un ovocito inmaduro, haploide, No tiene corpúsculo polar, el huso y los cromosomas están alineados en los polos. Su aspecto es redondeado, con citoplasma claro y granulación homogénea. La metafase I tempranos pueden presentar C granulación central. Las células del cúmulo y la corona están menos expandidas y no son filantes. Las metafases I tardíos pueden presentar células del cúmulo luteinizadas.
Metafase II	Ovocito maduro o preovulatorio. Haploide. Presenta corpúsculo polar, lo que indica la reanudación de la meiosis. El corpúsculo polar permanece conectado con el huso meiótico mediante C un puente citoplasmático un tiempo después de su extrusión. Tiene aspecto redondeado, ooplasma claro y granulación homogénea. Las células del cúmulo están expandidas y filantes y la corona es radial.

---

*Nota.* En la tabla se presenta las características de los diferentes estadios de un ovocito.

Fuente: (Sathananthan, Trouson, & Word , 1986.)

### 3.4.3. Maduración de los Ovocitos

La maduración ovocitaria es un fenómeno complejo, durante el cual el ovocito progresa desde el estadio de profase a MI hasta el de MII (maduración nuclear). El ovocito completa la meiosis en respuesta al pico ovulatorio de LH (Peng, Hsueh, Lapolt, Bjersing, & Ny, 1991) , o bien, cuando es retirado del folículo para llevar a cabo la maduración *in vitro*. Un periodo de 24 h es necesario para que el ovocito bovino complete la maduración nuclear, es decir, alcance el estadio de MII, en el que permanece hasta el momento en que es fertilizado, que es cuando completa la meiosis y se forman los pronúcleos. Además de la maduración nuclear, también es importante que exista una maduración citoplasmática, ya que prepara al ovocito para soportar la fertilización y aporta los nutrientes requeridos para el desarrollo embrionario temprano (Zárate Guevara, 2006).

### 3.4.4. Anexos Embrionarios

El embrión en desarrollo requiere de ciertos elementos que lo ayuden a mantener las funciones metabólicas para un desarrollo adecuado. Algunas de estas funciones son favorecidas por la placenta, sin embargo, la placenta no cubre es todos los requerimientos del feto, por eso, se desarrollan otras estructuras que le ayudan a satisfacer esas exigencias de forma correcta (Arteaga & García Peláez, 2013).

**Tabla 3.**

*Origen, constitución, función y destino de los anexos embrionarios amnios, saco vitelino, alantoides y corion.*

Anexos	Origen	Cómo está constituido?	Principales funciones	Destino posterior
Amnios	Embrioblasto o Macizo celular interno	Ectodermo y Mesodermo lateral somático.	Protege de la desecación, de los traumas mecánicos, de los cambios de temperatura y de adherencias, Aporta con factores que permitan la maduración de células del aparato respiratorio y digestivo.	Forma la bolsa de las aguas. Persiste hasta el final de la gestación
Saco vitelino	Embrioblasto o Macizo celular interno	Endodermo y Mesodermo lateral esplácnico	En peces reptiles es la nutrición En mamíferos forma la sangre y vasos sanguíneos. Aloja a las células germinales primordiales	En mamíferos involuciona y queda incluido en el cordón umbilical

---

			transitoriamente
			Forma el endodermo del intestino primitivo
			En mamíferos forma la sangre y vasos sanguíneos. Aloja a las células germinales
ntoides	Embrioblasto o Macizo celular interno	Endodermo y Mesodermo lateral esplácnico	En el momento del nacimiento se transforma en un ligamento del seno urogenital: el que es la futura vejiga. En animales domésticos recibe los desechos urinarios
Corion	Trofoblasto	Trofoblasto y Mesodermo extraembrionario n Somático	Forma la parte fetal de la placenta. Se mantiene hasta el alumbramiento que ocurre después del parto.

*Nota.* En la tabla se muestra cuáles son los anexos embrionarios, origen, sus funciones etc.

Fuente: (Rojas & Rodríguez, 2014)

### 3.4.5. Foliculogénesis

El desarrollo folicular en los bovinos ocurre en forma de ondas, conformadas por cohortes de folículos, que son seleccionados para crecer a partir de la reserva de

folículos “en reposo”. Entre los folículos reclutados en cada onda se establece una competencia por la dominancia, en la cual solo un folículo de la cohorte adquiere el desarrollo competente que le permitirá seguir creciendo en un ambiente de bajas concentraciones de gonadotropinas, al tiempo en que sus compañeros de cohorte sufren atresia, el folículo dominante modifica el patrón de crecimiento de los folículos subordinados en ambos ovarios, mediante la producción de factores que actúan en forma endocrina o paracrina para auto potenciar su desarrollo e inhibir a los subordinados (Henao & Trujillo, 2000).

### 3.5. Condiciones del cuerpo lúteo

Al realizar la ecografía transrectal permite visualizar estructuras tales como folículos, cuerpos lúteos, y rechazar animales con anomalías, y aquellos que no tengan estructuras ováricas adecuadas, siendo así que la estructura folicular preovulatoria, en la hembra receptora es importante, porque afecta de forma directa al tamaño del cuerpo lúteo, al existir mayor cantidad de progesterona, esto ayuda a generar la condición uterina adecuada para el desarrollo embrionario.

**Tabla 4.**

*Tamaño del cuerpo lúteo en bovinos*

Tamaño del cuerpo lúteo	Niveles plasmáticos de progesterona	Taza de preñez %
+ 12 cm	2,44 ng/ml	58%
1,5 cm	1,75 ng/ml	41%
1,5 cm	1,19 ng/ml	31%
2,36 cm	4,2 ng/ml	70%

Nota: En la tabla se presenta los tamaños del cuerpo lúteo en los bovinos.

Fuente: (Duica Amaya A, 2007)

### 3.6. Respuesta del celo

Los síntomas de celo son a causa de estrógenos, la principal característica visible es dejarse montar por otros animales, siendo ésta la razón, que permite que el animal pueda preñarse, sin embargo el rendimiento reproductivo es susceptible a la detección de celo, debido a que reduce la rentabilidad del hato ganadero, cuando se aumentan los días abiertos y el ciclo estral, los factores que intervienen en la detección del celo son: ciclo de duración, ausencia de signos y síntomas de celo, horas en las que se presencia el celo, factores ambientales y factores genéticos (Ortiz Sanabria, S. D., & Ávila Parra, K. Y, 2020).

### 3.7. Causas tratamientos de la infertilidad en las vacas

Las causas de infertilidad en una unidad de producción bovina se le atribuyen por lo general a las hembras, ya que de ellas depende prácticamente la producción, pero se podría decir que las fallas reproductivas o repetición de estros dependen de tres factores principales: la vaca, el toro y el hombre; ya que el primer elemento pueden tener relación con algún problema genético, como anomalías cromosómicas, ya que se ha asociado a este tipo de aberraciones con diversos desórdenes reproductivos, el freemartinismo en el ganado bovino es otra de las causas de infertilidad más frecuentes, ya que se ha reportado que más del 90% de las hembras heterosexuales, 2 son freemartin, por lo que diversos investigadores se han dado a la tarea de buscar un diagnóstico rápido apoyado en técnicas avanzadas en microbiología (Agro Meat, 2010).

#### 3.7.1. Genética

En el ganado lechero las patologías uterinas del puerperio alargan el periodo del parto a la concepción, disminuyen el porcentaje de concepción al primer servicio, reducen la tasa de vacas inseminadas, alargan el periodo del parto a la primera ovulación y aumentan el porcentaje de desecho (Ortega Ornelas, López Ordaz, Mapes, Ortiz González, & Hernández Cerón, 2012).

Dentro de las causas de producirse las fallas de infertilidad, están consideradas las anomalías cromosómicas, éstas pueden producirse espontáneamente durante la gametogénesis, fertilización o embriogénesis. Se menciona que las anomalías cromosómicas ocurren aproximadamente en 7.5% de los embriones (Hernández Cerón & Morales Roura, 2001).

### 3.7.2. Estrés Calórico

El estrés calórico puede tener efectos en la función reproductiva en mamíferos. La regulación neuroendocrina del desarrollo folicular y de la ovulación requiere de una compleja y delicada interacción entre las gonadotropinas hipofisarias y la retroalimentación del principal esteroide folicular, el estradiol. Debido a esta compleja interacción, la regulación de la fase folicular del ciclo estral y la ovulación es especialmente vulnerable a los efectos del estrés. El estrés impacta el eje reproductivo del hipotálamo (al afectar la secreción de GnRH) y la glándula pituitaria (al afectar la secreción de gonadotropinas), con efectos directos sobre las gónadas, siendo éstos de menor relevancia. La importancia de la secreción de cortisol inducida por el estrés varía según la especie. En algunos casos, es poco el impacto que tienen los aumentos a corto plazo de las concentraciones de cortisol y el aumento prolongado en la concentración plasmática puede ser requerido antes de cualquier efecto nocivo evidente sobre la reproducción (Vélez Marín & Uribe Velásquez, 2010).

### 3.7.3. Estrés Oxidativo

El término estrés oxidativo deriva de la importancia de los suplementos vitamínico-minerales, para prevenir ciertas patologías metabólicas, o la incidencia de las mastitis. Además, en el primer caso el papel de determinados oligoelementos y vitaminas era analizado sobre todo desde el punto de vista de la enfermedad que podía ocasionar su intoxicación y, sobre todo, la carencia. Así podemos señalar a la enfermedad del músculo blanco, en el caso del selenio y la vitamina E, la ataxia enzoótica para el cobre o la deficiencia en zinc, sin ir más lejos. Se ha considerado al estrés oxidativo como un trastorno primario, relacionados con la patogenia de ciertas enfermedades como mastitis, problemas de fertilidad o hipocalcemias y en los que la suplementación vitamínico-mineral juega un papel curativo y, lo que es más importante, preventivo (CASTILLO, BENEDITO, LÓPEZ ALONSO, MIRANDA, & HERNÁNDEZ, 2001).



