

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Relación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio con el porcentaje de preñez en vacas encastadas sometidas a un protocolo de sincronización de celo, en el municipio de San Miguel, San Miguel.

POR:

Olga Isaura Flores Escobar

Ciudad Universitaria, julio de 2020

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA



Relación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio con el porcentaje de preñez en vacas encastadas sometidas a un protocolo de sincronización de celo, en el municipio de San Miguel, San Miguel.

POR:

Olga Isaura Flores Escobar

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Licenciada en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Ciudad Universitaria, julio de 2020

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. Roger Armando Arias Alvarado

SECRETARIO GENERAL

Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO

Ing. Agr. PhD. Francisco Lara Ascencio

SECRETARIO

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra

JEFA DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

Inga. Agr. MSc. Blanca Eugenia Torres de Ortíz

DOCENTES DIRECTORES

Ing. Agr. Ludwing Vladimir Leyton Barrientos

MVZ. MSc. Carlos David López Salazar

MVZ. PhD Carlos Amaya Montoya

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

Ing. Agr. Carlos Enrique Ruano Iraheta

RESUMEN

La investigación se realizó de julio a diciembre de 2019 en una ganadería comercial ubicada en Cantón El Brazo, departamento de San Miguel. En el experimento se midió el diámetro del folículo pre-ovulatorio de vacas encastadas y se relacionó dicho diámetro con el porcentaje de preñez. La investigación tuvo una duración de seis meses en la que se seleccionaron 34 vacas para ser sometidas a un protocolo de sincronización de celos (HeatSynch), medir el folículo pre-ovulatorio desarrollados en ellas y posteriormente fueron inseminadas. El protocolo consistió en la aplicación de una dosis de GnRH (0.01mg) el día 0, PGF2a (0.150mg) el día 7 y Estradiol (1mg) el día 8, para ser inseminadas artificialmente (IA) el día 10 (IATF). Para la realización de las mediciones de los folículos, se utilizó un ultrasonógrafo con transductor lineal (5.0-7.5MHz.). Se revisaron ambos ovarios a partir del día 8 de protocolo, cada 12 horas hasta horas antes (entre 30 minutos y 3 horas) de la IA de cada vaca. La última revisión se realizó entre los días 30-35 después del servicio para diagnóstico de preñez. De las que resultaron preñadas se tomó captura del ovario que contenía el cuerpo lúteo. Solamente 4 vacas resultaron preñadas en este estudio. Para el análisis estadístico de los datos obtenidos durante la investigación, se utilizaron análisis descriptivos y diferenciales entre cada variable. Las variables analizadas fueron la correlación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio y el porcentaje de preñez, correlación entre la condición corporal y el diámetro del folículo pre-ovulatorio, correlación entre la edad y el diámetro del folículo pre-ovulatorio y la correlación entre el número de lactancias y el diámetro del folículo pre-ovulatorio. Al relacionar la variable diámetro del folículo pre-ovulatorio con cada una de las demás variables, dio resultados no significativos. Conclusiones: El mayor número de preñeces se dio en vacas que desarrollaron folículos pequeños (21.43%), contra una preñez en vacas que desarrollaron folículos grandes (16.67%), mientras que en las vacas que desarrollaron folículos medianos (0%) no se obtuvo ninguna preñez. Probablemente por la baja tasa de preñez que se obtuvo durante el experimento, los resultados demostraron que no existe relación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio y el porcentaje de preñez en vacas encastadas; no obstante, el protocolo de sincronización de celos utilizado durante la investigación funcionó bien en ganado encastado ya que, durante el estudio, todas las vacas sometidas a dicho protocolo mostraron signos de celo y desarrollo folicular.

Palabras claves: ganado encastado, diámetro folicular, sincronización de celos, inseminación artificial.

ABSTRACT

The investigation was carried out from July to December 2019 in a commercial livestock farm located in Canton El Brazo, city of San Miguel. In the experiment, the diameter of the pre-ovulatory follicle of cows was measured and this diameter was related to the percentage of pregnancy. The research lasted six months in which 34 cows were selected to undergo a heat synchronization protocol (HeatSynch), measure the pre-ovulatory follicle developed in them and were subsequently inseminated. The protocol consisted of an application of a dose of GnRH (0.01mg) on day 0, PGF2a (0.150mg) on day 7 and Estradiol (1mg) on day 8, to be artificially inseminated (AI) on day 10 (FTAI). To carry out the measurements of the follicles, an ultrasound scan with a linear transducer (5.0-7.5MHz.) was used. Both ovaries were checked from day 8 of the protocol, every 12 hours to hours before (between 30 minutes and 3 hours) the AI of each cow. The last revision was carried out between 30-35 days after the service for pregnancy diagnosis. Images of the ovary containing the corpus luteum were captured from cows that became pregnant. Just 4 cows were pregnant in this study. For the statistical analysis, of the data obtained during the investigation, descriptive and differential analyzes between each variable was used. The variables analyzed were the correlation between the diameter of the pre-ovulatory follicle and the percentage of pregnancy, the correlation between body condition and the diameter of the pre-ovulatory follicle, the correlation between age and the diameter of the pre-ovulatory follicle and the correlation between the number of lactations and the diameter of the pre-ovulatory follicle. When relating the variable diameter of the pre-ovulatory follicle with each of the other variables, reflected non-significant results. Conclusions: The highest number of pregnancies occurred in cows that developed small follicles (21.43%), compared to pregnancy in cows that developed large follicles (16.67%), whereas in cows that developed medium follicles (0%), no pregnancy was obtained. Probably due to the low pregnancy rate obtained during the experiment, the results showed that there is no relationship between the diameter of the pre-ovulatory follicle and the percentage of pregnancy in cows; however, the heat synchronization protocol used during the research worked well in cross-breed cattle, since all the cows which utilized to this protocol showed signs of heat and follicular development during the study.

