

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EFFECTO DE DOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELO SOBRE LA
DINÁMICA FOLICULAR Y PORCENTAJE DE GESTACIÓN EN GANADO
LECHERO, FINCA EBENEZER, YORO, YORO**

POR

KEVIN ALEXANDER LOPEZ SANTOS

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2024

**EFFECTO DE DOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELO, SOBRE LA
DINAMICA FOLICULAR Y PORCENTAJE DE GESTACIÓN EN GANADO
LECHERO, FINCA EBENEZER, YORO, YORO**

POR:

KEVIN ALEXANDER LOPEZ SANTOS

JOSÉ FRANCISCO AGUIRIANO SANCHÉZ
Asesor Principal

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIATURA EN
MEDICINA VETERINARIA**

CATACAMAS

NOVIEMBRE, 2024

OLANCHO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
Catacamas, Olancho

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los suscritos miembros del Comité Evaluador del Informe Final del Investigación certificamos que:

El estudiante **Kevin Alexander López Santos** del VI Año de Medicina Veterinaria presento su informe intitulado:

**“EFECTO DE DOS PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE CELO SOBRE LA
DINÁMICA FOLICULAR Y PORCENTAJE DE GESTACIÓN EN GANADO
LECHERO, FINCA EBENEZER, YORO, YORO”**

El cual, a criterio de los evaluadores, _____ el presente trabajo de investigación como requisito previo para optar al título de Médico veterinario.

Dado en la ciudad de Catacamas, Departamento de Olancho, a los dos días del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro.

M.Sc. José Francisco Aguiriano
Asesor Principal

Ph.D. Carlos Ulloa.
Asesor Auxiliar

M.Sc. Marvin Flores
Asesor Auxiliar

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por regalarme la vida, porque me ha ensaado que por difícil que sea el camino con su ayuda todo me es posible.

A mis padres: Jhonny A. Lopez Cárcamo y Sandra C. Santos Zuniga, por brindarme fuerzas en los momentos necesarios, por darme el apoyo para una formación profesional y valorar cada meta alcanzada en mi vida que me encaminara en el trayecto de mi profesión.

A mis Abuelos: Fautino Lopez Castros, Elvia Rosalia Carcamo, Héctor Manuel Pinto y Amparo Zuniga Guerrero, por brindarme fuerzas en los momentos necesarios, por darme el apoyo para una formación profesional y valorar cada meta alcanzada en mi vida que me encaminara en el trayecto de mi profesión

A mis hermanos (as): Jhonny López, Bryan Cabrera, Scarleth Duarte y en especial a mi hermano **Alexander Mauricio López** quien fue una de las principales personas que me apoyo durante este largo proceso, los cuales son un motivo de inspiración.

AGRADECIMIENTO

A la **Universidad Nacional de Agricultura**, que me acogió y brindó sus conocimientos durante mi formación. A los catedráticos que me brindaron sus conocimientos sin exigencia alguna, que compartieron sus conocimientos en el aula de clases, en el hospital veterinario y en el área ganadera.

A mi tío **Ing. Walter López**, por brindarme todo su apoyo incondicional y consejos en cada momento de mi formación universitaria.

A mis grandes amigos y **Doctores Francisco Aguiriano, Carlos Cartagena, David Cantarero y Carlos Pinto**, por sus conocimientos impartidos y por su confianza como amigos personales antes, durante y después mi formación universitaria, al personal de **Rancho Gavilanes y Finca Ebenezer** por su valiosa colaboración y disposición durante la investigación.

A mis amigos de Universidad **Juan Amaya y Kevin Murillo**, y primos **Mauro Galeano, Gerson Galeano y Daniel Maldonado** por brindarme su colaboración, apoyo y amistad durante el desarrollo de la investigación y mi formación académica.

A las empresas **Zoetis** a cargo en Honduras por el **Ing. Lenin Flores, Agrodepot Honduras** a cargo del **Ing. Oscar Bustillo y Tecnología Lechera** por su valioso apoyo incondicional para poder desarrollar la investigación.

Al **Ph.D. Carlos Ulloa y M.Sc. Marvin Flores**, por brindarme su apoyo y sus conocimientos con toda su voluntad durante el desarrollo de esta investigación con sus valiosos aportes de valor científico.

Al **Señor José Luis Castro**, por brindarme todo su apoyo y sus conocimientos durante el desarrollo de la investigación.

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE ILUSTRACIONES	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
GLOSARIO	xii
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCIÓN	14
II. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
III. HIPÓTESIS	16
3.1. Hipótesis Nula	16
3.2. Hipótesis Alternativa.....	16
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
4.1. El ciclo estral de la vaca	17
4.2. Dinámica Folicular	18
4.3. Principales Hormonas que actúan en el ciclo estral de la vaca	18
4.4. Etapas del ciclo estral en la especie bovina.....	19
4.4.1. Proestro	19
4.4.2. Estro	19
4.4.3. Metaestro	20
4.4.4. Diestro	20
4.5. Sincronización de celo	21

4.6.	Hormonas	22
4.6.1.	Uso de cloprostenol (análogo de la prostaglandina F2 α), Progestágenos y análogos de GnRH.....	22
4.6.2.	Uso Prostaglandinas y análogos de GnRH.....	24
4.7.	Inseminación Artificial.....	25
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	27
5.1.	Ubicación de la investigación	27
5.2.	Delimitación espacial	27
5.3.	Recurso animal.....	27
5.4.	Materiales y equipos.....	28
5.5.	Método	28
5.6.	Selección de la muestra	29
5.7.	Manejo de los animales	29
5.8.	Tonificación	30
5.9.	Sincronización de celo	31
5.9.1.	Protocolo para el grupo A denominado Testigo (GT).....	31
5.9.2.	Protocolo convencional modificado para el denominado grupo B (PCM)	31
5.9.3.	Protocolo Ovsynch para el denominado grupo C (POV)	32
5.10.	Evaluación ecográfica del folículo dominante y cuerpo lúteo	32
5.11.	Evaluación ecográfica del cuerpo lúteo y tasa de preñez post inseminación.....	32
5.12.	Tratamientos.....	33
5.13.	Diseño experimental.....	34
5.14.	Variables evaluadas.....	34
5.14.1.	Crecimiento y calidad del folículo preovulatorio	34
5.14.2.	Tamaño y calidad del cuerpo lúteo.....	35
5.14.3.	Tasa de gestación.....	36
5.14.4.	Costo por vaca gestante	36
5.15.	Análisis Estadístico	37
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
6.2.	Tamaño y calidad del cuerpo lúteo	42

6.3.	Tasa de gestación	44
VII.	CONCLUSIONES	51
VIII.	RECOMENDACIONES.....	52
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	53
	ANEXOS	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Medicamentos, dosis y vía de administración utilizadas en la tonificación30

Tabla 2. Distribución de los diferentes tratamientos realizados durante la investigación...33

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Porcentaje de presencias de Cuerpos Lúteos y Medía del CL de acuerdo a su tratamiento.....	43
Cuadro 2. En el siguiente cuadro se presentan los porcentajes de gestación para los tratamientos evaluados.	45
Cuadro 3. Costos por animal para el desarrollo del tratamiento 1 denominado como testigo.	46
Cuadro 4. Costos por animal para el desarrollo del tratamiento 2 denominado como Protocolo Convencional Modificado.....	47
Cuadro 5. Costos por animal para el desarrollo del tratamiento 3 denominado como Protocolo Ovsynch	48
Cuadro 6. Costo Beneficio de los tratamientos evaluados, tomando en cuenta el costo obtenido por cada vaca y el costo por cada vaca gestante en los diferentes grupos de la investigación.....	49

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Protocolo Convencional Modificado de Sincronización de celo en Bovinos.	23
Ilustración 2. Protocolo de Prostaglandina y análogos de GnRH.	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Protocolo convencional modificado y protocolo Ovsynch.....	38
Figura 2. Protocolo Convencional Modificado y protocolo Ovsynch.....	39
Figura 3. Protocolo Convencional Modificado (PMC) y protocolo Ovsynch.....	41
Figura 4. Tratamiento testigo, tratamiento progestágeno y análogo del GnRH	43
Figura 5. Tratamiento testigo, tratamiento progestágeno y análogo del GnRH	45

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Selección de los grupos de tratamientos e inicio de la tonificación.	57
Anexo 2. Suministro de sales minerales durante el periodo de tonificación.....	57
Anexo 3. Administración de minerales y vitaminas parenterales durante el periodo de tonificación	58
Anexo 4. Desinfección con yodo, del dispositivo intravaginal bovino previo a su inserción.	58
Anexo 5. Materiales utilizados para implementación de los protocolos de sincronización.	59
Anexo 6. Administración de eCG vía intramuscular al día 8 del retiro de DIB.	59
Anexo 7. Colocación de parche detector de celo en los diferentes protocolos evaluados el día 8.	60
Anexo 8. Materiales y equipos utilizados para la evaluación de las motilidades del semen y también la inseminación artificial el día 10 de los protocolos de sincronización.	60
Anexo 9. Medición de la media del folículo preovulatorio previo a la inseminación artificial.	61
Anexo 10. Inseminación artificial a tiempo fijo en las vacas que presentaron signos de celo bien marcados en el protocolo PMC a las 48 horas post retiro del dispositivo	61
Anexo 11. Diagnóstico de gestación y medición del cuerpo lúteo, mediante ultrasonografía transrectal con una sonda lineal rectal de 7.1 MHz post inseminación entre el día 30 y 60.	62

GLOSARIO

DIB: Dispositivo Intravaginal Bovino.

eCG: Gonadotropina Coriónica Equina.

FSH: Hormona Folículo Estimulante.

IATF: Inseminación Artificial a Tiempo Fijo.

LH: Hormona Luteinizante.

CL: Cuerpo Lúteo.

P4: Progesterona.

MFPOD: Media del Folículo Preovulatorio del Ovario Derecho.

MFPOI: Media del Folículo Preovulatorio del Ovario Izquierdo.