### 3.8. Hormonas utilizadas en el ciclo de reproducción

#### 3.8.1. Prostaglandina

El uso de prostaglandinas en los programas de reproducción tiene sus limitaciones, debido a que debe ser aplicada en hembras cíclicas que se encuentren en fase lútea, en periodos de sincronización de 120 horas el 80% de las vacas entran en celo luego de ser tratadas con prostaglandina (De Los Santos E. *et al.*, 1979). Pero para tener mejores resultados Córdova A. *et al.* (1983), recomiendan que se debe mejorar el resultado a través de palpación de las estructuras ováricas previo a la transferencia.

#### 3.8.2. Estradiol

Cuenta con dos funciones, al aplicarse en el inicio del tratamiento junto con progestágenos, provoca la atresia de los folículos existentes, induciendo así una nueva oleada folicular entre los 3 a 5 días luego de ser aplicado, siendo así que permite obtener un nuevo folículo y un oocito viable cuando el tratamiento termina (Bó G.A. *et al.* 1994). En cambio, al suministrar estradiol cuando se retira del progestágeno ayuda a provocar una retroalimentación positiva en el hipotálamo produciendo una liberación de la GnRH, aumentando así los pulsos y la frecuencia de la hormona LH, con el único propósito de unificar el tiempo que se presenta la ovulación, esto es útil al momento de una inseminación artificial a tiempo fijo (Lefebvre D.M, & Block E, 1992).

#### 3.8.3. Progestágenos

Para la sincronización de celos, el uso de progestágenos simula una fase lútea, siempre y cuando ésta sea suministrada en la primera fase del ciclo estral, inhibe el celo y la ovulación mediante la inhibición hipofisiaria (Zambrano, 1998). Al realizar esta sincronización con progestágenos se dan resultados idénticos de preñez que con el celo natural (Stevenson *et al.*, 2008).

#### 3.8.4. GnRH

Esta hormona induce la ovulación del folículo dominante, ya sea en crecimiento en la fase temprana y se le atribuye a la emergencia de una onda folicular nueva, al cabo de dos días después de aplicar el tratamiento (Martínez *et al.*, 1999).

### 3.9. Transferencia de embriones

La transferencia de embriones es considerada una biotecnología, que nos permite abordar el potencial de reproducción con individuos genéticamente superiores (Varago, F *et al.* 2008). Uno de los avances en la transferencia de embriones, se ha visto reflejado en la sincronización de celo de hembras bovinas receptoras, en donde mediante el uso de dispositivos que contienen progesterona, y otras hormonas, ayuda en el aumento de la producción de leche por cada animal, esto nos permite acelerar la obtención de animales con buena genética, y a su vez beneficiarse de protocolos de transferencia embrionaria diseñados, según el ambiente al que se encuentre expuesto con la finalidad de evitar pérdidas en la ganadería (Colazo M, 2017).

#### 3.9.1. Ventajas de la Transferencia de Embriones

Las ventajas de la transferencia de embriones son las siguientes:

- Evaluación eficiente de la capacidad fertilizante de espermatozoides y ovocitos.
- Difusión del uso de semen valioso y escaso.
- Prolongación de la vida reproductiva de animales genéticamente valiosos, inmaduros o muy viejos.
- Creación de bancos de gametos provenientes de animales seleccionados por excelencia productiva y/o adaptabilidad.
- Determinación y selección del sexo de embriones.
- Control de enfermedades de la esfera reproductiva.
- Aplicación de la transferencia de embriones en especies exóticas y en peligro de extinción.
- Permite obtener descendientes de hembras de elevada calidad genética que deban ser sacrificadas por padecer enfermedades, infertilidad, por su avanzada edad o durante los programas de erradicación de enfermedades infecciosas (tuberculosis, brucelosis, leucosis).

- Permite el aprovechamiento de animales con determinadas formas de infertilidad: machos con oligospermias severas, hembras con alteraciones estructurales o funcionales del tracto genital (Peláez Peláez, 2011).

### 3.9.2. Desventajas de la Transferencia de Embriones

Las desventajas que presentan la utilización de Transferencia de embriones son las siguientes:

- Bajo rendimiento, el porcentaje de ovocitos capaces de transformarse en embriones transferibles se encuentra estancado entre el 30 y 40%.
- Los embriones producidos in vitro son de menor calidad que los obtenidos in vivo.
- Reducción del potencial de desarrollo pre y postimplantacional, ocasionando bajos porcentajes de gestación (30 a 40%).
- Existe una escasa resistencia a la Crio preservación, dificultando su conservación a largo plazo.
- Incremento de la mortalidad embrionaria, abortos, problemas gestacionales como el hidro alantoides y alargamiento de la gestación.
- Nacimiento de terneros muy voluminosos, con anomalías estructurales y funcionales, conocido con el nombre de síndrome de exceso de volumen fetal, que disminuyen el vigor de los animales en el momento de su nacimiento y provocan una mayor mortalidad perinatal. Incremento del porcentaje de distocias por exceso de volumen fetal (Peláez Peláez, 2011).

### 3.10. Calidad del embrión

La edad del embrión se define desde el primer día que se presente el estro en las vacas, siendo así que en el día uno es la ovulación, en el día tres se encuentra el embrión con cuatro células, y al pasar al día cuatro ya se encuentra con ocho células siendo ya el cigoto transportado por el oviducto, al cabo del quinto día ingresa al cuerno uterino en estado de dieciséis células, allí se puede obtener el embrión según su calidad y estadio.

Según Palma G. A, (2001), las fases del desarrollo embrionario son:

- Mórula temprana: Nos permite diferenciar individualmente a los blastómeros, su desarrollo se da en el quinto día.
- Mórula compacta: Blastómeros unidos que ocupan el 60-70% del espacio perivitelino, diferenciación embrionaria.
- Blastocito temprano: Comienza aquí la formación de una cavidad conocida como blastocele en el embrión, ocupa entre el 70 a 80% del espacio perivitelino.
- Blastocito: Se puede diferenciar entre las células del trofoblasto y la masa celular interna que es más oscuro.
- Blastocito expandido: Al crecer el blastocito este provoca que se rompa la zona pelúcida comenzando así la protrusión, los embriones que se obtienen en esta fase pueden colapsar temporalmente ya sea por una pérdida o no del blastocele.
- Blastocito protruido: Son embriones que ya no cuentan con la zona pelúcida, se pueden utilizar en la transferencia, pero si no tienen zona pelúcida son vulnerables, por ende, se recomienda realizar la transferencia en estado de mórula temprana o blastocito expandido (Palma G. A ,2001).

### 3.11. Evaluación morfológica del embrión

Entre los criterios y estructuras para identificar a un embrión de calidad están: La forma esferoide, la simetría entre los blastómeros al igual que la apariencia clara, tono oscuro y uniforme, uniformidad de las membranas celulares, el espacio proporcionado entre el embrión y el espacio perivitelino, zona pelúcida integra, y la compactación de blastómeros entre sí (Palma G. A ,2001).

### 3.12. Uso de anestésicos durante la transferencia

Dentro del proceso de transferencia, existe la transferencia quirúrgica y no quirúrgica, sin embargo estas traen desventajas, debido a que en la transferencia quirúrgica se requiere de experiencia, y habilidad con respecto a la manipulación del catéter en el cuerno y cuerpo uterino del bovino, una mala manipulación puede provocar que se genere la liberación de prostaglandinas lo

cual puede causar inflamaciones, niveles bajos de progesterona y que la cavidad uterina se contraiga, interfiriendo en la vida del cuerpo lúteo y a su vez del embrión (Gordon I, 1976).

Para la obtención de embriones en el lavado uterino, al tener una hembra bovina nerviosa es recomendable aplicar anestesia epidural, con la finalidad de evitar los daños antes mencionados (Robertson, 2015).

### 3.13. Hembras receptoras

El uso de receptoras para la sincronización de celo involucra factores importantes como la edad, nutrición y estrés, además que el ambiente uterino debe ser similar de donde fue extraído el ovocito, influye el factor humano que debe tener la habilidad dentro del manejo para evitar daños en las receptoras (Palma, G. A. 2001).

Farfán Rojas *et al.* (2014), mencionan que otra de las variables a tomar en consideración, es la capacidad reproductiva, instinto materno, buena capacidad lechera, facilidad de parto y su adaptación en el ambiente.

### 3.14. Preñez en bovinas receptoras

Con respecto a las vacas que se incorporan por primera vez al hato, para ser usadas como receptoras, es fundamental que contengan un ternero al pie o estar preñadas, considerando que el manejo presenta dificultades en comparación con las vacas secas, por ello se recomienda adquirir vacas con preñeces de 10 a 120 días, para que éstas aborten a sus crías y sean utilizadas como receptoras un mes después siempre y cuando se garantice el manejo adecuado del mismo (Palma, G. A. 2001).