Key words: cross-breed cattle, follicular diameter, heat synchronization protocol, artificial insemination.

AGRADECIMIENTOS

Al Dios de mi corazón, por la vida y los dones que me ha dado para poder culminar mi carrera, por no apartarse de mi lado en ningún momento durante el tiempo lejos de casa.

A mis padres, por el apoyo incondicional, por su confianza en mí, en mis capacidades, su paciencia, por no rendirse ante ninguna adversidad, por ser mi mayor soporte. El camino no ha sido fácil, pero ha sido el mejor. Sin ustedes no me deleitaría en este éxito.

A mis hermanos, que siempre están cerca, mis mejores aliados en los mejores, los buenos y los no tan buenos momentos, por acompañarme siempre. El tiempo no pasa en nosotros, seguimos siendo los chiquillos de siempre.

A mi familia, los que están lejos, los que están cerca, por sus consejos, su fe en mí, su apoyo (de mil maneras), y sus oraciones que me han dado fuerzas en este ajetreado camino.

A mis asesores de tesis, sin lugar a dudas el mejor equipo que podría haber elegido.

A mis maestros, no han caído en saco roto ninguna de sus enseñanzas, voy a por más.

DA, la persona correcta en el momento perfecto, el mejor equipo para trabajar y progresar. La mejor compañía para el resto de los días.

A mis amigos y compañeros de la U, los momentos vividos hasta hoy, durante nuestro tiempo de estudiantes, no se olvidarán jamás.

A los médicos veterinarios (compatriotas y veracruzanos) que de una u otra manera me acompañaron en este interesante camino llamado tesis, por los consejos y tips para la realización de este trabajo. Muy especialmente a quien patrocinó parte de mi investigación.

Al propietario y personal de la ganadería donde realicé mi investigación, por la disponibilidad, por la paciencia, el interés en la investigación y el patrocinio; al médico veterinario de la propiedad, parte de este trabajo no habría sido posible sin tu ayuda.

En honor a aquellos que hoy no están aquí pero que celebran conmigo este triunfo.

Solamente es estudiante aquel que es capaz de realizar un esfuerzo continuo...

DEDICATORIA

A vos, que creíste y confiaste en mí....

Viento en popa

Lucha, que es de los fuertes la victoria.
Rompe la valla que opusiera fría
la suerte adversa, la fortuna impía.
¡Vuela y alcanza la lejana gloria!

¡Sé la chispa que fulge entre la escoria!
¡Aborrece la noche y ama el día!
Y no temas jamás de la jauría
de los necios la sátira irrisoria...

Asciende hasta la cumbre a golpes de ala,
a la cumbre que el cóndor sólo escala.
Da vida al ideal que tu alma arropa,

y parte... Que a tu buque peregrino
empuje siempre buen soplo marino
¡para que bogue siempre viento en popa!...

Alfredo Espino

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 Ganado bovino en El Salvador.....	2
2.1.1 Razas utilizadas en El Salvador.....	2
2.1.2 Tipos de sistemas.....	3
2.2 Fisiología de la reproducción	3
2.2.1 Ciclo estral.....	4
2.2.2 Dinámica folicular	6
2.2.3 Tamaños foliculares.....	7
2.3 Inseminación Artificial	7
2.3.1 Método Italiano.....	8
2.3.2 Método Americano.	8
2.4 Sincronización de celos	8
2.4.1. Mediante el uso de prostaglandinas	9
2.4.2. Mediante el uso secuencial de prostaglandinas y de análogos de la GnRH	9
2.4.3. Mediante el uso de progestágenos que actúen como un cuerpo lúteo “artificial”	9
2.5 Factores que influyen en la reproducción.....	9
2.6 Importancia de vitaminas y minerales en reproducción	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1 Descripción del estudio	12
3.1.1 Localización.....	12
3.1.2 Características de la ganadería	12
3.1.3 Población de estudio	12
3.1.4 Criterios de inclusión	12
3.1.5 Criterios de exclusión.....	12
3.2 Metodología de campo.....	13
3.3 Metodología estadística	13
3.4 Variables analizadas	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
4.1 Diámetro promedio del folículo pre-ovulatorio	15
4.2 Correlación entre el DFPO y el porcentaje de preñez	16

4.3 Correlación entre la Condición Corporal (CC) y el DFPO.....	17
4.4 Correlación entre la Edad y el DFPO.	18
4.5 Correlación entre el número de lactancias y el DFPO	18
5. CONCLUSIONES.	20
6. RECOMENDACIONES	21
7. BIBLIOGRAFÍA.....	22
8. ANEXOS.....	29