Lopez Santos, K.L.2024. Efecto de dos protocolos de sincronización de celo sobre la dinámica folicular y porcentaje de gestación en ganado lechero, Finca Ebenezer, Yoro, Yoro. Tesis MV. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Honduras pág. 67

RESUMEN

Este estudio fue realizado en la Finca Ebenezer ubicada en la aldea de Punta Ocote municipio de Yoro, departamento de Yoro, Honduras. El objetivo fue evaluar el efecto de dos protocolos de sincronización de celo, sobre la dinámica folicular y porcentaje de gestación en ganado lechero, utilizando la ultrasonografía transrectal como método de diagnóstico. Para el desarrollo de la investigación se trabajó con un lote de 60 vientres, subdivididos en tres grupos de 20 cada uno, manejados en pastoreo de potreros con zacate mejorado *Brachiaria brizantha*, seguido de la selección, se inició con la tonificación la cual consistió en la aplicación de minerales por vía parenteral y oral, estableciendo un periodo de 30 días a partir de su primer día de aplicación para lograr el efecto de estos en el organismo animal, después se procedió a separar el grupo testigo, al cual solo se le administró minerales y vitaminas realizándose la inseminación a celo detectado, luego se inició el desarrollo de los protocolos de sincronización como ser el tratamiento convencional modificado (PMC) y tratamiento Ovsynch, realizándose tres ecografías en cada uno, en los días cero, ocho y diez.

Los resultados obtenidos para el crecimiento y calidad de folículo preovulatorio para el PMC fue de 12.3 mm al día de la inseminación mientras que para el POVS se obtuvo un tamaño de 14.3 mm el cual no tuvo una diferencia significativa, para la variable de gestación el tratamiento 2 obtuvo un 50%, el tratamiento 3 obtuvo un 10% correspondiente a 2 vacas gestantes de 20 inseminadas, concluyendo que el protocolo de sincronización progestágeno fue superior al protocolo Ovsynch en la tasa de preñez.

Palabras Claves: Sincronización e inseminación artificial, tonificación, DIB, organismo.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Jhonny (2000), la ganadería a través de la historia ha constituido una actividad de índole productiva que con la agricultura y la pesca acompaña a la humanidad desde su descubrimiento hace aproximadamente trece mil años, cuando al hombre le fue posible iniciar el proceso de domesticación de las especies animales. En Honduras y particularmente en el municipio de Yoro, Yoro, el sector pecuario forma gran parte de la actividad económica de la zona, aportando significativamente a la demanda alimenticia de la población.

Los indicadores productivos de nuestro país, han experimentado una reducción tanto en producción de carne como de leche (INE, 2014), por lo que diferentes factores tanto económicos, sociales y políticos han afectado estos parámetros, la falta de apoyo a productores por políticas gubernamentales y poco interés de los ganaderos en adquirir nuevas tecnologías y conocimientos, de manera que es importante realizar trabajos de investigación que permitan concluir en investigaciones de biotecnologías que estén ligadas a la reproducción, para el mejoramiento de parámetros productivos y reproductivos.

La sincronización de celo es una biotecnología que permite alcanzar mejores desempeños reproductivos, incrementando la efectividad de los tratamientos con la inducción de la ovulación y la ciclicidad, permitiendo lograr muy buenas tasas de preñez en campo (INTAGRI, 2018). Este estudio consistió en evaluar el efecto del uso de protocolos de sincronización sobre la dinámica folicular determinando el crecimiento y la calidad del folículo preovulatorio, el crecimiento y la calidad del cuerpo lúteo, y el porcentaje de gestación.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de dos protocolos de sincronización de celo, sobre la dinámica folicular y porcentaje de gestación en ganado lechero, finca Ebenezer, Yoro, Yoro, utilizando la ultrasonografía transrectal como método de diagnóstico.

2.2. Objetivos específicos

Medir los efectos inducidos por los protocolos seleccionados de sincronización de celo sobre las estructuras ováricas.

Determinar los porcentajes de gestación para cada lote de vacas, según el protocolo de sincronización de celo utilizado, haciendo uso de la ultrasonografía transrectal.

Establecer el costo por vaca gestante derivados de la implementación de dos protocolos de sincronización de celo en el ganado lechero.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis nula

Los protocolos de sincronización evaluados en esta investigación no presentan efecto en la dinámica folicular.

3.2. Hipótesis alterna

Los protocolos de sincronización evaluados en esta investigación si presentan efecto en la dinámica folicular.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. El ciclo estral de la vaca

De acuerdo con Guaqueta (2006), el comportamiento del estro es el resultado de un incremento progresivo en los niveles de 17β -estradiol producido por un folículo dominante, el cual estimula los demás signos concomitantes con el pico ovulatorio de la hormona luteinizante (LH), provocando la aceptación de la monta del toro, pudiendo quedar gestante. El ciclo estral tiene por objeto preparar las condiciones favorables para la fecundación, nidación y desarrollo del feto. Representa un proceso complejo de modificaciones morfológicas y endocrinas del tracto reproductivo y SNC (Rivera, 2012).

El ciclo estral de la vaca generalmente tiene un tiempo de duración de 21 días, pero puede variar entre el día 17 a 24, en la fase dura de 1-17 días el ciclo está bajo la influencia de la progesterona y una fase folicular más corta de 18-21 está bajo la liberación dominante del estrógeno, por lo que el tiempo de secreción máxima de este puede durar de 6 a 24 horas, y la ovulación se presenta entre las 24 a 32 horas después del comienzo del estro, la ovulación marca el comienzo de la fase lútea y es la culminación de un proceso llamado oogénesis, en el que las células germinales maduran en las condiciones adecuadas (Rasby, 2019).

4.2. Dinámica Folicular

De acuerdo con Rivera (2012), una Onda folicular implica en el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos individualmente identificables a partir de un diámetro de 4 mm que ocurre al mismo tiempo en ambos ovarios, durante aproximadamente dos a tres días todos los folículos crecen hasta la formación de un folículo dominante (FD), mientras que el resto de folículos denominados folículos subordinados, se vuelven atrésicos y regresan, independientemente de la especie cada onda consta de cuatro etapas; Reclutamiento folicular, selección folicular, dominancia folicular y atresia folicular.

Existen diferencias en la dinámica folicular entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, particularidad observada en el número de ondas de crecimiento folicular por ciclo estral, capacidad de secretar LH, área del tejido lúteal, diámetro folicular en el momento de la divergencia y en la ovulación (Delgado, 2011).

4.3. Principales Hormonas que actúan en el ciclo estral de la vaca

Las principales hormonas que actúan en el ciclo estral bovino son las siguientes: Hormonas hipotalámicas: la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). Hormonas adenohipofisarias: la hormona Luteinizante (LH) y la Hormona Folículo Estimulante (FSH). Hormonas neurohipofisarias: Oxitocina. Hormonas gonadales y del tracto reproductor de la vaca: Estrógenos, Progesterona y Prostaglandina F2 α (PGF2 α) (Gutiérrez, 2008).

4.4. Etapas del ciclo estral en la especie bovina

4.4.1. Proestro

De acuerdo con Hernández (2016), esta etapa del ciclo estral se caracteriza por la ausencia de un cuerpo lúteo funcional y por el desarrollo y maduración del folículo preovulatorio, el proestro en la vaca dura de tres a cinco días este presenta un evento hormonal característico de esta etapa, que es el incremento de la frecuencia de los pulsos de secreción de LH, que conducen a la maduración final del folículo ovulatorio, lo cual se refleja en un incremento de las concentraciones de estradiol sérico.

A causa de que durante esta etapa existe una disminución de los niveles séricos de progesterona, se produce un feedback positivo y comienza a aumentar la frecuencia pulsátil de la FSH y LH estimulando el crecimiento del folículo dominante y aumentando los niveles séricos de estrógeno en sangre cuando estos niveles alcanzan un nivel alto se produce una receptividad al macho dando como inicio al estro (Sintex 2005).

4.4.2. Estro

El estro es la etapa del ciclo estral, caracterizada por la receptividad de la hembra hacia el macho, permitiendo la monta, en esta etapa, los niveles sanguíneos de E2 producidos por el folículo preovulatorio, llegan a su máxima concentración, tiene una duración entre 12 y 18 horas; sin embargo, este tiempo dependerá de factores como la raza, la edad, el clima, el manejo, y la nutrición, durante esta etapa el útero aumenta la producción de moco y proteínas contráctiles en el miometrio lo que hacen que el útero este tónico (Sanín, 2014).

González (2018), relata que el inicio del estro guarda una relación temporal con la secreción ovulatoria de LH, ya que los estrógenos al mismo tiempo provocan la conducta estral, también desencadenan el pico de LH, entre el inicio del estro y pico de LH transcurren de 2 a 6 horas, y en algunos casos estos dos eventos ocurren simultáneamente.

4.4.3. Metaestro

Según Sanín (2014), el metaestro es la etapa del ciclo estral que se presenta después del estro, y se caracteriza porque se da la ovulación del folículo preovulatorio dominante, brindando como resultado una disminución en los niveles de E2 y comenzando a aumentar la producción de progesterona teniendo una duración aproximadamente de dos a cinco días y es el periodo que se expulsa por la vulva moco teñido de sangre (pseudomestruación).

Durante este ciclo el útero pierde la tonicidad y se presenta un leve edema uterino, con actividad secretora de las glándulas endometriales, los ovarios comienzan en una fase lútea con el cuerpo hemorrágico simultáneamente comienza a emerger una nueva onda folicular, esto a su vez ocasiona que la vaca presente un pequeño sangrado que proviene del útero (Sanín, 2014).

4.4.4. Diestro

Es la fase más prolongada del ciclo estral y es comandada por la acción de la progesterona y la presencia del cuerpo lúteo, la LH que indujo la ovulación es responsable de una serie de cambios en las células de la granulosa para la formación del cuerpo lúteo, que alcanza el diámetro máximo alrededor de los 8 a 10 días después de la ovulación (Delgado, 2011).