Argumenta Palma G. A. (2001), que cada receptora tiene tres oportunidades para la gestación, siendo que en la tercera oportunidad ocurrirá un desenlace del pico de gestación, por ende las receptoras deben ser seleccionadas correctamente, con niveles de alimentación óptima, libre de enfermedades y con una buena actividad sexual cíclica, considerando que para elegir el protocolo adecuado en la sincronización del estro, se debe considerar la categoría y raza entre los aspectos más importantes, la hembra seleccionada como receptora al estar en sincronización con la donante se le debe realizar los chequeos, así como la determinación del lugar en donde se encuentra el ovario dentro del cuerpo lúteo, las características de desarrollo y aparato genital.

### 3.14.1. Diagnóstico de Preñez

Es importante contar con la información respecto a las condiciones reproductivas en las que se encuentra la vaca: si la vaca está vacía, debemos considerar si está parida y cuántos días tiene de lactancia, y si trae cría al pie; si es una vaca que está vacía y seca, sin cría al pie, es una vaquilla de más de tres años, información que permite tomar (Robles Camargo, 2011).

#### 3.14.1.1. Ultrasonido

La ecografía es una técnica basada en la producción y emisión de ultrasonidos, que son ondas sonoras no perceptibles para el oído humano, estos tienen una frecuencia de vibración superior a 30,000 Hz, y en el análisis de la recepción de los ecos obtenidos por interacción de las ondas ultrasónicas con la materia. Entre los diferentes modos de ecografía el más utilizado en la actualidad es el Modo B en Tiempo Real, que permite la representación en cada momento de las estructuras anatómicas mediante una imagen bidimensional en escala de gris, la cual permite conocer la textura acústica de la zona explorada (Castellanos Juárez & Matta Reyes, 2014).

#### 3.14.1.2. Palpación rectal

Con la palpación o tacto rectal es más fácil predecir el momento del parto con exactitud al examinar un animal recientemente preñado, que al hacer la palpación en etapas intermedias o finales de la gestación. El valor de la palpación rectal alcanza su máxima expresión económica entre los 40 y 90 días de gestación, pero mantiene su valor diagnóstico hasta el momento del parto. La palpación rectal exige un veterinario al pie de los animales, con un entrenamiento mínimo para reducir al máximo los posibles errores de diagnóstico y de abortos por malas maniobras (Bavera & Peñafort, 2000).

### 3.15. Métodos de sincronización del estro en bovinos

En el protocolo de Cedeño, A., & Bó, G. (2000), a partir del día 0 de haber identificado a las vacas se coloca el Implante Intravaginal, adicionalmente también 2 ml de Benzoato de Estradiol, en el día 5 se aplica 2 ml de Gonadotropina Coriónica Equina Liofilizada, y 2 ml de Prostaglandina, en el día

8 se retira los implantes, y se aplica 1 ml de Cipionato de Estradiol, en el día 16 se realiza la ecografía de ovarios para el diagnóstico de ovarios mediante ecografía transrectal y en el día 17 la transferencia de embriones se llevara a cabo.

Mientras que, según Carpena M (2020), en el día 0 se realiza la colocación del implante intravaginal y adición 2 ml de Benzoato de Estradiol, en el día 7 se aplica 2 ml de Prostaglandina, mientras en el día 9 se procede a retirar el implante intravaginal, y se aplica 2 ml de Gonadotropina Coriónica Equina Purificada, con 0,7 ml de Cipionato de Estradiol, mientras en el día 10 se procede a realizar el diagnóstico de ovarios mediante ecografía transrectal , para previamente en el día 18 realizar la transferencia de embriones.

#### IV. Objetivos

##### 4.1. General

Evaluar la respuesta de dos protocolos de sincronización de celo, para receptoras de embriones bovinos en razas mestizas de leche.

##### 4.2. Específicos

4.2.1. Determinar el protocolo con mayor eficiencia en respuesta a la sincronización de celo en las hembras receptoras.

4.2.2. Comparar la calidad de los cuerpos lúteos de las receptoras al implementar dos protocolos diferentes de superovulación.

4.2.3. Evaluar el porcentaje de preñez de las hembras receptoras una vez implantados los embriones según cada protocolo.

4.2.4. Realizar un análisis económico sobre los protocolos utilizados en la transferencia de embriones hasta el diagnóstico de la preñez.



## V. Hipótesis

### 5.1. Hipótesis alternativa

Los protocolos de sincronización de celo para receptoras de embriones bovinos en razas mestizas de leche influyen en la preñez.

### 5.2. Hipótesis nula

Los protocolos de sincronización de celo para receptoras de embriones bovinos en razas mestizas de leche no influyen en la preñez.

## VI. Materiales y métodos

### 6.1. Ubicación del área de investigación

#### 6.1.1. Ubicación política

País: Ecuador

Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas

Cantón: Santo Domingo de los Colorados

Parroquia: Luz de América

Hda: Servicios Agrícolas Relev S.A. Hacienda San Antonio Km 38 ½ Vía Santo Domingo -Quevedo margen izquierdo.

#### 6.1.2. Ubicación Geográfica

La presente investigación se realizó en la empresa Servicios Agrícolas Relev, Hacienda San Antonio, km 38 ½ vía Santo Domingo-Quevedo, margen izquierdo. Ubicado geográficamente a 225 metros sobre el nivel del mar a 00° 24' 32" latitud Sur y a 79° 18' 25" longitud Este.

**Figura 2.**

*Ubicación geográfica de la investigación sobre la evaluación de la respuesta de dos protocolos de sincronización de celo para, receptoras de embriones bovinos en razas mestizas de leche.*



### 6.1.3. Ubicación Ecológica

**Tabla 5.**

*Parámetros climatológicos del área de ensayo.*

Parámetros climatológicos	Valores
Temperatura media anual	24,6 °C
Precipitación media anual	3.458,6 mm
Humedad relativa media anual	88 %
Heliofanía media anual	340 horas luz*año-1
Velocidad del viento media anual	22,3 km*h-1

---

Evaporación media anual	68,05 mm*año-1
Clasificación climatológica para la zona	Trópico muy húmedo
Altitud	225 msnm
Suelo	Franco limo arenoso.
pH	6,73

---

*Nota:* en la tabla se muestran los parámetros climatológicos del área de estudio.

Fuente: Km 33 Vía Santo Domingo-Quevedo; Estación Experimental "Puerto Ila".

## 6.2. Materiales

### 6.2.1. Materiales de Oficina

- Esferos
- Lápiz
- Laptop
- Hojas de papel
- Registro del historial de los animales evaluados

### 6.2.2. Materiales de Campo

- Protocolos de sincronización de celo
- Ecógrafo
- 200 vacas mestizas de leche raza Gyrolando
- Benzoato de estradiol
- Gonadotropina coriónica equina – eCG liofilizada
- Gonadotropina coriónica equina purificada

- Prostaglandina
- Cipionato de estradiol
- CIDR 1,38 g ( Dispositivo intravaginal de progesterona)
- Lidocaína clorhidrato
- Agujas
- Jeringuillas
- Cámara fotográfica

### 6.3. Métodos

#### 6.3.1. Duración de la Evaluación

La duración del trabajo de campo fue de 60 días, el cual se estableció desde el 4 de enero de 2021 hasta el 02 de marzo 2021.

### 6.4. Diseño experimental

#### 6.4.1. Factores a Probar

El factor que se probó en la investigación fue la respuesta de la fertilidad al comparar dos protocolos de sincronización de celo.

#### 6.4.2. Tratamientos

A continuación, se presentan los dos protocolos a comparar que se utilizaron en la transferencia de embriones dentro de la investigación.

Tratamiento I: Protocolo de sincronización con tiempo de duración de 17 días

Tratamiento II: Protocolo de sincronización con tiempo de duración de 18 días

#### 6.4.3. Análisis Estadístico

El diseño que se utilizó en la investigación es T de Student al 5 % de significancia para evaluar variables cuantitativas mediante el programa estadístico Infostat y la prueba de Chi-cuadrado al 5% de significancia para variables cualitativas.

#### 6.4.4. Unidad Experimental

Se realizó una selección al azar de 200 vacas de raza Gyrolando, las cuales se dividirán en dos grupos para cada protocolo de sincronización de celo, en donde se desarrolló un chequeo ginecológico para determinar el estado reproductivo de las receptoras que se encontraron ubicados en la hacienda Servicios Agrícolas Relev, y según el resultado se procedió a realizar la selección para la previa sincronización del celo.

Se llevó el registro diario o historial de las vacas seleccionadas que ingresaron al programa de transferencia, al igual que el manejo de las receptoras, con el fin de cumplir las actividades a realizar dentro del cronograma previos a la transferencia. El proceso de transferencia de embriones que se realizó en las vacas receptoras, fueron supervisados por técnicos veterinarios, según los protocolos establecidos, por tratarse de un proceso donde requiere el mayor cuidado posible debido a que esto representa una inversión de la empresa.

#### 6.4.5. Selección de Receptoras

Se seleccionaron hembras que tengan una condición corporal mayor a 2,5 a 3,5; teniendo en cuenta que el manejo nutricional y sanitario es igual en la hacienda ganadera, se escogió 100 vacas de la sección ordeño y 100 vacas de la sección 4 Esquinas, para determinar que protocolo ejecutar en estos lotes, se procedió de forma aleatoria, teniendo en cuenta la raza, edad, peso e historial reproductivo para el análisis de los datos obtenidos.

#### 6.4.6. Sincronización de Receptoras

A continuación, se detallan los protocolos realizados según el día destinado por la empresa y disponibilidad del personal para ser llevado a cabo.