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Diámetros del folículo pre-ovulatorio de acuerdo a cada categoría.....	15
Cuadro 2. Relación entre el DPFO y la preñez.....	17
Cuadro 3. Condición Corporal (CC) al momento del estro de acuerdo a la categoría del diámetro del folículo pre-ovulatorio.....	17
Cuadro 4. Relación entre la edad de las vacas y el DFPO.....	18
Cuadro 5. Diámetro del FPO según el número de partos.....	19
Cuadro A-1. Tipificación de los sistemas de producción bovina.....	29
Cuadro A-2. Etapas del ciclo estral.....	30
Cuadro A-3. Resumen de las funciones y carencias de algunos minerales.....	31
Cuadro A-4. Datos recopilados durante la investigación.....	32
Cuadro A-5. Análisis de varianza para la variable Relación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio y el porcentaje de preñez.....	33
Cuadro A-6. Análisis de varianza para la variable Correlación entre la Condición Corporal y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.....	33
Cuadro A-7. Análisis de regresión para la variable Correlación entre la Condición Corporal y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.....	34
Cuadro A-8. Análisis de varianza para la variable Correlación entre la Edad y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.....	34
Cuadro A-9. Análisis de regresión para la variable Correlación entre la Edad y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.....	34
Cuadro A-10. Análisis de varianza para la variable Correlación entre el número de lactancias y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.....	34
Cuadro A-11. Análisis de regresión para la variable Correlación entre el número de lactancias y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Diámetros foliculares observados durante el estudio.....	15
Figura A-1. Fases del ciclo estral	30
Figura A-2. Dinámica folicular durante el ciclo estral.....	31
Figura A-3. Esquema del protocolo de sincronización.....	32
Figura A-4. Dendograma para las variables: Condición Corporal, Edad, Número de Partos Y Preñeces.....	35
Figura A-5. Dendograma para las variables: Condición Corporal, Edad, Número de Partos y Categoría de folículos.....	36
Figura A-6. Ubicación de la ganadería en estudio.....	37
Figura A-7. Instalaciones de la ganadería en estudio.....	37
Figura A-8. Sala de ordeño.....	38
Figura A-9. Parte de las vacas seleccionadas para el estudio.....	38
Figura A-10. Materiales y equipo utilizados.....	39
Figura A-11. Selección de las vacas con el programa Vampp.....	39
Figura A-12. Evaluación ginecológica de las vacas seleccionadas.....	40
Figura A-13. Identificación de las vacas seleccionadas.....	40
Figura A-14. Registro individual para cada vaca en estudio.....	41
Figura A-15. Aplicación del protocolo de sincronización de celos.....	42
Figura A-16. Seguimiento a las vacas en estudio.....	42
Figura A-17. Ultrasonido de los CL y producto de las vacas preñadas (señalados con flechas y círculos, respectivamente).....	43
Figura A-18. Diferentes Condiciones Corporales observadas durante el estudio.....	43
Figura A-19. Último día de trabajo.....	44

1. INTRODUCCIÓN

La selección genética en vacas lecheras aparentemente ha creado una situación de conflicto donde el rendimiento de la reproducción se reduce mientras la producción de leche aumenta. Las vacas lecheras generalmente se inseminan durante el máximo de la lactancia y la preñez es obligatorio para lograr una producción óptima (Gvozdić *et al.* 2013).

Los problemas reproductivos resultan en lactaciones excesivamente prolongadas o en largos periodos secos, ambos muy costosos para el ganadero. Cuando una novilla atrasa su incorporación al servicio o una vaca posparto se atrasa en entrar en celo, los productores están conscientes que los días vacíos aumentarán y causarán daños a la economía de la finca. Cuando un animal es inseminado varias veces sin preñar, incrementará la tasa de servicios repetidos y la tasa de eliminación del rebaño por problemas reproductivos, lo que constituye un golpe al plan económico de cada productor. La producción disminuirá, los gastos incrementarán y los ingresos serán menores (González 2015).

La producción en el sistema doble propósito puede verse limitada por un pobre desempeño reproductivo que a su vez puede ser consecuencia de un sistema ineficiente de detección de estros, de una baja en la fertilidad a los diferentes servicios, de elevados índices de pérdida embrionaria y/o de abortos, entre otras causas (Garrido 2010).

El objetivo de este estudio fue relacionar el diámetro del folículo pre-ovulatorio con el porcentaje de preñez en vacas encastadas bajo un protocolo de sincronización, para conocer de mejor forma la fisiología reproductiva de las vacas encastadas de la ganadería en estudio; el tamaño de los folículos en los ovarios es considerado un indicador de fertilidad (Vergara 2015). Por lo tanto, determinar la relación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio con el porcentaje de preñez en vacas encastadas ayuda a conocer de mejor forma la dinámica folicular en el ganado encastado, por lo cual, se comprende mejor la fisiología reproductiva para obtener un perfil del desarrollo folicular, en vacas encastadas, previo a la inseminación artificial. Los resultados sirven tanto a médicos veterinarios como técnicos inseminadores a realizar la IA en un momento más favorable, logrando con esto establecer mejores protocolos de sincronización de celos y ovulación, mejorar los parámetros reproductivos en los hatos lecheros del país y obtener mejores ingresos por vaca al año.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 Ganado bovino en El Salvador

Los primeros bovinos en América fueron llevados por Colón a las Antillas en la época del descubrimiento del Nuevo Mundo, posteriormente los conquistadores españoles trajeron a América bovinos del tipo Ibérico, difundido en toda España (Inchausti y Tagle 1967).

El ganado era muy apreciado por los primeros colonizadores, y lo introdujeron alrededor de sus primeros asentamientos. En el año 1612 las tierras bajas de El Salvador fueron famosas por sus extensos prados y pastizales, que se decía estaban ocupados por numerosas haciendas de ganado (Henríquez y Chávez 2004).

2.1.1 Razas utilizadas en El Salvador

En general, el concepto raza define a animales que comparten un genotipo homogéneo, que se refleja en el fenotipo en caracteres de tipo, tales como color de capa, presencia o ausencia de cuernos, etcétera y que hacen a los animales muy semejantes entre sí (Gasque 2008).

En 1923 los ganaderos salvadoreños introdujeron ganado puro de las razas Holstein, Ayrshire, Jersey, Guernsey y Shorthorn, sin ninguna planificación pues son razas mejoradas de otras latitudes que no se adaptaron a las condiciones del trópico. Alrededor de la década de 1950 los ganaderos salvadoreños introdujeron ganado tipo cebú de Guatemala, toros Guzerat y Santa Gertrudis, del estado de Texas. Luego se introdujo toros raza Brahman Americano que prácticamente absorbió al ganado criollo (Pleitez *et al.* 2003).

2.1.1.1 Ganado encastado

El ganado encastado o de doble propósito es el resultado del cruce habitualmente indefinido entre razas *Bos taurus* x *Bos indicus*, razón por la cual, su variable comportamiento reproductivo se asemeja bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo a uno u otro de ambos tipos raciales y a menudo se presenta como una forma intermedia entre ellos; de esa manera, el momento de ovulación en las vacas encastadas podría diferir del reportado para *Bos taurus* bajo condiciones de clima templado o para *Bos indicus* en el medio tropical (González y Madrid 1998).