La progesterona en sangre se incrementa de forma paralela al crecimiento del cuerpo lúteo, hasta alcanzar los máximos niveles alrededor del día 10 y mantenerse elevada hasta el día 16 o 18 del ciclo. Luego empezará una nueva onda de crecimiento folicular, por la acción de la FSH, que dará lugar a un nuevo folículo dominante no ovulatorio que finalmente sufrirá atresia y permitirá el desarrollo de otra onda folicular (Guáqueta, 2009).

4.5. Sincronización de celo

La sincronización de celos en bovinos permite alcanzar mejores desempeños reproductivos incrementando la efectividad de los tratamientos con la inducción de la ovulación y la ciclicidad, los cuales, asociados a otras técnicas, permiten lograr muy buenas tasas de preñez en campo (INTAGRI, 2018). De acuerdo con Becaluba (2006), la sincronización de celos en bovinos con la manipulación del ciclo estral permite la utilización de forma eficiente la Inseminación Artificial.

Dentro de las ventajas de la sincronización de celo en bovinos podemos citar las siguientes:

- Concentración de animales en estro en un corto periodo
- Facilidad del uso de la inseminación artificial principalmente en vacas de carne.
- Reducción del periodo entre parto y parto.
- Manejo de los alimentos disponibles de acuerdo con la época del año y las categorías de animales.
- Inducción del celo en las vacas en anestro postparto.
- Registro de los terneros, facilitando las prácticas de manejo y comercialización. (Becaluba, 2006).

4.6. Hormonas

4.6.1. Uso de cloprostenol (análogo de la prostaglandina F2 α), Progestágenos y análogos de GnRH

El cloprostenol es un análogo de la prostaglandina F2 α es un poderoso agente luteolítico que causa una rápida involución del cuerpo lúteo y detienen su actividad secretoria, también tienen un efecto estimulante directo sobre la musculatura lisa del útero causando su contracción y un efecto relajante sobre el cérvix, en los animales que ciclan normalmente, el estro ocurrirá en la mayoría de los casos 2 a 5 días después de1 tratamiento (Plumb, 2010).

De acuerdo con Hafez (2000), la progesterona es el progestágeno natural más prevalente y es secretada por células lúteas del cuerpo amarillo, la placenta y las glándulas suprarrenales, a su vez es transportada por medio de la sangre por una globulina de enlace, al igual que los andrógenos y estrógenos, la secreción de progesterona es estimulada por la LH principalmente dando como función la preparación del endometrio para la implantación y mantenimiento de la preñez, inhibición del estro en altas concentraciones y la inhibición de la movilidad uterina.

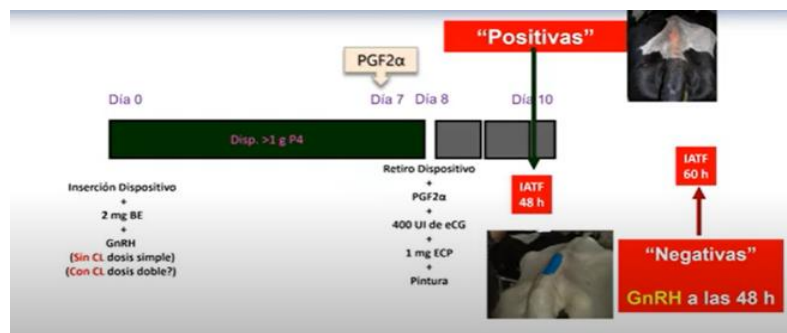
El Benzoato de Estradiol es un derivado sintético del 17 β Estradiol, hormona esteroidea sintetizada por el folículo ovárico desarrollada para optimizar los resultados reproductivos de los tratamientos con progestágenos en bovinos (Bó G. , 2023). El uso de 2 mg de Benzoato de Estradiol al momento de la aplicación del D.I.B. (considerado este como día 0) provoca el inicio de una nueva onda folicular; la aplicación del 1 mg de benzoato de estradiol a las 24 horas de la extracción del dispositivo intravaginal liberador de progesterona produciendo la luteólisis e inducir un pico preovulatorio de LH a través del feedback positivo sobre el GnRH y LH lo que induce la ovulación a las 70 horas (Cavestany, 1993).

Por este motivo es un recurso ideal en la sincronización de ovulación en esquemas de inseminación artificial a tiempo fijo (Sintex, 2005).

Se dispone de progestágenos sintéticos para sincronizar los ciclos estrales de los rumiantes, los progestágenos actúan inhibiendo la secreción de LH de la hipófisis, la hormona se puede dar en el alimento o insertarse vía intravaginal por un periodo equivalente a un ciclo estral, al suspender el tratamiento los animales mostraran estro y ovularan a las 48 a 72 horas más tarde (Hafez, 2000).

De acuerdo con Bó (2022), dado que se ha demostrado que el tratamiento con GnRH es eficaz para inducir la ovulación de folículos >10 mm de diámetro, es posible que la adición de GnRH al tratamiento E2 en el momento de la inserción de un dispositivo P4 pueda mejorar la eficiencia del tratamiento, los protocolos basados en E2 para sincronizar una nueva onda folicular en vacas lecheras lactantes, además, la ovulación del folículo dominante da como resultado una CL accesoria y concentraciones más altas de P4 durante la sincronización, lo que también puede beneficiar la fertilidad en los programas TAI.

Ilustración 1. Protocolo Convencional Modificado de Sincronización de celo en Bovinos.



Tomado de (Bó G. , 2023).

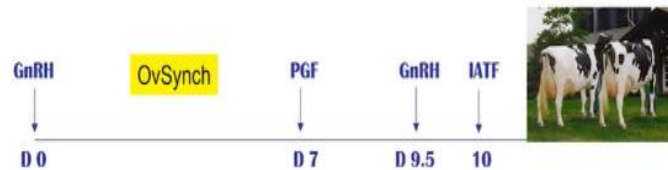
4.6.2. Uso Prostaglandinas y análogos de GnRH

De acuerdo con Bó (2009), el protocolo Ovsynch consiste en la aplicación de GnRH seguido de PGF2 α siete días más tarde y una segunda inyección de GnRH 48 horas después del tratamiento con PGF2 α . Estos protocolos se fundamentan en que la primera inyección de GnRH induce la liberación de la hormona luteinizante (LH) y de la hormona folículo estimulante (FSH), favoreciendo la ovulación, luteinización o atresia de un folículo dominante e iniciando una nueva a onda de crecimiento folicular, siete días más tarde, la PGF2 inyectada por vía intramuscular debe causar la regresión de todos los CL o folículos luteinizados.

Si un CL resultó de la inyección inicial de GnRH, el intervalo de 7 días usualmente provee suficiente tiempo para que el CL madure y sea sensible a la PGF2, cuarenta y ocho horas más tarde, una segunda inyección de GnRH debería provocar la liberación de LH y la ovulación de un folículo dominante, el periodo de tiempo entre la primera y la segunda inyección de GnRH (9 días), es suficiente para el reclutamiento, selección y crecimiento de un nuevo folículo dominante hasta que alcance un tamaño preovulatorio (Gutiérrez-Añez, 2005).

De acuerdo con Hafez (2000), cuando el folículo preovulatorio alcanza un tamaño de 15 mm se vuelve sensible al pico de LH inducido por el segundo tratamiento de GnRH, la GnRH inducirá la ovulación en aproximadamente 30 horas oras, las vacas son artificialmente inseminadas aproximadamente 16 a 20 horas antes de la ovulación, la premisa es que al momento de la ovulación estarán presentes en los oviductos, los espermatozoides capacitados.

Ilustración 2. Protocolo de Prostaglandina y análogos de GnRH.



Tomado de (Bó G. , 2023).

4.7. Inseminación Artificial

Según Hafez (2000), la inseminación artificial es la técnica individual más importante creada para el mejoramiento genético de animales, debido a que unos pocos machos seleccionados producen suficientes espermatozoides para inseminar miles de hembras al año, la AI se facilita mediante programas de sincronización del estro y se ha propuesto como medio de controlar el sexo de la progenie mediante la separación de espermatozoides con cromosomas X y Y.

La inseminación artificial (IA) es una técnica mediante la cual el semen previamente extraído de un macho y adecuadamente procesado, es depositado en el tracto genital de la hembra en el momento adecuado y mediante un instrumental apropiado (Cavestany, 1993).

La técnica de inseminación artificial proporciona en un hato ganadero ventajas para el mejoramiento de la eficiencia reproductiva (Robson, y otros, 2004), siendo las siguientes:

- Permite el uso generalizado de machos sobresalientes con genética valiosa en cualquier operación de ganado.

- Facilita las pruebas de la progenie en diversas condiciones ambientales y de manejo, mejorando de este modo aún más la exactitud de la selección.
- Mejora el rendimiento y el potencial del hato nacional.
- Permite realizar cruas para modificar una característica productiva.
- Acelera la introducción de nuevo material genético.
- Hace posible el uso de semen congelado a muy baja temperatura, después de que ha muerto el donador, lo que contribuye a la reserva de líneas seleccionadas.
- Permite el uso de semen de machos incapacitados u oligos-pérmicos.
- Reduce el riesgo de dispersión de enfermedades transmitidas sexualmente.
- Suele ser esencial después de la sincronización del estro en grupos grandes de hembras.
- Permite el uso de machos con marcadores genéticos deseables en apareamiento genético específico.
- Constituye una herramienta de investigación útil para evaluar muchos aspectos de la fisiología reproductiva del macho y de la hembra.
(Hafez, 2000).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación de la investigación

El trabajo se desarrolló en el Valle del Siriano en el Municipio de Yoro que está ubicada en la parte central del Departamento de Yoro, aproximadamente a 195 km por la carretera central que conduce hacia la Capital de Honduras, específicamente en la finca “Ebenezer” en el caserío de Punta Ocote aldea de Guare, “con latitud norte 15° - 08°-50” y una longitud oeste 87°-08° con una precipitación media anual de 1,550 mm, temperatura promedio de 29.2 °C y una altitud de 650 msnm (Jhonny, 2000).