**Tabla 6 .**

*Protocolo de sincronización de celo para la transferencia de embriones de la Hacienda Relev S.A. (Tratamiento uno).*

Días	Actividades
0	Colocación de implante Aplicación de 2ml de Benzoato de estradiol
5	Aplicación de 2ml (400 UI) de Gonadotropina Coriónica Equina Liofilizada Aplicación de 2 ml de Prostaglandina
8	Retiro del implante Aplicación de 1 ml (1,0 mg) de Cipionato de Estradiol
16	Diagnóstico de ovarios mediante ecografía transrectal
17	Transferencia de embriones

*Nota.* En la tabla presentada, muestra los protocolos de sincronización a realizarse en el estudio (tratamiento uno).

**Tabla 7.**

*Protocolo de sincronización de celo para la transferencia de embriones de la Hacienda Relev S.A (Tratamiento dos).*

Días	Actividades
0	Colocación de implante Aplicación de 2ml de Benzoato de estradiol
7	Aplicación de 2 ml de Prostaglandina
9	Retiro del implante Aplicación de 2 ml de Gonadotropina Coriónica Equina Purificada Aplicación de 0,7 ml de Cipionato de Estradiol
10	Diagnóstico de ovarios mediante ecografía transrectal
18	Transferencia de embriones

*Nota.* La tabla presenta En la tabla presentada, muestra los protocolos de sincronización a realizarse en el estudio (tratamiento dos).

#### 6.5. Diagnóstico de la actividad ovárica

Se utilizó el método transrectal mediante ecografía, para determinar el número de vacas, que fueron capaces de responder de forma positiva a los protocolos de sincronización establecidos, para previamente seleccionar a las receptoras adecuadas para la implantación del embrión, esta actividad se lo realizó a los nueve días de haber retirado el implante intravaginal CIDR.

#### 6.6. Transferencia de embriones

Para poder realizar la transferencia embrionaria, se llevó un registro diario de las actividades de las vacas receptoras seleccionadas para aplicar las dosis y hormonas necesarias para que estas se encuentren aptas para la transferencia.

#### 6.7. Diagnóstico de preñez

Luego de los 35 días de haber realizado la transferencia, se procedió al chequeo ginecológico mediante el uso de ecografía de forma transrectal.

#### 6.8. Variables a medir

Para poder obtener resultados factibles, en cuanto a la investigación en base a los objetivos específicos, se evaluaron las siguientes variables:

##### 6.8.1. Edad de las Hembras Receptoras.

En lo que respecta a la edad del animal, estos datos se obtuvieron del historial de cada animal, para con esto definir el estado actual de las vacas, que fueron utilizadas como receptoras.

##### 6.8.2. Ubicación del cuerpo lúteo

En lo que respecta la ubicación del cuerpo lúteo en los ovarios del animal, estos datos se obtuvieron mediante la palpación transrectal para con esto definir la ubicación del ovario donde será implantado el embrión, en las vacas que fueron utilizadas como receptoras.



### 6.8.3. Porcentaje de la Respuesta de las Hembras Receptoras Frente a los Protocolos de Sincronización

Mediante el uso de ecografía de forma transrectal se procedió a diagnosticar que receptoras respondieron a los protocolos, las cuales fueron asignadas para implantar el embrión, siendo clasificadas como:

- a) Receptoras que respondieron de forma positiva al protocolo.
- b) Receptoras que respondieron de forma negativa al protocolo.

El porcentaje se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Respuesta a los protocolos} = \frac{\text{Número de hembras por categoría} * 100}{\text{Total de receptoras preparadas}}$$

### 6.8.4. Cantidad de receptoras bovinas transferidas.

Para obtener la cantidad de receptoras bovinas que fueron transferidas, esto se obtuvo con la evaluación transrectal, realizada en el punto anterior, para conocer la respuesta de los protocolos de sincronización y con esto se identificó el número de receptoras con las que se procedió a realizar la transferencia de embriones.

### 6.8.5. Diámetro del Cuerpo Lúteo

Para diagnosticar los tamaños del cuerpo lúteo, se realizó mediante palpación rectal con un ecógrafo a los nueve días de haber retirado el implante CIDR, clasificándolos en escalas que van desde el 1 a 3, siendo el número 3 el más alto para con esto se preparó a la receptora que fue implantada al día siguiente de haber realizado esta actividad. A continuación, se presenta un cuadro de valoración para clasificar el tamaño del cuerpo lúteo.

**Tabla 8.***Escala para valoración de cuerpos lúteos en vacas.*

Escala	Descripción
Clase 1	Cuerpo lúteo pequeño, poco definido y sin presencia de corona radiata.
Clase 2	Cuerpo lúteo pequeño, definido y con presencia de corona radiata.
Clase 3	Cuerpo lúteo de gran proporción, bien definido y con presencia de corona radiata

*Nota.* En la tabla se muestra la valoración de los cuerpos lúteos en vacas.

Fuente: (HERNÁNDEZ CERÓN & ZARCO QUINTERO, 1998).

#### 6.8.6. Estadío del Embrión Implantado

Para evaluar el estado del embrión luego de ser implantado, se tomó en cuenta el reporte de laboratorio de la misma empresa, y se realizara su clasificación usando la propuesta de Strinfellow y Givens, (2010), donde se clasifica para el embrión según morfología y estado de desarrollo para la transferencia, se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 9.***Desarrollo y clasificación de embriones bovinos.*

Abreviatura	Estado del embrión después de la fertilización.	Clasificación
	No fecundado	1
	1 a 2 Células	2
Mt	Mórula temprana	3
M	Mórula	4
Bi	Blastocito temprano o inicial	5
Bl	Blastocito	6
Bx	Blastocito expandido	7
Bn	Blastocito eclosionado o protuido	8
Bex	Blastocito eclosionado expandido	9

*Nota.* En la tabla se presenta el desarrollo y clasificación de los embriones en bovinos.

Fuente: Strinfellow y Givens (2010).

#### 6.8.7. Porcentaje de Receptoras Preñadas

Para establecer el porcentaje de preñez en las vacas receptoras que fueron destinadas a los programas de transferencia de embrión, se determinó a los 35 días luego del trasplante embrionario, mediante el uso de ecografía transrectal, y se evaluó el porcentaje mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ De Receptoras preñadas} = \frac{\text{Número de preñadas} * 100}{\text{Total de receptoras transferidas}}$$

#### 6.8.8. Costo de los Protocolos (Tratamientos) por Preñez Detectada

Una vez culminada la investigación se desarrolló el análisis económico del total invertido, en todo el proceso de transferencia y se calculó el costo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costos por preñez detectada} = \frac{\text{Total de la inversión (\$)}}{\text{Número de receptoras preñadas}}$$

## VII. Resultados y discusión de la investigación

### 7.1. Edad

**Tabla 10.**

*Edad de las receptoras bovinas.*

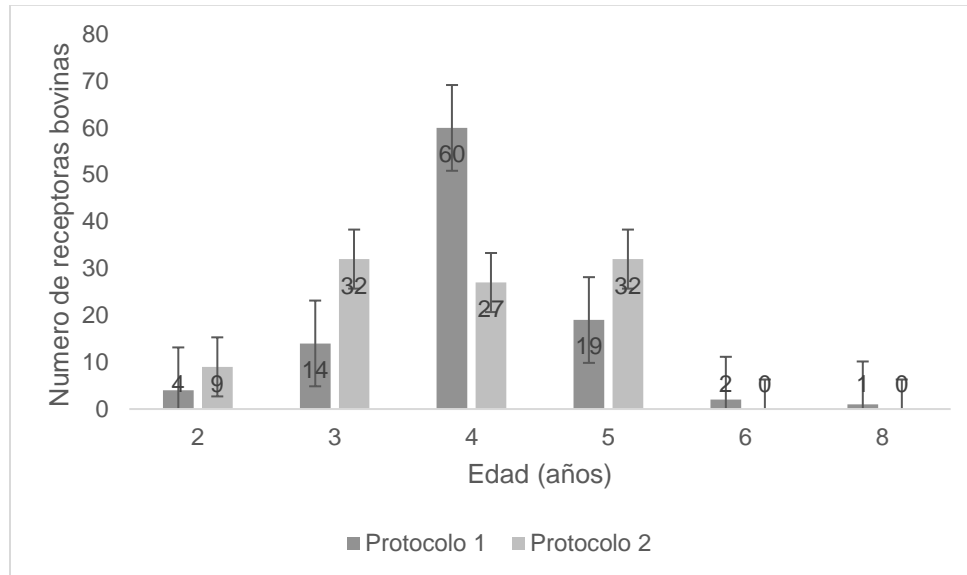
Edad (años)	Hembras bovinas por tratamiento	
	Protocolo 1	Protocolo 2
2	4	9
3	14	32
4	60	27
5	19	32
6	2	0
8	1	0
Total Vacas muestreadas	100	100

*Nota.* En la tabla se muestra la edad de las receptoras bovinas seleccionadas para transferencia de embriones, siendo el p-valor 0.001.

Como se observa en la tabla 10, dentro de la variable edad, con un 95% nivel de confianza se afirma que existe diferencia significativa en la variable edad, debido a que existió un mayor número de receptoras que abarcan rangos de edad entre 4 a 5 años, según Brown (2020), esa es la mejor edad para realizar este tipo de procesos con la finalidad de reducir los inconvenientes presentados en el manejo de las receptoras.

**Figura 3.**

*Clasificación de las hembras bovinas.*



*Nota.* Clasificación de las hembras bovinas seleccionadas para la transferencia de embriones según la edad.