Los encastes de razas cebuinas son las más usadas y que mejor se adaptan a nuestras condiciones, sobresaliendo las cruces de la raza Brahman, en menor porcentaje Gyr, Indubrasil, Guzerat y Nellore; entre las lecheras Holstein y Pardo Suizo que cruzadas con cebuinos le da resistencia al trópico (Pleitez *et al.* 2003).

2.1.2 Tipos de sistemas.

El estudio de los sistemas de producción animal surge como consecuencia de la necesidad de conocer los problemas reales a los que se enfrentan los productores. El sistema que ha caracterizado a la ganadería tropical es de doble propósito (cuadro 1), por su capacidad para producir tanto leche como carne, que se adapta esencialmente por la elasticidad que representa vender los excedentes de leche fluida o destinarlos a la crianza de terneros (Ruan y Rodríguez 1989).

La ganadería de subsistencia, es la categoría donde se agrupan productores que poseen menos de 20 cabezas de ganado y sus producciones oscilan entre 3 a 6 bot./vaca/día, el manejo empleado es tradicional con poca o ninguna adopción de tecnología, ordeño manual manteniendo el ternero junto a la vaca la mayor parte del día, las razas utilizadas normalmente son cruces de Brown Swiss con brahman y ganado criollo sin aplicar planes profilácticos, de mejoramiento genético, sin prácticas de nutrición. La leche producida es utilizada para autoconsumo y los excedentes son comercializados localmente para ayudarse con la economía familiar. Se estima que estos ganaderos representan el 24% del rebaño nacional (IICA 2012).

En la ganadería especializada, el objetivo principal de estas en la cadena de valor es convertir la provisión de insumos, la tecnología aplicada en la explotación, la mano de obra empleada y el capital de trabajo en leche, poseen ganado genéticamente especializado para producción láctea, desarrollan principalmente las hembras para reemplazo y los machos en su mayoría son vendidos en edades tempranas, solamente son desarrollados aquellos machos que presentan ventajas genéticas considerables para el rebaño (García 2010).

2.2 Fisiología de la reproducción

La fisiología animal se ocupa de la función de los tejidos, órganos y sistemas de órganos de los animales pluricelulares (Randall et al. 1998). Mientras que la reproducción es una actividad biológica fundamental, propia de cualquier forma de vida que se caracteriza por fecundación interna, gestación (útero), y presencia de un periodo de amamantamiento en las primeras etapas de vida (mamas), la reproductividad de la hembra se presenta varias veces en la vida, apareciendo de manera cíclica un periodo especial donde cambia el comportamiento del animal y se preparan los órganos reproductivos para la cópula: el ciclo estral (Hernández 2016).

Por lo tanto, desde un punto de vista fisiológico, la reproducción es una actividad “de lujo”, es decir, otras funciones tales como el mantenimiento o la lactación (entendida como producción de leche) tienen una prioridad sobre ella, por lo que cualquier pequeño desajuste

nutricional repercutirá antes sobre la reproducción que sobre cualquier otra función, incluida la producción de leche. Además, al tener que efectuarse la cubrición en la época de más necesidades de todo el período productivo, se ve afectada negativamente por cualquier carencia o exceso que la alimentación lleve consigo (Sánchez y Pérez 2010).

Es esencial conocer la fisiología del ciclo estral de la vaca, así como los mecanismos hormonales que lo regulan para conseguir que las vacas queden preñadas de una manera eficiente y rentable, de acuerdo al intervalo entre partos, supondrá de más producción de leche y menos descartes por problemas reproductivos (Cría y Salud 2011?). Descubrimientos recientes de las funciones del cuerpo lúteo y las ondas foliculares del ciclo estral bovino se han traducido en un renovado entusiasmo por las oportunidades de poder lograr un mejor control de la inducción de la ovulación y una más precisa sincronización del ciclo estral (Colazo y Mapletoft 2014).

2.2.1 Ciclo estral

Un ciclo ovárico en una hembra no gestante se define como el intervalo entre dos ovulaciones consecutivas (Klein 2014). Una vez que una hembra ha alcanzado la pubertad ocurren muchas variaciones en su aparato reproductor como respuesta a distintos niveles de hormonas. En una hembra no gestante estos cambios ocurren cada 17 a 24 días (considerándose 21 días como el tiempo promedio). Esta periodicidad se llama Ciclo Estral. Éste está regulado por la interacción de varios órganos; entre ellos el eje hipotálamohipófisis, el ovario y el útero (Cría y Salud 2011?) y se compone de dos fases: una fase folicular inicial y una fase luteínica posterior (figura A-1), separadas por la ovulación (Klein 2014).

El ciclo estral está regulado por las hormonas del hipotálamo (hormona liberadora de gonadotropina, GnRH), la pituitaria anterior (hormona folículo estimulante, FSH y hormona luteinizante, LH), los ovarios (progesterona, P4; estradiol, E2 e inhibinas) y el útero (prostaglandina F2 α , PGF2 α). Estas hormonas actúan a través de un sistema de retroalimentación positiva y negativa para gobernar el ciclo estral del bovino (Colazo y Mapletoft 2014).

El ciclo estral se divide en cuatro etapas bien definidas (cuadro 2):

Estro. En esta etapa la hembra acepta la cópula o la monta de otra vaca. El estro es provocado por el incremento significativo de las concentraciones de estradiol producido por el folículo pre-ovulatorio y por la ausencia de un cuerpo lúteo. La duración de esta etapa es de 8 a 18 horas (Hernández 2016).