5.2. Delimitación espacial

La investigación estableció como objetivo de estudio la evaluación de las ondas foliculares producidas por la aplicación de diferentes hormonas indicadas en dos protocolos de sincronización de celo, que permiten relacionarlas entre sí para determinar con cuál de ellas se puede obtener un mayor porcentaje de preñez en los hatos ganaderos. El uso de óptimos protocolos de sincronización de celo permite reducir el periodo de días abiertos y mejorar la eficiencia productiva y reproductiva a través de mayores porcentajes de preñez en los hatos ganaderos.

5.3. Recurso animal

Se trabajó con un grupo de 60 vientres bovinos de encaste brahman Holstein y brahman pardo, distribuidos en tres grupos donde uno sirvió de testigo y dos grupos como prueba según el protocolo a utilizar.

5.4. Materiales y equipos

En esta investigación para su ejecución se utilizaron los siguientes materiales y equipos: lápiz, libreta, guantes de látex, guantes obstétricos, jeringas, gel lubricante, papel toalla, yodo, agujas calibre 18 G, ultrasonido con sonda lineal rectal de 7.1 MHz, aplicador de dispositivo intravaginal, dispositivos intravaginales (DIB) de 1 gramo de progesterona, cloprostenol sódico, benzoato de estradiol, Gonadorelina acetato, cipionato de estradiol, gonadotropina coriónica equina, parches detectores de celo, termo de criopreservación, semen congelado, equipo para inseminación artificial, botas de hule, overol, cámara, computadora y reloj.

5.5. Método

Para el desarrollo de la investigación se trabajó con un lote de sesenta vientres bovinos aptos para la reproducción, de la Finca Ebenezer, a las cuales se les práctico un examen ecográfico vía rectal para verificar la no presencia de patologías reproductivas, para evitar alteraciones en los resultados esperados de la investigación, el total de la población de estudio se subdividió en tres subgrupos de 20 vacas, grupo A correspondiente a tratamiento 1 a quien se denominó testigo, grupo B correspondiente a tratamiento 2 a quien se le denominó grupo prueba y grupo C, correspondiente a tratamiento 3, a quien se le denominó grupo prueba.

Se utilizaron dos protocolos de sincronización de celo, uno correspondiente a los grupos de progestágenos y el otro a los grupos de los análogos de la GnRH, utilizando el protocolo convencional modificado del grupo de los progestágenos para el tratamiento 2, y el Ovsynch del grupo análogos de la GnRH para el tratamiento 3, pudiendo de esta manera y por método comparativo, evaluar el efecto en la dinámica folicular de cada uno de los protocolos de sincronización.

5.6. Selección de la muestra

Se seleccionaron 60 vientres del total de la población, implementando factores o criterios de selección como, la óptima condición corporal se evaluó haciendo uso de la escala brindada por Sanín (2014), (3 a 3.5 en escala de 1-5). Ciclicidad (Vacas Anestro superficial como mínimo), plan sanitario al día, vacas multíparas (uno a cuatro partos), vacas con mayor porcentaje genético a *Bos taurus* y la edad (menores a 8 años), de este total de 60 vientres se llevó a cabo una distribución homogénea, para conformar los tres grupos de estudio.

5.7. Manejo de los animales

Durante todo el proceso de la investigación se contó con el apoyo del personal operacional del hato de la Finca Ebenezer, de la población total se hizo la selección de 60 vientres, subdivididos en tres grupos de 20 cada uno, manejando los tres grupos de vacas en pastoreo de potreros con zacates mejorados *Brachiaria brizantha*, seguido de la selección, se inició con la tonificación la cual consistió en la aplicación de minerales por vía parenteral y oral, estableciendo un periodo de 30 días a partir de su primer día de aplicación para lograr el efecto de estos en el organismo animal. Cumplido el periodo de tonificación se realizó la sincronización de celo, con el respectivo protocolo propuesto para cada grupo o tratamiento de investigación, la inseminación artificial se llevó a cabo a tiempo fijo para los grupos pruebas y a celo detectado para el grupo testigo, realizándose el diagnóstico de gestación a los 30-60 días post inseminación artificial.

5.8. Tonificación

La tonificación se realizó 30 días previamente antes de la implementación de los protocolos en todas las vacas seleccionadas, donde se utilizaron minerales y vitaminas esenciales para la reproducción tales como ser el fósforo, selenio por vía parenteral y oral, aplicando dos dosis a cada una de las vacas con intervalos de ocho días cada aplicación, más una aplicación única de AD3E, además del suministro de 120 gramos/ día de sales minerales, brindado un periodo de 30 días posteriormente de la primera dosis parenteral, tiempo necesario para poder obtener un efecto funcional de los minerales en el organismo de los animales.

Tabla 1. Medicamentos, dosis y vía de administración utilizadas en la tonificación

N°	Medicamento	Dosis	Vía de administración	Observaciones
1	Fosforo	12 ml	IM	La tonificación se realizó con el fin de mejorar la condición corporal y actividad ovárica.
2	Selenio	12 ml	IM	
3	Vitamina AD3E	5 ml	IM	

Nota: Mililitros (ml), Intramuscular (IM).

5.9. Sincronización de celo

5.9.1. Protocolo para el tratamiento 1 denominado Testigo (GT)

Este tratamiento fue sometido únicamente al protocolo de tonificación, el cual incluye minerales, vitaminas aplicadas por vía intramuscular y oral, la inseminación artificial se realizó mediante celo detectado en un periodo de tiempo comprendido desde el día 0 al día 40 periodo de tonificación establecido para el grupo testigo.

5.9.2. Protocolo convencional modificado para el denominado tratamiento 2 (PCM)

Este protocolo convencional modificado (PCM), inicio con la valoración ecográfica del folículo dominante, posteriormente se realizó la inserción en el día cero de un dispositivo intravaginal de liberación lenta a base de 1 gramo de progesterona, más la aplicación de 2 ml de benzoato de estradiol (2 mg) vía intramuscular y 2.5 ml de Gonadorelina acetato (125 µg) vía intravenosa, al día 7 se aplicó una dosis de cloprostenol sódico (500 µg) vía intramuscular, el día 8 se realizó la medición el diámetro del cuerpo lúteo y folículo preovulatorio por medio de la técnica de ecografía transrectal, seguido del retiro del dispositivo (DIB) y aplicación de (500 µg) de cloprostenol, 1 mg de cipionato de estradiol y 400 UI de eCG vía intramuscular y colocación de parche para detección de celo.

La ecografía se realizó 48 horas después de retirar el dispositivo para evaluar el crecimiento y calidad de folículo preovulatorio y posteriormente se realizó la inseminación artificial a tiempo fijo, las vacas que no presentaron características de celo durante este tiempo se les administro una segunda dosis de Gonadorelina acetato ((125 µg) realizándose la IA a las 56 horas post retiro del dispositivo.

5.9.3. Protocolo Ovsynch para el denominado tratamiento 3 (POVS)

El desarrollo de este protocolo inicio mediante la evaluación ecográfica de los ovarios el día cero así como a su vez la administración de gonadorelina (125 µg) vía intravenosa, el día siete se realizó una segunda evaluación ecográfica a los ovarios, y se aplicó una dosis de cloprostenol (500 µg) vía intramuscular, 48 horas después de aplicado el cloprostenol, se administró una segunda dosis de gonadorelina (125 µg) vía intravenosa, 22 horas más tarde de administrada la gonadorelina se hizo la ecografía para evaluar crecimiento y calidad de folículo preovulatorio y se llevó a cabo la inseminación artificial a tiempo fijo.

5.10. Evaluación ecográfica del folículo dominante y cuerpo lúteo

Durante el periodo de preparación mineral (tonificación), se realizó un nuevo diagnóstico ecográfico a nivel de ovarios 12 días antes, con el fin de comprobar que las vacas cumplan con las condiciones reproductivas deseadas para la sincronización (folículo dominante mayor a 8.5 mm o presencia de cuerpo lúteo) y a su vez realizar una dosis única de cloprostenol sódico (500µg) vía intramuscular en aquellos animales que presentaron un cuerpo lúteo, esto con el fin de poder realizar la investigación en una muestra de bovinos lo más equitativamente posible. Posteriormente se separarán los animales en tres grupos para la siguiente etapa.

5.11. Evaluación ecográfica del cuerpo lúteo y tasa de preñez post inseminación

La evaluación ecográfica del cuerpo lúteo se llevó a cabo a los 30-60 días posteriormente a la realización de la inseminación artificial tomando en cuenta factores como ser el diámetro del cuerpo lúteo y realización del examen en horas frescas de la mañana. Se diagnosticaron las tasas de preñez mediante el método de ultrasonografía transrectal con una sonda lineal rectal de 7.1 MHz.

5.12. Tratamientos

Tabla 2 Distribución de los diferentes tratamientos realizados durante la investigación.

Tratamiento	Identificación	Descripción
1	GT	Día 0 y 8 se aplicó fósforo, selenio y vitamina AD3E IM, la IA se llevó a cabo a celo detectado en un periodo de tiempo iniciando el día 0 al día 40.
2	PCM	Día 0, 2 mg de BE IM+ 125µg de gonadorelina IV +DIB, día 7 500 µg cloprostenol IM, día 8 retiro del DIB + 500 µg IM + 400 UI+ 1 mg ECP IM, 48 horas después 125µg de gonadorelina IV inseminación artificial a tiempo fijo 48 a 56 horas.
3	POVS	Día 0 125µg de gonadorelina vía IV, día 7 500 µg IM de cloprostenol, 54 horas después 125µg de gonadorelina vía IV, inseminación artificial a tiempo fijo 22 a 24 horas después.

Nota: GT: Grupo testigo, PCM: Protocolo convencional modificado, POVS: Protocolo Ovsynch, IV: Intravenoso, IM: intramuscular.

5.13. Diseño experimental

En la investigación se utilizó un diseño completo al azar (DCA); el modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} Variable respuesta de la ij-esima unidad experimental.

μ Efecto de la media general.

t_i Efecto del i- esima tratamiento.

ε_{ij} Efecto del error experimental asociado a la i-esima unidad experimental.