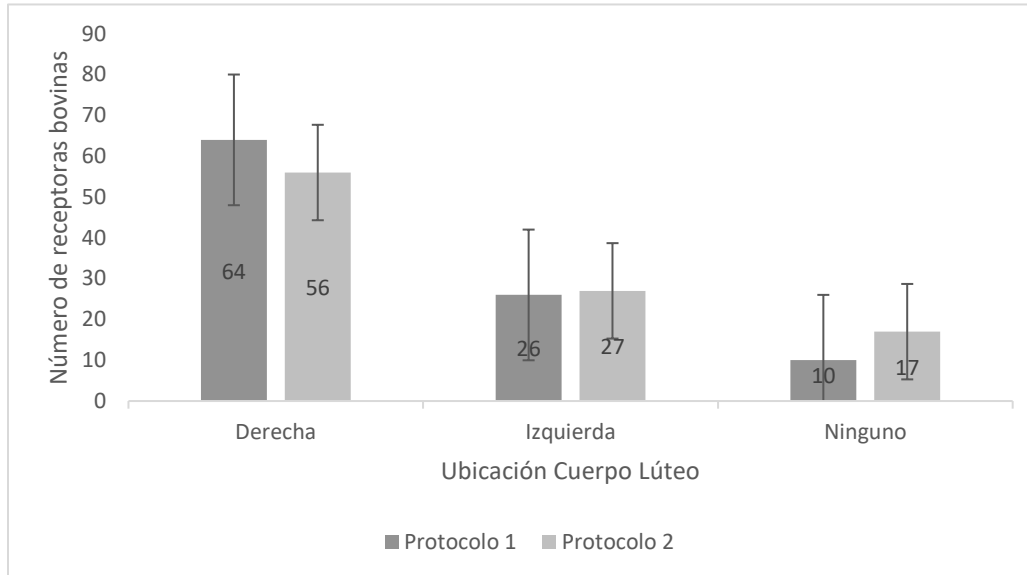
Fuente: Propia

Como señala Palma (2001), el uso de vacas entre uno a dos años no es recomendable debido a que se presentan inconvenientes en el manejo durante la gestación, parto y lactancia, por ende las vacas de edades entre tres años en adelante son más factibles porque cuentan con un historial reproductivo que permite identificar a las receptoras idóneas. De la misma manera Brown (2020), menciona que uno de los factores que afectan los resultados, en la transferencia de embriones en receptoras, es la utilización de novillas vírgenes que arrojan resultados poco viables, en comparación con una vaca adulta en donde se conocen aspectos físicos claves para la gestación. Por ello en la presente investigación se utilizó un 92% de vacas en edades comprendidas de 3 a 5 años para consigo garantizar una respuesta favorable del animal durante el proceso de transferencia de embriones.

## 7.2. Cuerpo lúteo

**Figura 4.**

*Presencia del Cuerpo Lúteo.*



*Nota.* Presencia de los cuerpos lúteos en los ovarios de bovinas receptoras.

Fuente: Propia

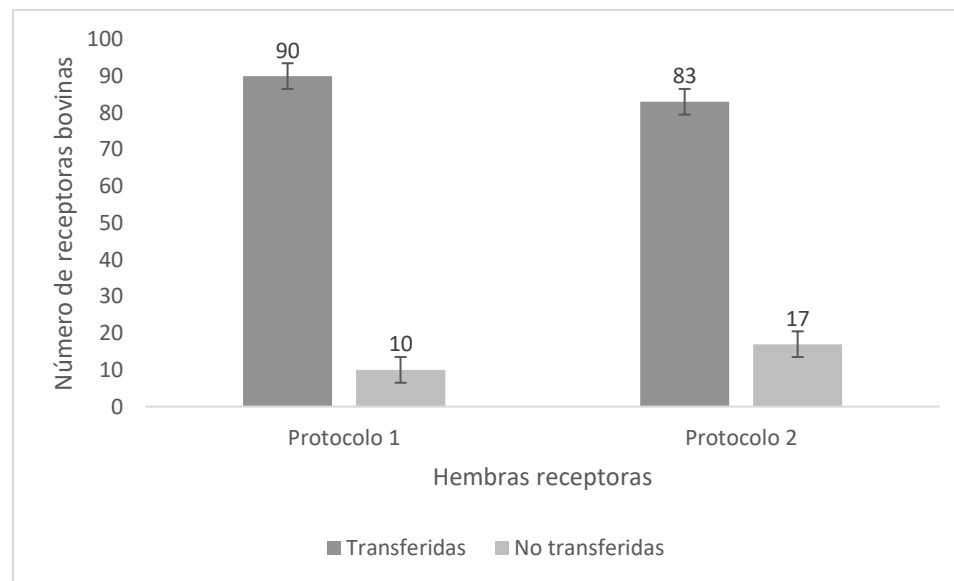
Bajo el p-valor de 0.3062, con respecto a la ubicación del cuerpo lúteo en la vaca receptora, se demuestra que esta variable no influye en los protocolos de sincronización de celo establecidos. Siendo el lado derecho del cuerno uterino el que presenta mayor contenido de cuerpos lúteos en los protocolos evaluados, existe gran cantidad de cuerpos lúteos en los ovarios en el lado derecho a diferencia del lado izquierdo del cuerno uterino, Perkins *et al.* (1954), argumentan que estos resultados son debido a que el cuerno derecho es de mayor tamaño que el izquierdo, Reece y Turner (1938), expresan que el mayor desarrollo de cuerpos lúteos suele darse en el lado derecho y en menor proporción en el izquierdo, considerando así que el ovario derecho contiene más peso, generando mayor actividad en los cuerpos lúteos y folículos. Roberts (1979), menciona que en las hembras bovinas el ovario derecho es más activo, siendo el peso y volumen mayor que en el ovario izquierdo, por ello se determina, que el 60% de diagnóstico de preñez se da en cuerno derecho y 40%

en el lado izquierdo. Por ende, se evidencian en los tratamientos evaluados 64 cuerpos lúteos en protocolo uno, 56 cuerpos lúteos en el protocolo dos presentes en los ovarios del cuerno uterino derecho identificados previamente con un ecógrafo mediante palpación transrectal siendo esto necesario para la implantación del embrión después de haber realizado la sincronización de celo.

### 7.3. Cantidad de receptoras bovinas

#### Figura 5.

*Cantidad de Hembras receptoras transferidas.*



*Nota.* Hembras receptoras que fueron transferidas luego de la sincronización de celo.

Fuente: Propia

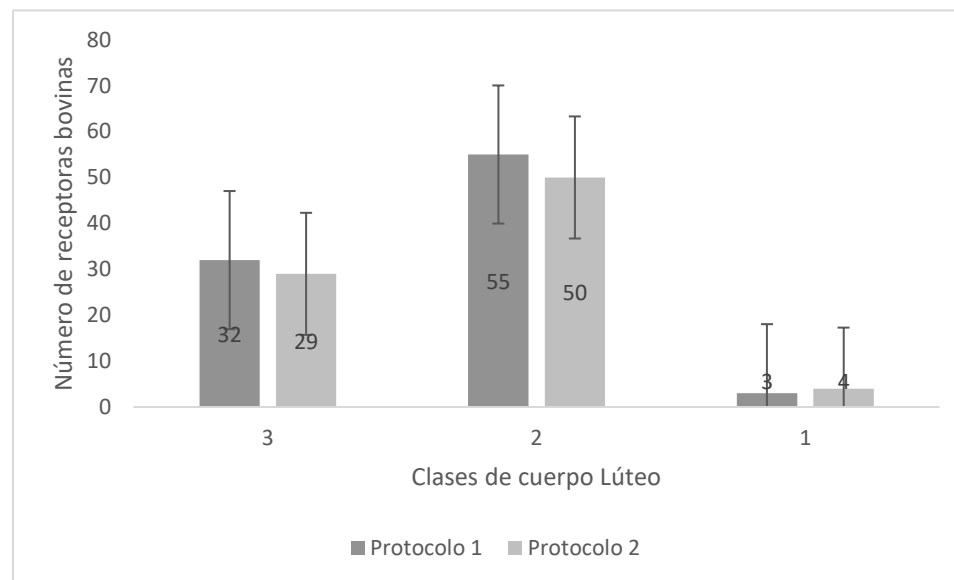
Al obtener un p-valor de 0.1475, determina que no influye el número de receptoras sometidas a la transferencia de embriones, esto se debe a que existió una respuesta de 83 receptoras bovinas para el protocolo uno, 90 para el protocolo dos. Revisando la figura 5, existió un alto número de hembras receptoras que fueron tomadas en consideración para la implantación de los embriones, esta respuesta está relacionada con el manejo proporcionado antes y durante el proceso de la transferencia.

Duica *et al.* (2007), puntualiza que manejo sanitario referente a la aplicación de vacunas e inyecciones para el animal al no ser adecuado ocasiona un resultado negativo al momento de la transferencia. En el trabajo realizado por Marín (2012), tampoco se encontró que la influencia de la cantidad de receptoras influya en el proceso de sincronización, comenta que el aspecto más importante, es el cuidado minucioso tanto en receptoras como donadoras. Siendo así, se confirma que la cantidad de receptoras bovinas aptas para ser transferidas no afecta en el proceso de sincronización de celo, cuando se enfocan en el bienestar animal.

#### 7.4. Clases de Cuerpo lúteo.

##### Figura 6.

*Clases de Cuerpo Lúteo encontrados en las receptoras.*



*Nota.* Clasificación de las clases de cuerpo lúteo encontrados en las hembras bovinas.