Los signos de estro o celo ocurren gracias a la presencia de estrógenos provenientes del folículo. La duración de celo es muy variable, pero se considera que 16 ± 4 horas es el

tiempo promedio. Los estrógenos incrementan, además, las contracciones del tracto reproductivo facilitando el transporte del espermatozoides y del ovulo; y afectan también a centros endocrinos en el hipotálamo que controlan la liberación de GnRH del hipotálamo y ésta, a su vez, la liberación de FSH y LH de la adenohipófisis. El incremento de LH se inicia después de que se hayan iniciado los signos de celo e inicia el proceso de ovulación (Cría y Salud 2011?).

Metaestro. Es la etapa posterior al estro, tiene una duración de cuatro a cinco días. Durante esta etapa ocurre la ovulación y se desarrolla el cuerpo lúteo. Después de la ovulación se observa una depresión en el lugar ocupado por el folículo ovulatorio (depresión ovulatoria) y posteriormente se desarrolla el cuerpo hemorrágico (cuerpo lúteo en proceso de formación). Durante el metaestro, las concentraciones de progesterona comienzan a incrementarse hasta alcanzar niveles mayores de 1ng/mL, momento a partir del cual se considera que el cuerpo lúteo llegó a la madurez. El momento en que las concentraciones de progesterona son superiores a 1ng/mL se toma como criterio fisiológico para determinar el final del metaestro y el inicio del diestro. Un evento hormonal que se destaca en este periodo consiste en la presentación del pico post-ovulatorio de FSH, lo cual desencadena la primera oleada de desarrollo folicular. Algunas vacas presentan un sangrado conocido como sangrado metaestral (Hernández 2016).

En el día 1 el folículo se rompe u ovula, (la ovulación tiene lugar unas 28-32 horas después de haberse iniciado el celo, o a las 10-15 horas de haber cesado los signos de celo en respuesta al pico pre-ovulatorio de LH), permitiendo la salida del óvulo al infundíbulo que lo espera. Después de la ovulación, las células foliculares se transformarán en células luteales. Durante los próximos cinco o seis días, estas células crecen rápidamente para formar el cuerpo lúteo, que produce progesterona, cuya función es preparar al útero para la gestación e inhibir la liberación de gonadotropinas (Cría y Salud 2011?).

Diestro. Es la etapa de mayor duración del ciclo estral, de 12 a 14 días. Durante esta etapa el cuerpo lúteo mantiene su plena funcionalidad, lo que se refleja en concentraciones sanguíneas de progesterona, mayores de 1ng/mL (Hernández 2016), en preparación para el establecimiento y mantenimiento de la preñez o la reanudación del ciclo estral (Colazo y Mapletoft 2014). Además, en esta etapa se pueden encontrar folículos de diferente tamaño debido a las oleadas foliculares. Después de 12-14 días de exposición a la progesterona, el endometrio comienza a secretar PGF2 α en un patrón pulsátil, el cual termina con la vida del cuerpo lúteo y con el diestro. Cabe mencionar que, durante esta etapa, la LH se secreta con una frecuencia muy baja y la FSH tiene incrementos responsables de las oleadas foliculares (Hernández 2016).

La concentración de P4 en sangre comienza a aumentar debido a la formación del CL en el que las células luteinizadas de la granulosa y la teca producen grandes cantidades de P4. La P4 a través de una retroalimentación negativa sobre la GnRH, sólo permite la secreción de pulsos de LH de mayor amplitud, pero menor frecuencia (1 pulso cada 3-4 horas) que son inadecuados para la ovulación del folículo dominante (Colazo y Mapletoft 2014). En términos endocrinos cuando el cuerpo lúteo pierde su funcionalidad, es decir, cuando las concentraciones de progesterona disminuyen por debajo de 1ng/ml, termina el diestro y comienza el proestro (Hernández 2016).

Proestro. Durante el proestro, la hembra se encuentra bajo la influencia de dos hormonas hipofisarias: la FSH y la LH. Se caracteriza por la ausencia de un cuerpo lúteo funcional y por el desarrollo y maduración del folículo ovulatorio. El proestro en la vaca dura de dos a tres días. El incremento de la frecuencia de los pulsos de secreción de LH conducen a la maduración final del folículo ovulatorio y al incremento de estradiol sérico, lo que desencadena el estro (Gasque 2008). Además de la clasificación del ciclo estral descrita anteriormente, existe otra que divide al ciclo en dos fases: la progestacional (lútea) y la estrogénica (folicular). La fase progestacional comprende el metaestro y el diestro, y la fase estrogénica al proestro y estro (Hernández 2016).

2.2.2 Dinámica folicular

En el ovario los folículos son la unidad fundamental del mismo, y son estructuras desencadenantes de los procesos reproductivos y de las fases del ciclo estral (Motta et al 2011), los folículos cumplen con dos funciones fundamentales, la producción de hormonas y de ovocitos (Filipiak *et al.* 2016). Estos procesos, están mediados por la compleja interacción del hipotálamo-hipófisis-ovarios a partir de la liberación de hormonas al torrente sanguíneo (Motta *et al.* 2011).

Cuando nace una becerro, cada uno de sus ovarios contiene entre 50,000 y 200,000 ovocitos o potenciales folículos. Cuando esta llega a los 2 años de edad, la mayoría de estos ha muerto, y sólo permanecen unos 5,000 ovocitos en cada ovario. De estos restantes 10,000, en cada ovulación sólo 5 o 10 resultarán en nuevas crías, si se fertilizan. De los miles de óvulos que existen en el ovario, sólo uno será liberado en cada estro (Gasque 2008).