5.14. Variables evaluadas

5.14.1. Crecimiento y calidad del folículo preovulatorio

Se evaluó el crecimiento y calidad del folículo preovulatorio de los dos tratamientos de sincronización de celo y del tratamiento testigo, haciendo uso del ecógrafo con una sonda lineal rectal de 7.1 MHz tanto al inicio del tratamiento como los demás días del tratamiento de acuerdo a cada uno de los protocolos seleccionados.

La medición de esta variable se evaluó por una media, donde se sumaron todos los tamaños del folículo preovulatorio dividido entre los animales tratados por cada grupo. Para la obtención de este dato se utilizó la siguiente fórmula:

$$MTF = \frac{STFP}{NVE}$$

En donde:

MTF: Media de tamaño del folículo.

STFP: Sumatoria de todos los tamaños del folículo preovulatorio.

NVE: Número de vacas evaluadas.

5.14.2. Tamaño y calidad del cuerpo lúteo

Se evaluó el tamaño y calidad del cuerpo lúteo en cuanto a su forma ecográfica dentro de los dos tratamientos de sincronización de celo y su vez del tratamiento testigo, se hizo uso del ecógrafo con una sonda lineal rectal de 7.1 MHz a los 30 a 60 días posteriormente a la inseminación artificial.

La medición de esta variable se evaluó mediante una media, donde se sumaron todos los tamaños de los cuerpos lúteos dependiendo de acuerdo al momento de su medición y a su vez fue dividido entre los animales tratados por cada grupo. Para la obtención de este dato se utilizó la siguiente fórmula:

$$MTCL = \frac{STCLMM}{NVE}$$

En donde:

MTCL: Media de tamaño del cuerpo lúteo.

STCLMM: Sumatoria de todos los tamaños de cuerpos lúteos encontrados en los ovarios de acuerdo al momento de medición.

NVE: Número de vacas evaluadas.

5.14.3. Tasa de gestación

Esta variable se evaluó a través del diagnóstico de gestación mediante ecografía (día 30-60) después de la inseminación de los animales, para su medición se aplicó la siguiente fórmula:

$$PG = \frac{NVC}{NVI} \times 100$$

En donde:

PG= Porcentaje de gestación.

NVC= Número de vacas confirmadas.

NVI= Número de vacas inseminadas.

5.14.4. Costo por vaca gestante

Este dato se calculó por medio de una tabla Excel, en donde se especificó la sumatoria de todos los costos relacionados a los protocolos de sincronización implementados en el ganado bovino de leche, a su vez se realizó un respectivo análisis sobre los costos por gestación de la implementación de estas biotecnologías en las unidades de producción bovina.

5.15. Análisis Estadístico

Para determinar si hubo diferencia significativa entre los tratamientos; para las variables crecimiento y calidad del folículo preovulatorio y tamaño y calidad del cuerpo lúteo, se realizó análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 0.05, utilizando el programa Infostat 2020, y para la variable tasa de gestación se realizó una prueba de Chi-cuadrado con un nivel de significancia de 0.05 utilizando el programa Infostat 2020.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1.Crecimiento y calidad del folículo preovulatorio

Día 0

Los resultados obtenidos el día cero durante la investigación (Figura 1) para el tratamiento 2 denominado Protocolo Convencional Modificado (PMC) cuyo protocolo es de Progestágenos (DIB), la media del folículo preovulatorio fue de 11 mm, y para el tratamiento 3 denominado como protocolo Ovsynch (POVS) donde se utilizaron análogos del GnRH la media del folículo preovulatorio fue de 11.8 mm, el cual fue ligeramente superior que el tratamiento 1, con un nivel de significancia del 0.7169, lo que significa que no hay una diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos, dándonos como resultado que ninguno de los dos grupos tuvo un porcentaje de ventaja en su desarrollo folicular a nivel ovárico.

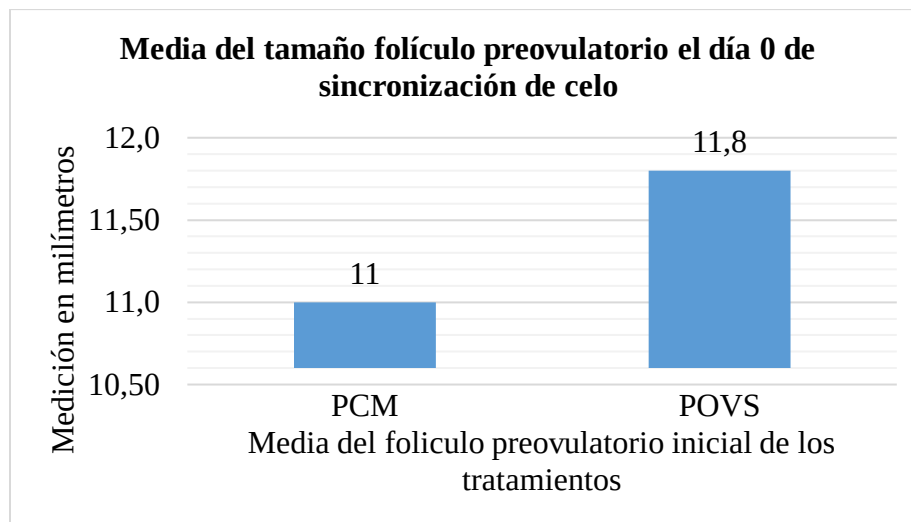


Figura 1. Protocolo convencional modificado y protocolo Ovsynch.

Al analizar la medición de la media del folículo preovulatorio obtenido en ambos tratamientos se pudo hacer la comparación con otros estudios que nos permiten conocer que las vacas evaluadas se encontraban en óptimas condiciones a nivel ovárico para poder ser seleccionadas en un protocolo de sincronización, una de las investigaciones es la Jolly *et al.* (1997), que menciona a la hormona LH como la encargada de estimular el AMPc en las células de la granulosa solamente en folículos con un diámetro mayor a nueve milímetros en taurinos y seis milímetros en cebuínos, probando así, que los folículos mayores a estos diámetros adquieren receptores para LH y por tanto, capacidad ovulatoria, de esta forma el tamaño del folículo influencia en el potencial del desarrollo y el diámetro de los ovocitos.

Día 8

Durante la investigación el día ocho se obtuvieron resultados (Figura 2) para el tratamiento 2 PMC de 11.8 mm, y para el tratamiento 3 POVS donde se utilizaron análogos del GnRH la media del folículo preovulatorio fue de 13.1 mm, el cual fue ligeramente superior que el tratamiento 1, con un nivel de significancia del 0.4516, lo que significa que no hay una diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos, dándonos como resultado que ninguno de los dos grupos tuvo un porcentaje de ventaja en su desarrollo folicular a nivel ovárico durante los primeros ocho días después de haberse utilizado productos hormonales.

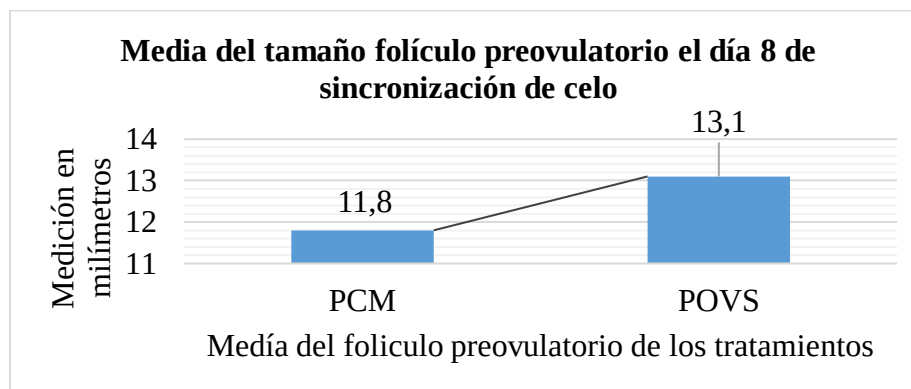


Figura 2. Protocolo Convencional Modificado y protocolo Ovsynch.

Después de examinar la media de los folículos preovulatorios obtenidos al día ocho de la administración de los dos tratamientos hormonas fue posible realizar una comparación del crecimiento folicular donde no se obtuvo una diferencia significativa entre los protocolos, dando a conocer el desarrollo de una onda folicular nueva. Esto está sustentado con lo mencionado por Sintex (2005), donde el uso de estradiol exógeno en el control del ciclo estral tiene como objetivo desencadenar la luteólisis, cuando es aplicado en la mitad del ciclo o impedir el crecimiento de un nuevo cuerpo lúteo cuando es aplicado luego de la ovulación, así mismo el estradiol al ser aplicado al momento de la aplicación del progestágeno suprime la onda folicular presente e induce el desarrollo de una nueva onda folicular en promedio de 3 a 4 días.

De acuerdo con Delgado (2011), la administración de análogos del GnRH el día 0 producen un aumento en el pico preovulatorio de la hormona luteinizante (LH) que tendrá efecto sobre el folículo dominante de la onda folicular en curso provocando su ovulación o atresia con la emergencia de la onda folicular 2 a 3 días postratamiento.

Día 10 (Inseminación)

Los resultados obtenidos (Figura 3) para el tratamiento 2, identificado como PMC en el cual se empleó un protocolo de sincronización basado en el uso de un dispositivo intravaginal de liberación controlada de progesterona (DIB), junto con un análogo de GnRH, mostraron un diámetro folicular promedio de 12.3 mm. En comparación el tratamiento 3, identificado como POVS, que se empleó un protocolo de sincronización únicamente con análogos de GnRH y prostaglandinas, presentó un diámetro folicular promedio de 14.8 mm, la evaluación del folículo preovulatorio se realizó el día 10 del protocolo justo antes de proceder a realizar la inseminación artificial a tiempo fijo.