Fuente: Propia

Tomando en cuenta el p-valor 0.8844, los resultados de la figura 6 expresan que las clases de cuerpo lúteo encontrados en las receptoras bovinas



no afectan en el proceso de sincronización de celo en los protocolos utilizados, existió cuerpos lúteos de clase dos y tres en mayor cantidad, lo cual demuestra la eficiencia de la sincronización de celo, los cuales son encargados de secretar la progesterona necesaria para una preñez futura, En el proceso de sincronización de celo se logró la ovulación y con ello un cuerpo lúteo viable siendo los resultados entre 90 y 83% considerándose como respuesta positiva, este resultado fue similar a lo realizado por Mojica (2013), donde en una de sus investigaciones logro el 80% de ovulaciones. Oyuela y Jiménez (2010), expresan que el cuerpo lúteo debe producir una cantidad considerable de progesterona, para mantener la preñez del embrión. Spencer *et al.* (2004) y Rodríguez *et al.* (2007), plantean que el cuerpo lúteo se encuentra relacionado con porcentajes de preñez altas ya sea en la transferencia embrionaria o inseminación artificial.

#### 7.5. Embrión implantado

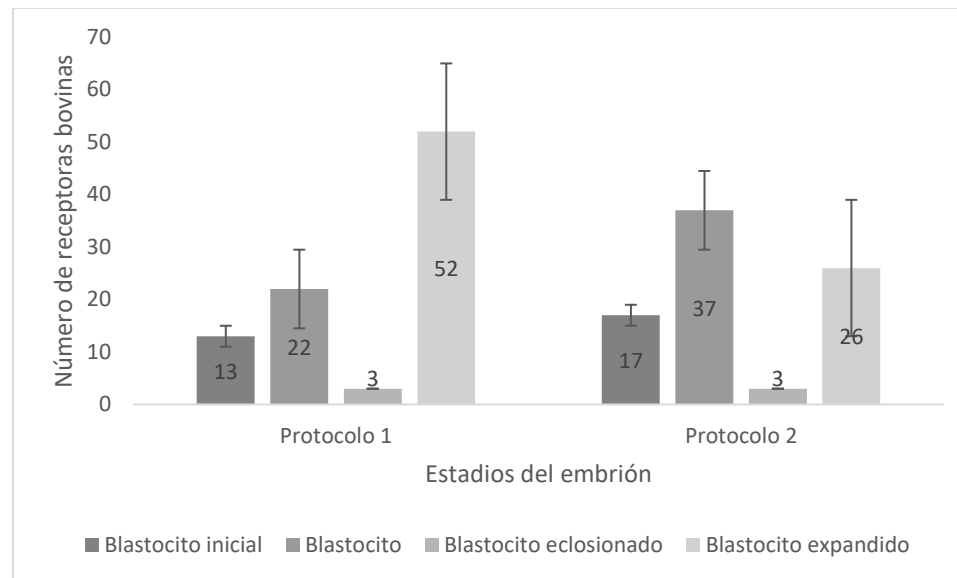
**Tabla 11.**

*Estadio de desarrollo del embrión*

Estado de desarrollo	Hembras bovinas por tratamiento	
	Protocolo 1	Protocolo 2
Blastocito inicial	13	17
Blastocito	22	37
Blastocito eclosionado	3	3
Blastocito expandido	52	26
Total Vacas muestreadas	90	83

*Nota.* Estadios de los embriones implantados en las receptoras bovinas que respondieron al protocolo, p-valor 0.0052.

Tomando en cuenta el 95% nivel de confianza (Tabla 11), se confirma que el estadio del embrión implantado en las receptoras influyó al momento de detectar preñez, debido a que se utilizaron diversos embriones a partir de blastocito inicial hasta la etapa blastocito expandido.

**Figura 7.***Estadio de desarrollo del embrión.*

*Nota.* Embriones implantados en las receptoras bovinas que respondieron al protocolo.

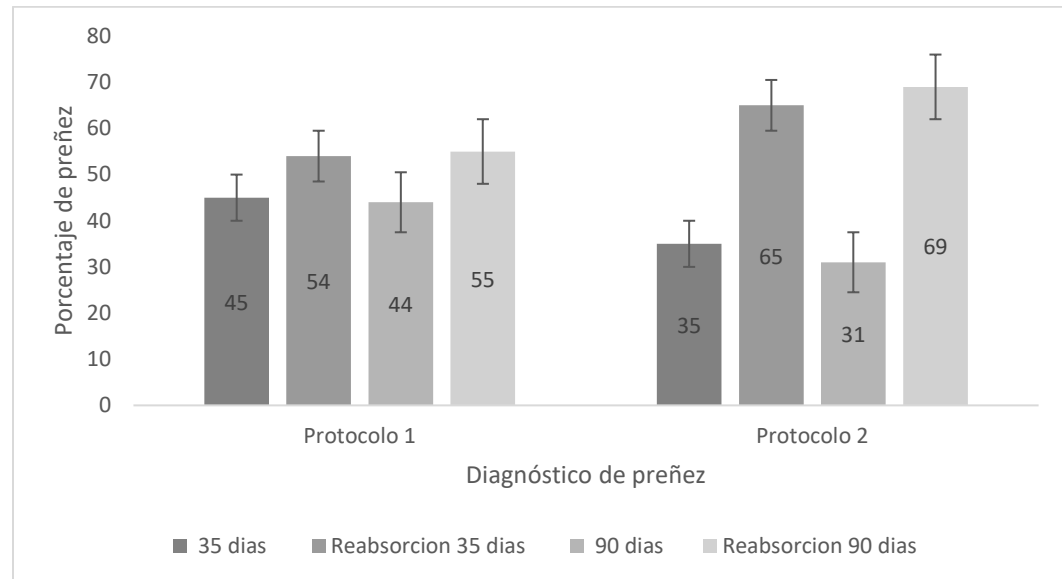
Fuente: Propia

Como se observa en la figura 7, los estadios de embriones que se utilizaron en su mayoría fueron aquellos que se encontraban en etapa de blastocito y blastocito eclosionado. De acuerdo con Hasler *et al.* (1995), existen resultados de preñez de 56% al usar Blastocito inicial, Blastocitos expandidos y eclosionados el 43-41%. Cutini *et al.* (2000), expresa que cuando existan bajos porcentajes de preñez, se le puede atribuir dicho resultado a los daños mecánicos en la recolección, o por haber estado mucho tiempo en el útero de su donante. Vera (2019), manifiesta que los blastocitos eclosionados muestran características como: libres de la zona pelúcida, estructura esférica, y blastocele bien definido, esto ayuda a sensibilizar la pared del útero de la receptora ocurriendo el reconocimiento materno, garantizando así tener un porcentaje de preñez considerable, los embriones deben poder eclosionar y hospedarse en el útero de las receptoras, por lo cual en el presente trabajo se evidencia el uso de embriones principalmente en estadio blastocito y blastocito eclosionado.

## 7.6. Porcentaje de preñez

### Figura 8.

#### Diagnóstico de preñez.



*Nota.* Evaluación de los porcentajes de preñez presentados en los protocolos.

Fuente: Propia

Estimando el p-valor 0.1073, queda demostrado que el porcentaje de preñez no afecta en los protocolos de sincronización realizados, existiendo intervalos entre 31 a 44% de preñez al termino de los 90 días post transferencia, dentro de la figura 8 se evidencian porcentajes a los 30 y 90 días culminado el proceso de implantación de embriones, siendo el protocolo uno quien alcanzo un 45-44%, en comparación del protocolo dos 35-31% en el diagnóstico de preñez, en ambos protocolos se utilizó embriones en fresco. Desde el punto de vista de Kimura y Matsuyama (2014), el porcentaje de preñez óptima esta entre el 40 - 70% y el resultado varía en caso de que el embrión utilizado sea fresco, congelado o vitrificado. En la opinión de Martínez (2009), expresa que actualmente las tasas de preñez donde se utilizan embriones bovinos transferidos en vivo van entre 40 a 70%. Cutini et al (2000), explica que la calidad del embrión puede establecer los resultados finales, pero existen otros aspectos que pueden estar relacionados con la receptora.

7.7. Costo de implementación y mantenimiento de protocolos de preñez establecidos.

**Tabla 12.**

*Relación Costo Beneficio de los tratamientos analizados.*

Materiales	Unidad	Protocolo Uno			Protocolo Dos		
		Cantidad	Precio Unitario (\$)	Valor total (\$)	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Valor total (\$)
<b>Egresos</b>							
Insumos veterinarios							
Calfosvit		1	5	5	1	5	5
Implantes		1	6.02	6.02	1	6.02	6.02
Benzoato de estradiol		1	0.96	0.96	1	0.96	0.96
Sincro ECG		1	4.06	4.06	1	4.06	4.06
Sincro CP		1	0.25	0.25	1	0.25	0.25
Lidocaína		1	0.1	0.1	1	0.1	0.1
Varios		1	1	1	1	1	1
Asistencia técnica							
Diagnóstico de actividad ovárica (DAO)	Jornal	2	100	200	2	100	200
Diagnostico Preñez	Jornal	2	100	200	2	100	200
Costo por vacas que responden al protocolo							
Costo por preñez	Jornal	1	200	200	1	200	200
Recursos físicos							
Mano de obra	Jornal	70	18	1260	70	18	1260
Total de egresos			1877.39			1877.39	
Ingresos							
Embriones viables		40	500	20000	26	500	13000
Total de ingresos			20000			13000	

Diferencia	18122,61	11122,61
Relación Costo/Beneficio	9.65	5.92

---

Dentro de la tabla 12, se evidencian los egresos e ingresos de los protocolos evaluados, siendo de vital importancia el análisis económico, los egresos representan la inversión que se realiza en cada protocolo contando desde insumos veterinarios, mano de obra y asistencia técnica, mientras los ingresos se ven plasmados en el número de embriones viables de cada protocolo, estos embriones al nacer tienen un valor de venta de \$500, considerando entonces el análisis costo/beneficio del protocolo uno por cada dólar que se invierte se obtuvo una ganancia de \$ 9.65, mientras que en el protocolo dos se tiene una ganancia de \$ 5.92.