El crecimiento folicular en bovinos sexualmente maduros ocurre en “ondas” de crecimiento folicular (figura A-2). Cada ciclo estral en bovinos comprende dos o tres ondas de desarrollo folicular (Filipiak *et al.* 2016), donde, de 20 a 50 folículos crecen en cada onda y sólo uno se torna en dominante por su mayor crecimiento (Gasque 2008). Cada onda se inicia con el reclutamiento de pequeños folículos antrales (4 a 5 mm de diámetro), los cuales crecen, uno

de ellos adquiere dominancia, alcanzando un diámetro marcadamente superior y regula el crecimiento de los folículos subordinados. El folículo dominante de la última onda folicular ovula en vacas maduras (Filipiak *et al.* 2016). El líquido folicular contiene la hormona estrogénica, responsable de la aparición del calor o estro (Gasque 2008).

2.2.3 Tamaños foliculares.

El desarrollo folicular está íntimamente vinculado al futuro desempeño reproductivo de las hembras (Filipiak *et al.* 2016). Los tamaños de los folículos de las vacas que exhiben un calor natural varían tanto como los de las vacas inducidas para ovular (Perry *et al.* 2005).

Los factores que controlan el crecimiento folicular inicial no se conocen. En especies como los bóvidos o los équidos (y quizá también en ovejas y cabras), en las cuales maduran varios folículos dominantes durante cada ciclo estral, es probable que comiencen a desarrollarse nuevos folículos cada día. Por tanto, el desarrollo de una cohorte de folículos puede limitar el crecimiento folicular desde el estado primordial, al menos durante el período activo que conduce a la ovulación. Es obvio que el crecimiento inicial está bajo control genético y que su patrón refleja las necesidades de cada especie en particular (Klein 2014)

2.2.4 Folículo pre-ovulatorio.

El tamaño de los folículos en los ovarios es considerado un indicador de fertilidad (Vergara, 2015). En *Bos taurus* los diámetros de los folículos dominantes son marcadamente menores en animales pre-púberes que en post-puberales (11.2 ± 0.2 mm vs. 15.8 ± 0.5 mm respectivamente) (Filipiak *et al.* 2016). Del Valle (2008), estudió el ciclo estral de vacas encastadas, Holstein y Brahman; adonde observó que el folículo pre-ovulatorio alcanzó un diámetro máximo de 14.9 mm el día antes de la ovulación en las vacas encastadas. En vacas Holstein, observó que el diámetro del folículo pre-ovulatorio puede llegar a los 18mm, mientras que el folículo pre-ovulatorio de vacas Brahman alcanza un diámetro de 13.5 ± 2.1 mm, el día antes de la ovulación. Motta *et al* (2011) demostró que el diámetro del folículo pre-ovulatorio fue de 16.5mm para vacas taurinas y en cebuinas, el diámetro fue de 12.1mm. Se ha evaluado también el crecimiento folicular y el diámetro del folículo pre-ovulatorio en vacas con claudicación, encontrando que el tamaño del folículo pre-ovulatorio varió dependiendo de la condición de la vaca, observándose valores promedio de 6.90mm en los animales que presentaban claudicación y 10.03mm, en los animales del grupo control (García-Bracho *et al*, 2015).

2.3 Inseminación Artificial

Esta es una técnica de reproducción asistida en la que se introduce el esperma en la vagina de la hembra a través de medios mecánicos (INATEC 2016). La implementación de

programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) permite la inseminación de un gran número de animales en un periodo establecido. Así, pues, se logra obtener una cantidad considerable de crías con semen de toros de alto potencial genético, lo cual facilita y acelera el proceso de mejoramiento genético (Vallejo et al. 2017).

2.3.1 Métodos Según Sequeira (2013), de acuerdo con el lugar del cervix en que sea depositado el semen, el método se divide en método cervical sencillo o superficial y método cervical profundo. También se le dan los nombres de método italiano al primero y método americano al segundo.

2.3.1 Método Italiano. Con este método se consigue depositar el semen en la mitad del cérvix. Para la utilización de este método se necesita de un espéculo, pinza

Albrechtsen además de los materiales comunes a los otros métodos. La particularidad de este método consiste en la utilización de un espéculo para localizar la cerviz y la pinza que se utiliza para fijarla, una vez hecho eso, se procede a la deposición del semen en conducto cervical (Sequeira 2013).

2.3.2 Método Americano. Este método difiere del anterior en que no se utiliza ni espéculo ni pinza Albrechtsen. Lo que se hace es una palpación rectal, con una mano, para localizar cuernos y cerviz, se vacía el recto y se lava bien cola, vulva y sus alrededores incluyendo cola y luego se seca. Con la otra mano se introduce la varilla cargada con semen hasta la entrada del conducto cervical, se introduce a través de los anillos cervicales y se deposita el semen presionando la pera de goma de la varilla (Sequeira 2013).

2.4 Sincronización de celos

La sincronización de celos consiste en regular farmacológicamente para inducir o controlar el momento del estro y la ovulación, cuyo principal objetivo es incrementar la eficiencia reproductiva en las explotaciones, mejorar la organización de la reproducción o corregir algún defecto en la organización (INATEC 2016). Uno de los mecanismos para el control del anestro es el tratamiento hormonal. La sincronización de celos en bovinos permite alcanzar mejores desempeños reproductivos. En los últimos años se han logrado importantes avances en la efectividad de los tratamientos para la inducción de la ovulación y la ciclicidad, los cuales, asociados a la IATF, permiten lograr muy buenas tasas de preñez en campo (Vallejo *et al.* 2017). Los tratamientos para sincronizar el estro se basan en la destrucción del cuerpo lúteo mediante la administración de la PGF₂ α , o en la inhibición de la ovulación con el uso de progestágenos (Hernández 2016). El ciclo estral de las vacas con ovarios activos, puede ser dirigido de tres formas:

2.4.1. Mediante el uso de prostaglandinas para inducir una regresión precoz del cuerpo lúteo (INATEC 2016). La administración de PGF2 α entre los días 6 al 17, del ciclo estral, provoca la regresión del cuerpo lúteo, lo que resulta en la presentación del estro en las siguientes 48 a 120 horas (Hernández 2016).