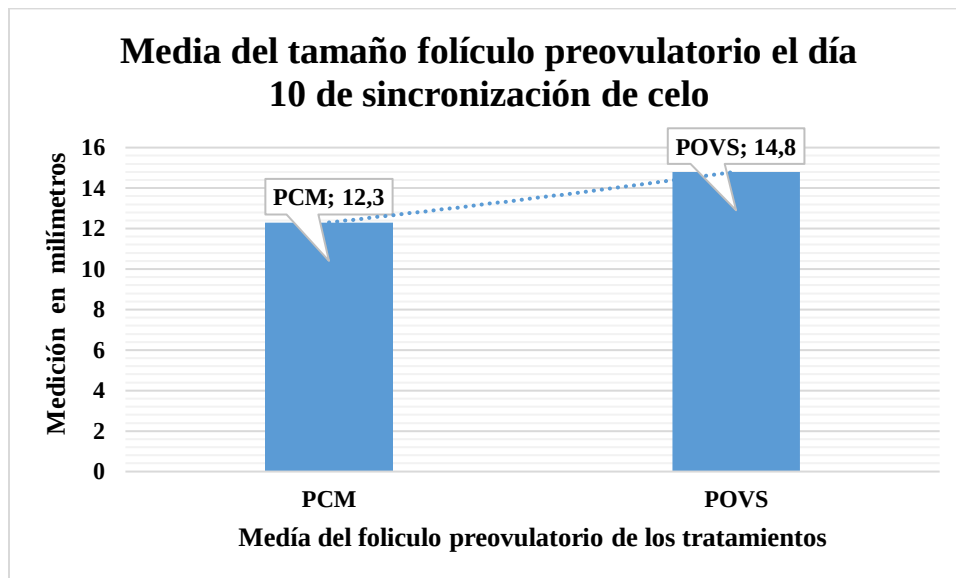


Figura 3. Protocolo Convencional Modificado (PMC) y protocolo Ovsynch

El tratamiento 3 (14.8 mm) fue ligeramente superior que el tratamiento 2 (12.3 mm), con un nivel de significancia del 0.0522, lo que significa que no hay una diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos. Este leve aumento mayor en el tratamiento 3 es refutado por Cabodevila (2020), afirma que la administración de análogos de GnRH el día 8 produce un pico de LH aproximadamente a las 2 horas y en presencia de un folículo dominante mayor a 9 mm de diámetro induciendo la ovulación entre las 24 y 32 horas post aplicación, por lo tanto, esta hormona ha sido utilizada para inducir la ovulación del folículo dominante, como para controlar el desarrollo de una nueva onda folicular.

De acuerdo con Rensis (2014) y Hernández (2016), la administración de la gonadotropina corionica equina, se une a los receptores de la LH y FSH del folículo estimulando el desarrollo folicular, por lo que favorece el crecimiento y calidad del folículo preovulatorio.

En estudios realizados por Portillo (2015), comenta que al incluir el uso de eCG en protocolo de sincronización de celo, alcanzo un crecimiento del folículo pre-ovulatorio de 13.85mm; dato levemente inferior al obtenido de 12.3 mm. Sin embargo, en el ensayo realizado por Aragunde (2018), se obtuvo un crecimiento del fólculo dominante o preovulatorio, 24 horas post aplicación de la eCG al momento del retiro del DIB, con un diámetro de 10.7 mm, resultado casi similares a los de este estudio que demuestra que la aplicación de la eCG tiene efectos positivos en el crecimiento del folículo preovulatorio.

Según Delgado (2011), el estrógeno (Cipionato de estradiol) en ausencia de progesterona estimula la síntesis para receptores de GnRH en la hipófisis que la vuelve más sensible a dicha hormona estimulando la síntesis del pico de LH permitiendo la ovulación del folículo terciario o de graaf.

6.2. Tamaño y calidad del cuerpo lúteo

Durante el análisis comparativo de los diámetros del cuerpo lúteo entre los días 30 y 60 post-ovulación (Figura 4), no se observaron diferencias significativas en el tamaño de los cuerpos lúteos entre los diferentes protocolos, en el grupo testigo (tratamiento 1), al que se administraron minerales vía parenteral y oral, se obtuvo un diámetro con una media de 21 mm. En el tratamiento 2 (PMC) con uso de progestágenos el diámetro medio registrado fue de 20.1 mm mientras que en el tratamiento 3 (POVS) utilizando análogos del GnRH, se obtuvo un diámetro medio 20 mm, dando como resultado que el análisis de varianza para la variable tamaño del cuerpo lúteo, no hay diferencia estadística significativa ($P>0.05$) entre los diferentes tratamientos. Estos resultados indican la ausencia de diferencias estadísticas significativas en el tamaño del cuerpo lúteo entre los tratamientos evaluados, sugiriendo que los protocolos aplicados no afectan el crecimiento lúteal. También se muestra en el Cuadro 1 donde el cuerpo lúteo obtenido en el tratamiento testigo fue el que presentó mayor crecimiento y calidad lúteal en comparación de los dos tratamientos hormonales.

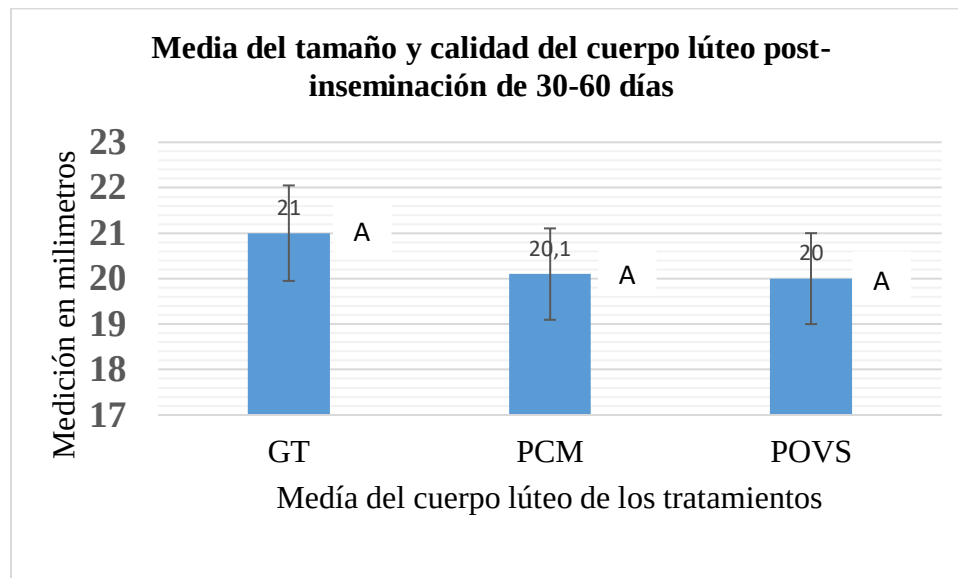


Figura 4. Tratamiento testigo, tratamiento progestágeno y análogo del GnRH

Cuadro 1. Porcentaje de presencias de cuerpos lúteos y media del CL de acuerdo a su tratamiento.

Tratamiento	Número de animales que presentaron CL	% de CL	Media del cuerpo lúteo post-ovulación
Tratamiento 1(GT)	6	100%	20.85 mm
Tratamiento 2 (PMC)	10	50%	20.14 mm
Tratamiento 3 (POVS)	2	10%	20 mm

Al observar las medias que se obtuvieron en los tres diferentes tratamientos no se tuvieron diferencias significativas, esto es avalado por Rodríguez (2017), a pesar las semejanzas en el patrón de crecimiento del cuerpo lúteo se ha reportado diferencias morfológicas y endocrinas, los animales *Bos indicus* presentan diámetros máximos de 17 a 21 mm y los *Bos taurus* su diámetro puede ser de 20 a 30 mm.

Otros estudios como el de Gonzáles (2017), probablemente el tamaño del folículo preovulatorio, influencia en el tamaño lúteal y de esta forma su funcionamiento durante la fase lúteal temprana. Vasconcelos et al. (2001), realizaron una investigación con el fin de confirmar la hipótesis que la reducción del tamaño del FO podía alterar el subsecuente tamaño del CL, encontrando que el volumen del CL, fue significativamente correlacionado con el tamaño folicular; y la ovulación de pequeños folículos conlleva a la formación de CL pequeños.

6.3. Tasa de gestación

Los resultados obtenidos (Figura 5) nos indican que la tasa de gestación al primer servicio en el tratamiento testigo (GT) fue de 100% correspondiente a 6 vacas gestantes de 6 inseminadas de grupo que manifestaron celo, el tratamiento convencional modificado (progestágenos) obtuvo un 50% de gestación y el tratamiento 3 denominado como protocolo Ovsynch presento un 10% de preñez, los resultados para el PMC fueron similares a los reportados por Bó (2022), que lograron tasas de gestación entre un 45.7% y un 57.4%. en cuanto al protocolo POVS se apreció una baja tasa de fertilidad a las reportadas por el IRAC, (2011), que nos menciona que “los porcentajes de preñez obtenidos con el protocolo OVSYNCH en vacas lecheras varía entre 30% a 55%”. En el Cuadro 2 se muestra donde el tratamiento testigo fue el que presento mayor tasa de gestación, y al momento de comparar los tratamientos hormonales se precia que el PMC tuvo un porcentaje mayor de preñez que el POVS.

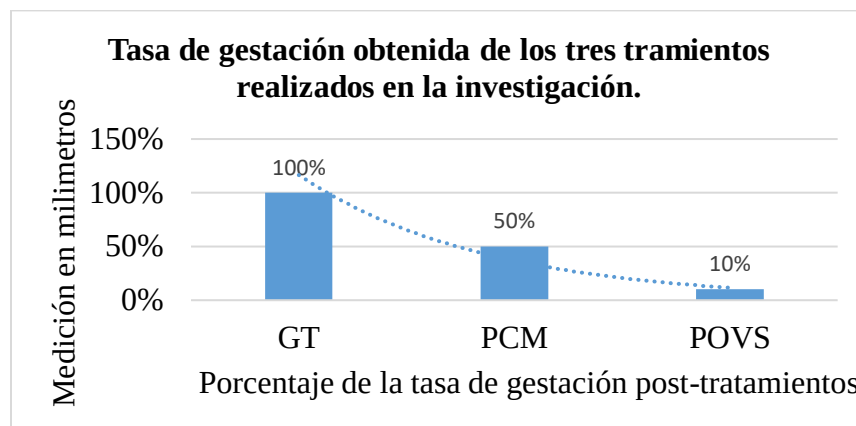


Figura 5. Tratamiento testigo, tratamiento progestágeno y análogo del GnRH

Cuadro 2. En el siguiente cuadro se presentan los porcentajes de gestación para los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Vacas gestantes que fueron inseminadas	% de gestación
GT	6 (6)	100%
PMC	10 (20)	50%
POVS	2 (20)	10%

La escasa tasa de preñes puede deberse al efecto de la época del año en la que se realizó el experimento, la cual coincidió con un aumento de la temperatura ambiental y un cese de las lluvias en los meses de agosto y septiembre. Esto puede ocasionar un problema en las hembras bovinas a nivel hormonal siendo avalado por Roth (2000), donde menciona que el estrés térmico deprime el desarrollo y la función folicular provocando alteraciones en el desarrollo embrionario temprano reflejando tasas bajas de preñez. De acuerdo con Cartmill (2001), el estrés calórico afecta el desarrollo del embrión y el feto, especialmente entre la fertilización y las divisiones celulares iniciales, ocasionando un aumento en las muertes embrionarias tempranas teniendo un mayor impacto en la especie *Bos taurus*.