## VIII. Conclusiones

Debido a esto el protocolo con mayor eficiencia en cuando a la respuesta de sincronización de celo y preñez fue el protocolo uno, el cual favorece en un 90% de respuesta al celo y un 44% preñez, frente a un 83% de presencia de celo y 31% preñez que correspondía al protocolo dos, respectivamente la edad y tipo de embrión implantado influyeron en los protocolos de sincronización realizados.

Dentro del proceso de sincronización de celo, no existió variantes que alteren la respuesta de preñez en las bovinas receptoras a excepción de la edad y tipo de embrión implantado en la receptora bovina en ambos protocolos evaluados.

El tratamiento uno (protocolo de 17 días) es más rentable que el tratamiento dos (protocolo de 18 días) en la relación costo/beneficio de \$ 9.65 ante \$5.92.

## IX. Recomendaciones

Se debe realizar una evaluación a las vacas destinadas a ser receptoras de embriones, con respecto a la condición corporal, presencia de cuerpo lúteo, forma, textura, tamaño, forma del útero y cérvix antes de la selección, además de su historial reproductivo y habilidad materna.

La edad es un factor determinante ante la concepción y tasas de preñez, se recomienda el uso de las vacas multíparas desde los tres años hasta los 5 años debido a que son más viables, contienen registros de su manejo, producción, y facilidad de parto, a diferencia de vacas primíparas las cuales su historial reproductivo es desconocido.

Se debe realizar la identificación del cuerpo lúteo mediante palpación transrectal, para conocer el estado en el que se encuentra la receptora bovina, lo cual ayuda a evitar situaciones de estrés en el animal al momento de realizar la transferencia y posterior diagnóstico de preñez.

El embrión que se recomienda para ser implantado es en estado Blastocito eclosionado, debido a que en esta etapa se encuentra libre de la zona pelúcida, se encuentra en forma esférica, con su blastocele definido, lo cual ayudara al reconocimiento materno dentro del útero receptor.

Se recomienda evitar movimientos excesivos que ocasionen estrés al animal, estar en constante observación para asegurarse de que la receptora transferida no presenta celo, en el lapso de 35 y 90 días se debe realizar la confirmación de preñez mediante ecografía transrectal.

## XI. Bibliografía

Agro Meat. (2010). *Causas de infertilidad en ganado bovino*. Buenos Aires: Agro Meat.

ABC Color. (2019, 6 mayo). *Transferencia de embriones en vacas lecheras - Dr. José Frutos (\*)*. <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/transferencia-de-embriones-en-vacas-lecheras---dr-jose-frutos--1337843.html#:~:text=La%20transferencia%20de%20embriones%20es,producci%C3%B3n%20para%20multiplicar%20su%20gen%C3%A9tica.>

Arteaga, M., & García Peláez, I. (2013). *Embriología humana y biología del desarrollo*. Panamericana.

Balleza, Ángel Mexicano. (2009). *Principales protocolos de sincronización del estro utilizados en la ganadería bovina y su costo beneficio en la actualidad*. [En línea] 08 de 2009. [Citado el: 12 de 05 de 2021.] <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/677/2/Tesis.pdf>

Bavera, G., & Peñafort, C. (2000). *PRÁCTICA DE LA PALPACIÓN RECTAL*. Río Cuarto - Córdoba: Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC.

Becaluba, Facundo. (2006). *Producción animal*. [En línea] 2006. [Citado el: 04 de 06 de 2015.] [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/92-metodos\\_sincronizacion.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/92-metodos_sincronizacion.pdf).

Bó G. A., Pierson R. A., Tribulo H. E., Caccia M., & Mapletoft R. J. (1994). *Follicular wave dynamics after estradiol treatment of heifers with or without a progestogen implant*. *Theriogenology*.

Broadbent P. J., Stewart M. & Dolman D. F. (1991). *Recipient management and embryo transfer*. *Theriogenology*, Vol. 1(35). [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(91\)90152-4](https://doi.org/10.1016/0093-691X(91)90152-4)



Carpena Mario. (2020). *Manejo Integral Receptoras - JB Genetics* [Video]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=B6ptc1mFo\\_Y](https://www.youtube.com/watch?v=B6ptc1mFo_Y)

Castellanos Juarez, L., & Matta Reyes, J. (2014). Detección temprana de preñez con ultrasonido de tiempo real (UTR) en bovinos. Noviembre: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Castillo, C., Benedito, J., López Alonso, M., Miranda, M., & Hernández, J (2001). Importancia del estrés oxidativo en ganado vacuno: en relación con el estado fisiológico (preñez y parto) y la nutrición. 33(1), 5-20.

Cedeño A. & Bó G. (2000). *Nuevos programas de sincronización de receptoras de embriones bovinos*. Instituto de Reproducción Animal Córdoba (IRAC).

Colazo M. G. (2017). *Estado actual y aplicaciones de la transferencia de embriones en bovinos | Colazo | Ciencia Veterinaria*. <https://cerac.unlpam.edu.ar>. <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/1887/1849>

Colazo M., Mapletoft R., Martínez M., & Kastelic J. (2007). *El uso de tratamientos hormonales para sincronizar el celo y la ovulación en vaquillonas*. Ciencia Veterinaria.

Córdova A., Hernández J. & Ruiz R. (1983). *Luteólisis inducida por prostaglandinas en ganado cebú*. Tec. Pec. Mex.

Cutini A., Teruel M. & Cabodevila J. (1999). *Criopreservación de embriones de especies de interés pecuario*. Revista Argentina Producción Animal, Vol.19, pp. 447-469. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa>

Cutini, A., Teruel, M., & Cabodevilla, J. (2000). *Factores que determinan el resultado de la transferencia no quirúrgica de embriones bovinos*. *Taurus*, 8, 28–39.

De La Fuente J. (2009). *Producción asistida en el vacuno de leche. Obtención y evaluación*, Vol. 1.

De La Fuente J., Fuente S. & Martínez Bello D. (2012). *La transferencia de embriones, una herramienta más para el veterinario clínico*. XVII Congreso Internacional de Medicina Bovina, Santander.

De la Cruz Peña D. M. (2016). *Tasas de preñez en vacas lecheras utilizando diferentes protocolos de sincronización de celo.*

De Los Santos S., Martínez E., Ruiz R. & González E. (1979). *Comparación de la prostaglandina y de implantes del SC21009 como sincronizadores del estro en ganado bovino.* Tec. Pec. Mex.

Duica A., Tovío N. & Grajales H. (2007). *Factores que afectan la eficiencia reproductiva de la hembra receptora en un programa de trasplante de embriones bovinos.* Revista de Medicina Veterinaria, Vol.14, pp. 107-124.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4943764>

Duica Amaya A. (2010). *Efecto del diámetro del folículo ovulatorio, tamaño del cuerpo lúteo y perfiles de progesterona sobre la tasa de preñez en la hembra receptora de embriones bovinos.* www.bdigital.unal.edu.co.  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/3775/1/780174.2010.pdf>

Echeverry M. (2019). *5 características de las vacas receptoras de embriones.* CONtexto ganadero | Noticias principales sobre ganadería y agricultura en Colombia. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/5-caracteristicas-de-las-vacas-receptoras-de-embriones>

Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua –ESPAC (2019). *Levantamiento estadístico de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC).*  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf)

Farfán Rojas O. O. & Porras Vargas J. L. (2014). *Evaluación de la tasa de concepción de tres razas bovinas receptoras de embriones en el Trópico Alto.* Ciencia y Agricultura, Vol. 11, pp. 77-83.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560058658009>

Fuentes, S. (2000). *Utilización de tratamientos hormonales para la sincronización de novillas receptoras de embriones.* Producción Animal.

Gordon, I. (1976). *Cattle twinning by the egg transfer approach*. Commission of the European Communities.

Hafez, E. S. (1996). *Reproducción e inseminación artificial en animales*. Interamericana, Vol. 6. F B

Hasler, J., Henderson, W., Hurtgen, P., Jin, Z., McCauley, A., Mower, S., Neely, B., Shuey, L., Stokes, J., & Trimmer, S. (1995). *Production, freeing and transfer of bovine IVF embryos and subsequent calving results*. *Theriogenology*, 43, 143–153.

Henao, G., & Trujillo, L. (2000). Establecimiento y desarrollo de la dominancia folicular bovina. *Rev Col Cienc Pec*, 13(2), 108-110.

HERNÁNDEZ CERÓN , J., & ZARCO QUINTERO, A. (1998). *FUNCIÓN DEL CUERPO LÚTEO Y MUERTE EMBRIONARIA EN RUMIANTES* (Vol. 8). (M. V. Zootecnia, Ed.) México D.F: Nacional Autónoma de México Ciudad.

Hernández Cerón, J., & Morales Roura, J. (2001). Falla en la concepción en el ganado lechero: Evaluación de terapias hormonales. *Redalyc*, 32(4), 279-287.

James Brown Pharma. (2020, 18 agosto). *Producción Embriones FIV - JB Genetics* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=wZOQLcC5Mf0>

Jiménez, C. (2005). *Enfermedades transmisibles por la técnica de transferencia de embriones*. Memorias, Congreso internacional de reproducción bovina. Bogotá, Colombia.