2.4.2. Mediante el uso secuencial de prostaglandinas y de análogos de la GnRH para obtener un desarrollo folicular sincronizado tras una luteólisis inducida (INATEC 2016). Según Hernández (2016) se pueden utilizar los siguientes protocolos:

2.4.2.1 Doble inyección de 11 ó 14 días de diferencia. En estos programas se administran dos dosis de PGF2 α con 11 o 14 días de separación. Así, en la primera inyección responden las vacas que están en diestro; 11 o 14 días después de la primera inyección, tanto las vacas que presentaron estro con la primera dosis como las que no, estarán en diestro.

2.4.2.2 Programa de sincronización del estro con PGF2 α cada 14 días. Este programa consiste en la inyección de PGF2 α entre los 30 o 40 días posparto, la cual se repite cada 14 días, hasta que la vaca es inseminada. Estos programas se conocen en los hatos lecheros como pre-sincronización.

2.4.2.3 Sincronización de las oleadas foliculares. La inducción de la ovulación o luteinización de los folículos dominantes con la GnRH o con la hCG provoca el inicio sincronizado de una oleada folicular, tal y como ocurre después de la ovulación espontánea. También se puede provocar el recambio folicular mediante la administración de estradiol o progesterona, lo cual induce la atresia del folículo y el inicio de una nueva oleada folicular.

2.4.2.4 Sincronización de la ovulación e inseminación a tiempo fijo. En estos programas las vacas se pre-sincronizan con el propósito de que al momento de iniciar la sincronización de la ovulación estén en el diestro temprano. La sincronización de la ovulación inicia 12 días después de la última inyección de PGF2 α ; comienza con la inyección de GnRH (día 0), seguida de la inyección de PGF2 α (día siete) posteriormente se administra la segunda dosis de GnRH (día nueve) y se insemina 16 horas después.

2.4.3. Mediante el uso de progestágenos que actúen como un cuerpo lúteo “artificial” (INATEC 2016). Los progestágenos suprimen la secreción de LH, lo que resulta en la inhibición de la ovulación. Durante el periodo de administración, el cuerpo lúteo sufre regresión natural y al retirar el tratamiento el estro se presenta de 48 a 96 horas (Hernández 2016).

2.5 Factores que influyen en la reproducción

La cría artificial se introdujo como una estrategia crucial para garantizar la mejora de la productividad de los bovinos (Thirunavukkarasu y Kathivaran 2009). Sin embargo, El

desempeño reproductivo en condiciones tropicales depende en gran parte de su adaptación a las condiciones climáticas del ambiente. Existen prácticas zosanitarias y estructuras que pueden aliviar el efecto nocivo de los factores climáticos del ambiente tropical (INATEC 2016).

Hay variaciones significativas de la tasa de concepción que se asocian con la raza, el estado del estro (quedarse quieta, parche de detección de calor positivo, actividad de montaje), el número de servicio, el grupo de edad, temperatura corporal (afectando más a vacas que a novillas) el inseminador, el mes de servicio, el año de servicio, la estación del año, la temperatura máxima del aire el día después de la inseminación y la lluvia el día después de la inseminación. Por lo tanto, el manejo ambiental de la vaca posparto durante los calurosos meses de verano está garantizado para maximizar la fertilidad (Badinga 1985).

Thirunavukkarasu y Kathivaran (2009) mencionan que hay incluso una asociación significativa de la tasa de concepción con diferentes tamaños de granja y con diferentes propiedades de la tierra en las vacas. Observaron también que las vacas de ordeño y vaquillas menores de 3 años podrían alcanzar una tasa de concepción más alta que las vacas más viejas. Hubo una asociación significativa de la tasa de concepción y la edad de la vaca, a medida que avanzaba la edad el porcentaje de preñez disminuye, influyendo también el orden de lactancia, la etapa de lactancia y el rendimiento de la leche. La tasa de concepción también se asoció con la temporada y el lugar de la inseminación, a medida que aumentaba la distancia al centro de IA, la tasa de concepción lograda se había reducido notablemente, las inseminaciones en la puerta de entrada habían sido recompensadas en términos de tasas de concepción más altas. En resumen, los autores informaron que las tasas de concepción en bovinos inseminados artificialmente variaron considerablemente entre especies, razas y ubicaciones geográficas, lo que podría deberse a una combinación de multitud de factores animales y ambientales.

Los principales factores (agrupados por categoría) que afectan la reproducción se encuentran: genéticos o congénitos (el tipo de material genético del macho y la hembra es importante para la presentación de la pubertad, la pubertad se presenta a más temprana edad en las hembras híbridas que las de raza pura, consecuentemente los celos son más frecuentes); alimentación y nutrición (la ingestión de nutrientes y la reserva de energía regulan la secreción de hormonas que controlan la reproducción); aspectos de manejo (principales factores de manejo que influyen directamente en los índices reproductivos en las hembras: deficiencia o irregularidad en la detección de celos, inadecuado manejo y manipulación del semen o sementales por parte del personal administrativo y operativo, falta de conocimiento para determinar el momento óptimo para el servicio, atención y cuidados apropiados de las

hembras próximas a parir); medio ambiente (razas y los sistemas de producción en cada región: estacionalidad de lluvias y sequías, calidad del agua para consumo, tipo de construcciones e higiene implementada en cada explotación, altura sobre el nivel del mar, humedad relativa y radiación solar); aspecto de salud (patologías del tracto reproductivo -cervix, útero u ovario-, además de infecciones específicas e inespecíficas a nivel de vagina o de útero) (INATEC 2016).

En los sistemas de manejo intensivo y estabulación permanente, el sistema de alojamiento y el tipo de estabulación que se maneje tienen una enorme injerencia en la presentación de calores y la evidencia de los mismos. La superficie sobre la cual están paradas las vacas y permanecen la mayor parte del tiempo también es muy importante para que se sientan cómodas y seguras para montar a otras vacas y dejarse montar durante el celo. Se han realizado varios estudios comparando actividad de monta en vacas que permanecen sobre piso de tierra (en el campo) con respecto a vacas que permanecen sobre concreto, encontrando una mayor duración del calor y un mayor número de montas en aquellas que permanecían sobre el suelo (Guaquetá 2012).