6.4. Costo por vaca gestante

Este análisis muestra el costo beneficio de la implementación de programas de sincronización para cada uno de los tratamientos efectuados en la investigación, reflejando las grandes pérdidas que se obtienen para aquellas vacas que no quedaron gestantes durante el estudio, esto debido a que el intervalo entre parto y parto se reflejara aumentado en comparación a las que si quedaron gestantes.

Cuadro 3. Costos por animal para el desarrollo del tratamiento 1 denominado como testigo.

Actividad	Tratamiento	Producto	Dosis	Aplicaciones	Costo/dosis (ml o g)	Costo/tratamiento	Costo total/vaca
Tonificación	Oral	Sal común	120 g	30	Lps. 1	Lps. 30	Lps. 498
		Sal mineral	120 g	30	Lps. 9	Lps. 284	
	Parenteral	Minerales	10 ml	3	Lps. 34	Lps. 102	
		Fosforo	10 ml	3	Lps. 24	Lps. 72	
		vitamina ADE	5 ml	1	Lps. 10	Lps. 10	
Inseminación	IA	-	1 dosis	1	Lps. 280	Lps. 280	Lps. 280
Total							Lps. 778

Cuadro 4. Costos por animal para el desarrollo del tratamiento 2 denominado como Protocolo Convencional Modificado.

Actividad	Tratamiento	Producto	Dosis	Aplicaciones	Costo/dosis (ml o g)	Costo/tratamiento	Costo total/vaca
Tonificación	Oral	Sal común	120 g	30	Lps. 1	Lps. 30	Lps. 498
		Sal mineral	120 g	30	Lps. 9	Lps. 284	
	Parenteral	Minerales	10 ml	3	Lps. 34	Lps. 102	
		Fosforo	10 ml	3	Lps. 24	Lps. 72	
		Vitamina ADE	5 ml	1	Lps. 10	Lps. 10	
Sincronización	Buserelina acetato	Gestar	5 ml	2	Lps. 44	Lps. 88	Lps. 454
	DIB	DIB	1 g	1	Lps. 110	Lps. 110	
	Benzoato de Estradiol	Gonadiol	2 ml	1	Lps. 9	Lps. 9	
	PGF2 α	Ciclase DL	2 ml	2	Lps. 60	Lps. 120	
	Cipionato de Estradiol	Cipiosyn	1 ml	1	Lps. 6.5	Lps. 7	
	eCG	Novormon	2 ml	1	Lps. 120	Lps. 120	
Inseminación	IA	-	1 dosis	1	Lps 280	Lps. 280	Lps. 280
Total							Lps. 1,232

Cuadro 5. Costos por animal para el desarrollo del tratamiento 3 denominado como Protocolo Ovsynch.

Actividad	Tratamiento	Producto	Dosis	Aplicaciones	Costo/dosis (ml o g)	Costo/tratamiento	Costo total/vaca
Tonificación	Oral	Sal común	120 g	30	Lps. 1	Lps. 30	Lps. 498
		Sal mineral	120 g	30	Lps. 9	Lps. 284	
	Parenteral	Minerales	10 ml	3	Lps. 34	Lps. 102	
		Fosforo	10 ml	3	Lps. 24	Lps. 72	
		Vitamina ADE	5 ml	1	Lps. 10	Lps. 10	
Sincronización	Buserelina acetato	Gestar	5 ml	2	Lps. 44	Lps. 88	Lps. 198
	PGF2 α	Ciclaste DL	2 ml	1	Lps. 110	Lps. 110	
Inseminación	IA	-	1 dosis	1	Lps. 280	Lps. 280	Lps. 280
Total							Lps. 976

Cuadro 6. Costo por vaca gestante de los tratamientos evaluados, tomando en cuenta el costo obtenido por cada vaca y el costo por cada vaca gestante en los diferentes grupos de la investigación.

Tratamiento	Número de gestaciones obtenidas	Costo del tratamiento/vaca	Costo total del tratamiento	Costo de la gestación/vaca
GT	6 (20)	Lps. 582.4	Lps. 11,648	Lps. 1,941
PMC	10 (20)	Lps. 1,232	Lps. 24,640	Lps. 2,464
POVS	2 (20)	Lps. 976	Lps. 19,528	Lps. 9,764

En los cuadros anteriores, se calculó el costo de los distintos protocolos de sincronización por animal evaluado en esta investigación, así como el costo de cada preñez lograda. Los resultados indican que, para el tratamiento control (GT), en el cual solo se emplearon productos tonificantes, el costo por preñez fue de 1,941 lempiras. En cuanto al tratamiento 2, denominado PMC, tuvo un costo de 2,464 lempiras por preñez, mientras que el tratamiento 3, identificado como POVS, resultó en un costo significativamente mayor de 9,764 lempiras por vaca gestante. Estos valores en los primeros dos tratamientos son relativamente bajos en comparación con las pérdidas económicas asociadas a bajas eficiencias reproductivas en explotaciones ganaderas del rubro lechero, donde los indicadores de días abiertos e intervalos entre partos suelen superar los valores óptimos. Según Morales (2019), el costo de producción por cada día abierto en ganado lechero ronda entre los 280 a 300 lempiras diarios por animal, por lo que, desde una perspectiva económica, el beneficio es favorable si el tratamiento se realiza para reducir o controlar los días abiertos que superen el rango de 100-120 días.

Si se realiza una comparación del costo por vaca gestante entre los tratamientos evaluados queda claro que el tratamiento testigo es mucho más económico, pero el número de vacas gestantes es mucho menor aumentando así los días abiertos en el grupo, en comparación a los resultados obtenidos en el tratamiento a base de progestágenos el cual fue mucho mayor y con una diferencia levemente mayor en cuanto al costo por animal gestante.

Cabe destacar que los costos de los tratamientos evaluados son accesibles para que los productores puedan adquirirlos y por ende poder ser transmitidos por medio de capacitaciones y seguimientos técnicos.

VII. CONCLUSIONES

1. En relación al efecto de los protocolos de sincronización de celo sobre las estructuras ováricas, se concluye que, no se presentó diferencia estadística significativa entre los protocolos utilizados, donde la variable crecimiento y calidad de folículo presento para el tratamiento 2, una media de tamaño de folículo de 11.8 mm, al día 8 y 12.3 mm al día 10, y para el tratamiento 3, presento una media de tamaño de folículo de 13.1 mm al día 8 y 14.8mm al día 10. Para la variable tamaño de cuerpo lúteo se presentó una media de 21 mm para el tratamiento 1, 20.1 para el tratamiento 2 y 20 mm para el tratamiento 3, estas medidas según análisis estadístico no presentaron diferencia significativa entre los protocolos.
2. Para la variable porcentaje de gestación, el tratamiento 1 tuvo un 100% correspondiente a 6 vacas gestantes de 6 inseminadas del grupo que presentaron celo, el tratamiento 2 obtuvo un 50% correspondiente a 10 vacas gestantes de 20 inseminadas, el tratamiento 3 obtuvo un 10% correspondiente a 2 vacas gestantes de 20 inseminadas, se concluye que el protocolo de sincronización progestágeno fue superior al protocolo Ovsynch.
3. El costo por vaca preñada, fue de Lps. 1941 para el protocolo GT, Lps. 2464 para el protocolo PMC y Lps. 9764 para el protocolo POVS, concluyendo que, aunque el protocolo convencional modificado, presente un valor superior en relación a los costos de sus materiales e insumos, su beneficio se ve reflejado en el porcentaje de gestación, siendo este superior en relación al de los otros protocolos, por lo tanto, el costo de la preñez es más bajo para este protocolo de los progestágenos.

VIII. RECOMENDACIONES

Para poder llevar a cabo la aplicación de protocolos de sincronización del ciclo estral, es imprescindible realizar una evaluación ultrasonográfica previa del aparato reproductor y condición corporal, con el fin de excluir aquellos vientres que no reúnan las condiciones fisiológicas adecuadas para la implementación de esta técnica biotecnológica.

Al realizar un manejo integral del ganado lechero se debe considerar cuidadosamente variables como la condiciones ambientales, dieta nutricional y razas, ya de que son determinantes en la implementación exitosa de biotecnologías reproductivas como la IATF, factores como un mal manejo y deficiencia alimenticia o cambios de dietas durante este proceso pueden inducir estados de estrés agudo, comprometiendo el crecimiento folicular y por ende manifestación del celo.

Durante los primeros 30 días posteriores a la inseminación artificial, es crucial implementar el mantenimiento de un manejo adecuado en áreas como potreros, corrales y en la administración de otras dietas en las hembras servidas, esto sin realizar cambios repentinos, este periodo es crítico debido a que ocurren eventos como ser la fertilización, reconocimiento maternal y posteriormente la implantación del embrión en el endometrio, la exposición a estos factores ocasionaría un estrés en las vacas, logrando alterar procesos fisiológicos y comprometiendo la viabilidad embrionaria y reduciendo significativamente las tasas de gestación.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Becaluba, F. (-c.-s.-c.-b.-t. (2007). Becaluba, F. (2007). Métodos de sincronización de celos en bovinos. Engormix. Recuperado de <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/metodos-sincronizacion-celos-bovinos-t27252.htm>.