Jiménez, C. (2009). *Superovulación: estrategias, factores asociados y predicción de la respuesta superovulatoria en Bovinos*. Facultad de medicina Veterinaria y de Zootecnia.

Kanawaga, H. (1993). Bovine Embryo Transfer. *Japan International Cooperation Agency (JICA)*, 168. [http://jlta.lin.gr.jp/kaigai/pdf/kaigai\\_m012.pdf](http://jlta.lin.gr.jp/kaigai/pdf/kaigai_m012.pdf)

Kimura, K., & Matsuyama, S. (2014). *Successful Nonsurgical Transfer of Bovine Elongating Conceptuses and its application to sexing*. *Journal of Reproduction and Development*. Published.

Lamb G. C., Smith M. F., Perry G. A., Atkins J. A., Risley Y. O., Busch D. C., & Patterson D. J. (2010). *Reproductive Endocrinology and Hormonal Control of the Estrous*

Cycle. Bovine Practitioner, Vol. 1, pp. 18-26.  
<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143185733>

Lefebvre D. M. & Block E. (1992). *Effect of recombinant bovine somatotropin on estradiol-induced estrous behavior in ovariectomized heifers*. J. Dairy.

Lucy M. C. (2006). *Estrus: Basic Biology and Improving Estrous Detection*. Proc. Dairy Cattle Reproductive Conference. *Transferencia no quirúrgica de embriones en el ganado bovino*. Universidad Autónoma de Baja California.

Núñez Beltrán V. (2014). *Tasa de preñez de la transferencia de embriones frescos en vacas receptoras Holstein con celo sincronizado o con celo natural*.

Martínez M. F., Adams G. P., Bergfelt D., Kastelic J. P. & Mapletoft R. J. (1999). *Effect of LH or GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in heifers*. Anim. Reprod. Sci.

Marín Reinoso, J. R. (2012). *Factores que afectan la eficiencia reproductiva de la hembra receptora en un programa de transferencia de embriones bovinos* (1.ª ed., Vol. 1). Universidad de Cuenca.

Mojica, K. (2013). *Evaluación de un tratamiento de sincronización de celo para inseminación a tiempo fijo en novillas de la raza Brahman*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. p: 65.

Ortega Ornelas, A., López Ordaz, R., Mapes, G., Ortiz González, Ó., & Hernández Cerón, J. (2012). *Patologías uterinas y fertilidad de vacas lecheras tratadas con dos inyecciones de PGF2 $\alpha$  en las primeras 48 horas posparto*. (Veterinaria México, Ed.) *Scielo*, 3, 235-240.

Ortiz Sanabria S. D. & Ávila Parra, K. Y. (2020). *Fundamentos y métodos actuales de detección de celo en bovinos*. Seminario de Profundización en Reproducción Bovina.  
[https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17509/2/2020\\_fundamentos\\_metodos\\_actuales.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17509/2/2020_fundamentos_metodos_actuales.pdf)

Oyuela A. y Jiménez C. (2010). *Factores que afectan la tasa de preñez en programas de*

*transferencia de embriones*. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 57(3), 159-167.

Palma, G. A. (2001). *Biología de la Reproducción*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Vol, 6.

Palma, G. A. (2001). *Evaluación morfológica de los embriones*. www.reprobiotec.com. [http://www.reprobiotec.com/libro\\_rojo/capitulo\\_07.pdf](http://www.reprobiotec.com/libro_rojo/capitulo_07.pdf)

Palma G. & Brem G. (1993). *Transferencia de embriones y biología de la reproducción en la especie bovina*. Editorial Hemisferio Sur S.A. [http://www.reprobiotec.com/libro\\_verde/cap\\_01.pdf](http://www.reprobiotec.com/libro_verde/cap_01.pdf)

Palma, A. G. (2001). *Biología de la reproducción*. Buenos Aires, Argentina. Pág. 61- 69.

Peláez Peláez, V. (2011). *PRODUCCIÓN IN VITRO DE EMBRIONES BOVINOS*. (E. D. ZOOTECNIA, Ed.) Cuenca: UNIVERSIDAD DE CUENCA.

Peng, X., Hsueh, A., Lapolt, P., Bjersing, L., & Ny, T. (1991). Localization of luteinizing hormone receptor messenger ribonucleic acid expression in ovarian cell types during follicle development and ovulation. *endocrinology*.

Pesquera A. I. D. S. Y. (2018). *La ganadería: Símbolo de fortaleza del campo mexicano*. www.gob.mx. <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-ganaderia-simbolo-de-fortaleza-del-campo-mexicano>

Perkins, J., Olds, D., & Seath, D. (1954). A study of 1,000 bovine genitalia (37.a ed., Vol. 10). *J Dairy Sci*.

Porras Almeraya A. & Páramo Ramírez R. M. (2009). *Manual de prácticas de reproducción animal*, Vol. 1. [https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales\\_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Reproduccion%20Animal.pdf](https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Reproduccion%20Animal.pdf)

Pisa Agropecuaria. (2020). *La reproducción en la vaca*. [www.ganaderia.com](https://www.ganaderia.com). <https://www.ganaderia.com/destacado/La-reproduccion-en-la-vaca>

Ramírez F. D., Agropecuario I. C. & Instituto Colombiano Agropecuario. (2004). *Manual del ganadero actual*. Grupo Editorial Patria.

Reece, R., & Turner, C. (1938). The functional activity of the right and left bovine ovary. (21.a ed., Vol. 1). J Dairy Sci.

Rippe, C. (2009). *El ciclo estral*. Researchgate.net. [https://www.researchgate.net/profile/Christian\\_Rippe2/publication/265116863\\_EL\\_CICLO ESTRAL/links/55143dd70cf2eda0df308475/EL-CICLO-ESTRAL.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Christian_Rippe2/publication/265116863_EL_CICLO ESTRAL/links/55143dd70cf2eda0df308475/EL-CICLO-ESTRAL.pdf)

Robertson, E. (2015). *Embryo collection and transfer*. Bovine reproduction, Vol. 3(1).

Robles Camargo, T. (2011). *Diagnóstico de gestación por palpación rectal en bovinos*. (F. Produce, Ed.) Sinaloa: SAGARPA.

Rodrigues do Valle, E. (1991). O ciclo estral de bovinos e métodos de controle. Sao Paulo: EMBRAPA-CNPGC.

Rodríguez, J. M., Giraldo, C., Castañeda, S., Ruiz, T. y Olivera, M. (2007). *Análisis multifactorial de las tasas de preñez en programas de transferencia de embriones en Colombia*. Revista Mvz, Córdoba, 12(2), 978-984.

Rojas, M., & Rodríguez, Á. (2014). Anexos Embrionarios. *Int. J. Med. Surg. Sci.*, 4, 301-309,.

Roberts, Sthephen. (1979). *Obstetricia veterinaria y patología de la reproducción teriogenología*. Buenos Aires: Hemisferio Sur: p:624-642.

Sathananthan, A., Trouson, A., & Word, C. (1986.). *Atlas of fine structure of human sperm penetration, eggs and embryos cultured in vitro*. New York: Praeger.

SIPA. (2019). *Número de Cabezas de Ganado por Categoría*. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitaria - Sistema Fiebre Aftosa Ecuador (SIFAE).

SPACE. (2011). Planeta ganadería. Revista Técnica Ganadera, Vol. 11(72).

Sreenan J. M. & Diskin M. G. (1987). *Factors affecting pregnancy rate following embryo transfer in cow*. Theriogenology.

Stevenson J. L., Rodríguez J. A., Braga F. A., Bitente S., Dalton J. C., Santos J. E. & Chebel R. C. (2008). *Effect of breeding protocols and reproductive tract score on reproductive performance of dairy heifers and economic outcome of breeding programs*. J Dairy.

Spencer, T., Burghardt, R., Johnson, G. y Bazer, F. (2004). *Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy*. Animal Reproduction Science, 82, 537-550.

Stringfellow, D., & Givens, M. (2010). *Manual of the International Embryo Transfer Society (IETS)*. Champaign, IL.

Varago F. C., Mendonga L. F. & Lagares M. A. (2008). *Producción in vitro de embriones bovinos: estado del arte y perspectiva de una técnica en constante evolución*. Revista Brasileña de Reproducción Animal, Vol. 32, pp. 100-109. [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000095&pid=S1519-9940201400030002500020&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000095&pid=S1519-9940201400030002500020&lng=en)

Veeck , L. (1988). Oocyte assessment and biological performance. Ann NY Acad Sci.

Veeck , L. (1998). En A. A. Conceptuses.. Parthenon Publishing.

Vélez Marín, M., & Uribe Velásquez, L. (2010). ¿Como afecta el estres calorico la reproduccion? *Biosalud*, 9(3), 83.

Vera Valverde, M. (2019). *Comparativo del porcentaje de fertilidad de embriones transferidos en estadio de blastocitos expandidos y blastocitos eclosionados en ganado vacuno*. [dspace.unitru.edu.ec. https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12649/Vera%20Valverde%2c%20Maribel%20Del%20Pilar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12649/Vera%20Valverde%2c%20Maribel%20Del%20Pilar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Yániz J. & López F. (2006). *Revisión de los métodos de sincronización del estros en vacuno lechero*. Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Zaragoza, Huesca, pp. 22.

Zambrano, R. (1998). *Influencia de PGF2 $\alpha$  y FSH en la sincronización de celos con progestágenos en vaquillas*. Zamorano.

Zárate Guevara, O. (2006). *Comparación de dos metodos de criopreservacion de ovocitos bovinos*. Veracruz: Universidad Veracruzana.