Bó, G. (AGOSTO de 2022). Efecto de la adición de GnRH y un segundo tratamiento con prostaglandina F2 α sobre la preñez por inseminación artificial en vacas lecheras lactantes sometidas a un protocolo de IA temporizada a base de estradiol/progesterona. EL SEVIER, 118, 60-70. doi:10.1016

Bó, G. (Escritor), & Bó, G. (Dirección). (2023). Avances de Protocolos de IATF y TETF en Rodeos de Cría y Tambo [Película]. ARGENTINA : You Tube. Recuperado el 29 de Abril de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=9JyH7PrCRCQ&t=427s>

Cabodevila, M. (2020). Efecto de la manifestación de celo y de la inyección de GnRH en vaquillonas sin celos sobre el porcentaje de preñez a la IATF. Tandil : Facultad de Ciencias Veterinarias. Recuperado el 04 de Noviembre de 2024, de <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/1e189162-9402-4b63-a415-bc06ea7069cd/content>

Cartmill. (2001). An Alternative AI Breeding Protocol for Dairy Cows Exposed to Elevated Ambient Temperatures before or after Calving or Both. (Vol. 1). doi:84, 799-806.

Cavestany, D. y. (1993). Cavestany, D., y Méndez, J. (1993). Manual de inseminación artificial en bovinos. Recuperado de <file:///C:/Users/DELL/Downloads/111219240807155445.pdf>.

Delgado, P. A. (29 de Julio de 2011). Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. Artículo Científico, Universidad de la Amazonia, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Colombia. Recuperado el 20 de Abril de 2024, de <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v5n2a08.pdf>

González, M. Y. (2017). Tamaño del folículo ovulatorio, volumen del cuerpo lúteo y niveles séricos de progesterona, durante el ciclo estral y gestación temprana en vacas Holstein en Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, Posgrado en Salud Animal. Bogotá: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Recuperado el 4 de Noviembre de 2024, de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/61025/Tesis_Yulieth_Monroy_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guáqueta, H. (. (2009). Guáqueta, H. (2009, 1 de septiembre). Ciclo estral: Fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. Revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639221003.pdf>. Guáqueta, H. (2009, 1 de septiembre). Ciclo estral: Fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos. Revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639221003.pdf>.

Gutiérrez-Añez, J. C. (1 de Febrero de 2005). Uso del protocolo ovsynch en el control del anestro postparto en vacas mestizas de doble propósito. Revista RCFCV, 7-13. Recuperado el 29 de Abril de 2024, de <https://www.redalyc.org/pdf/959/95915102.pdf>

Hafez, E. (2000). Reproducción e Inseminación Artificial en Animales (septima ed.). México D.F, México : McGRAW-HILL INTERAMERICANA . Recuperado el 29 de Abril de 2024

IRAC. (2011). 9no Simposio Internacional de Reproduccion Animal. Simposio , IRAC, Cordova. Recuperado el 5 de Noviembre de 2024, de http://www.iracbiogen.com.ar/admin/biblioteca/documentos/resumen_simposio_2011.

Cárcamo, Jhonny Alexander. 2000. Efectos de la época y forma de aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento de Maíz. Tesis de Ingeniero Agrónomo. La Ceiba. Honduras. Centro Universitario del litoral Atlántico, UNAH. 48 p.

Molina, I. M. (2019). Evaluación de dos protocolos de sincronización de celo sobre la eficiencia reproductiva en bovinos de carne en la finca Las priedas, San Estaban Olancho. Tesis , Universidad Nacional de Agricultura , Facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia , Olancho . Recuperado el 10 de Noviembre de 2024

Plumb, D. (-m. (2010). Plumb, D.C. (2010). Manual de farmacología veterinaria. Buenos Aires. Argentina: INTER-medica.

Rasby, R. y. (2019). Rasby, R., y Vinton, R. (2019). Instituto de agricultura y recursos naturales: UNL BEEF. Nebraska. Universidad de Nebraska . Recuperado de <https://beef.unl.edu/learning/estrous.shtml>. Rasby, R., y Vinton, R. (2019). Instituto de agricultura y recursos naturales: UNL BEEF. Nebraska. Universidad de Nebraska . Recuperado de <https://beef.unl.edu/learning/estrous.shtml>.

Rivera, M. (-m. (2012). Rivera, M.H. (2012). Manual de reproducción bovina. Recuperado de <http://reproduccionbovina-mgrg.blogspot.com/>.

Robson, C., Aguilar, D., López, S., Calvi, M., Cerlser, R., Flores, F., & y Gómez, M. (-a.-I. (2004). Robson, C.; Aguilar, D; López, S; Calvi, M; Cerlser, R; Flores, F; y Gómez, M. (2004). Inseminación artificial en bovinos. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/188-Inseminacion_2004.pdf.

Roth Z. (2000). Immediate and delayed effects of heat stress on follicular developmet and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows (Vol. 120). Estados Unidos: J. Reprod, Fert. Recuperado el 5 de Noviembre de 2024

Sanín, Y. L. (2014). Reproducción de la Vaca (Primera ed.). (M. M. Restrepo, Ed.) Medellin, Colombia: Corporación Universitaria Remington. Recuperado el 23 de Abril de 2024

Sintex, P. A. (20 de Agosto de 2005). Manejo farmacológico del ciclo estral del bovino. Lab. de Especialidades Veterinarias, págs. 1-5. Recuperado el 04 de Noviembre de 2024, de https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/72-manejo_farmacologico_ciclo_estral_bovino.pdf

Vasconcelos, J. L. (2001). Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. Theriogenology. doi:56(2), 307–314

ANEXOS

Anexo 1 Selección de los grupos de tratamientos e inicio de la tonificación.



Anexo 2 Suministro de sales minerales durante el periodo de tonificación.



Anexo 3 Administración de minerales y vitaminas parenterales durante el periodo de tonificación



Anexo 4 Desinfección con yodo, del dispositivo intravaginal bovino previo a su inserción.



Anexo 5 Materiales utilizados para implementación de los protocolos de sincronización.



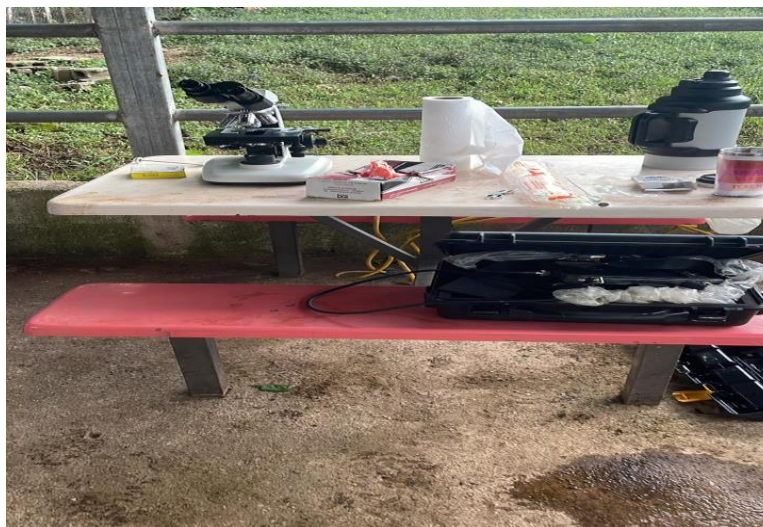
Anexo 6 Administración de eCG vía intramuscular al día 8 del retiro de DIB.



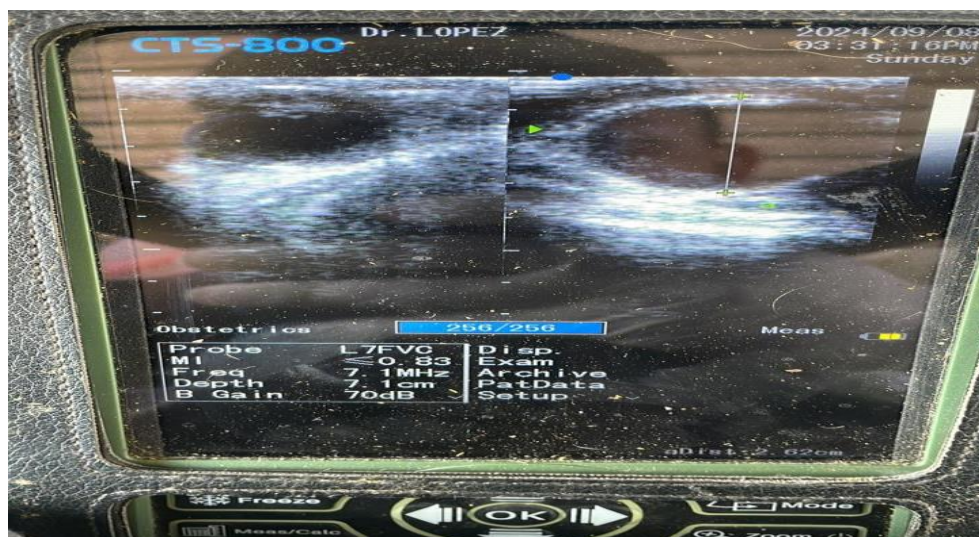
Anexo 7 Colocación de parche detector de celo en los diferentes protocolos evaluados el día 8.



Anexo 8 Materiales y equipos utilizados para la evaluación de las motilidades del semen y también la inseminación artificial el día 10 de los protocolos de sincronización.



Anexo 9 Medición de la media del folículo preovulatorio previo a la inseminación artificial.



Anexo 10 Inseminación artificial a tiempo fijo en las vacas que presentaron signos de celo bien marcados en el protocolo PMC a las 48 horas post retiro del dispositivo



Anexo 11 Diagnóstico de gestación y medición del cuerpo lúteo, mediante ultrasonografía transrectal con una sonda lineal rectal de 7.1 MHz post inseminación entre el día 30 y 60.