2.6 Importancia de vitaminas y minerales en reproducción

La mala nutrición y pobre condición corporal también están altamente relacionadas con el bloqueo de la actividad ovárica y el alargamiento del anestro posparto en las vacas con cría en pie (Vallejo *et al.* 2017).

Los minerales en general, sean los que entran en la materia seca en gramos o los que entran en miligramos, están interrelacionados entre sí. Las manifestaciones de carencias leves de macrominerales se aprecian mediante pérdida del apetito, descenso de las producciones, menor resistencia a las enfermedades, mal aspecto de los animales y mala fecundidad (cuadro 3) (Sánchez y Pérez 2010).

Las vitaminas intervienen de forma determinante en procesos de reproducción, producción, crecimiento y estado sanitario en general. La vitamina A, actúa como protector de mucosas y epitelios; su carencia provoca: celos silentes y ovulación retardada, quistes ováricos, repetición irregular de celos, mortalidad embrionaria y retención placentaria. La vitamina E actúa principalmente como antioxidante en las membranas celulares. Su carencia determina retención de placenta, abortos, muerte embrionaria. La incorporación del Complejo B en las dietas de vacas lecheras se aconseja cuando queremos estimular el apetito en el post-parto y sobre todo si tenemos vacas gordas (Sánchez y Pérez 2010).

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Descripción del estudio

3.1.1 Localización

Este estudio se realizó en una ganadería en el municipio de San Miguel, ubicada en cantón el Brazo, departamento de San Miguel, con una elevación de 120 msnm (metros sobre el nivel del mar) con coordenadas 13°21'13"N 88°14'23"W. La fase de campo tuvo una duración de 6 meses (de junio a diciembre de 2019), y para el análisis estadístico de los datos recopilados 2 meses (enero a febrero 2020).

3.1.2 Características de la ganadería

Se seleccionó una ganadería con sistema de estabulación y ordeño mecanizado, pisos de cemento, alojamiento de tierra, donde la alimentación fue a base de ración total mezclada (concentrado comercial/zacate picado/ensilaje, tres veces al día, 80lb/vaca), se les suministraban sales minerales (fórmula comercial) ad libitum antes de iniciar el estudio, con un promedio de 100 vacas en ordeño, que contara con registros reproductivos y utilizaran inseminación artificial.

3.1.3 Población de estudio

Se utilizaron 34 vacas encastadas (*Bos taurus x Bos indicus*) en condiciones similares de manejo, considerando los tipos de encastes presentes en el país (cuadro 1).

3.1.4 Criterios de inclusión

Se utilizaron en el estudio las vacas con los siguientes criterios de inclusión:
Condición Corporal al momento del servicio de 2.5 a 3.5 en la escala de 1 a 5; donde vacas extremadamente delgadas son grado 1 y vacas extremadamente gordas son grado 5 (según la calificación propuesta por Elanco, 1997).

Entre 45 y 90 días pos-parto.

Vacas que estuvieran ciclando.

Que se encontraran entre el primero y quinto parto.

3.1.5 Criterios de exclusión

Se excluyeron las vacas que presentaron las siguientes condiciones:

Catarros genitales al momento del servicio, metritis, retención de membranas placentarias, entre otros.

Con patologías que afectan la reproducción (brucelosis, leptospirosis, neosporosis, quistes foliculares, tumores en aparato reproductor, etc).

Con repetición de celo (tres o más servicios).

3.2 Metodología de campo

Para este estudio se sometieron a evaluación ginecológica a 51 vacas, de las cuales solamente 34 fueron seleccionadas para ser sometidas a un protocolo de sincronización de celos (Heat Synch), medición del folículo pre-ovulatorio (FPO) y, posteriormente, a diagnóstico de gestación, el resto fue descartado por diversas razones (quistes foliculares, tumores en aparato reproductor, metritis).

Todas las vacas que se incluyeron en el estudio (34 vacas) fueron suplementadas con vitaminas y minerales (sales orgánicas e inorgánicas vitaminadas: vitamina A, vitamina D3, vitamina E, fosforo, calcio, magnesio, selenio, yodo, cobre, hierro, zinc, entre otros) durante 2 meses previos a iniciar la investigación, desde 30 días antes del parto hasta 30 días después del parto, suplementos que fueron administrados por vía oral junto con el alimento. Las vacas que tenían > 45 días post-parto fueron sometidas a diagnóstico ginecológico (se examinó el tracto reproductor de cada vaca, tanto órganos internos como externos, desde ovarios hasta vulva) con ultrasonógrafo para determinar si eran aptas o no para entrar al estudio, a las vacas seleccionadas se les colocó un listón en el cuello o los cuernos para identificarlas y fueron sometidas a un protocolo de sincronización de celos (Heat Synch) que consistió en la administración de una dosis de GnRH (0.01 μ g) el día 0, PGF2a (0.150mg) el día 7 y Estradiol (1mg) el día 8, para ser inseminadas artificialmente el día 10 (IATF) (figura 2).

Para estudiar el desarrollo del folículo pre-ovulatorio (FPO) se utilizó un equipo de ultrasonido BMV, provisto de un transductor lineal (5.0-7.5MHz.). Fueron evaluados ambos ovarios de cada vaca ultrasonográficamente (USG). La evaluación por USG fue continua ya que no todas las vacas fueron sometidas a protocolo de sincronización el mismo día; realizando el primer diagnóstico antes de seleccionar las vacas para comprobar la ciclicidad de estas (presencia de cuerpo lúteo). La medición del FPO se realizó a partir del día 7 de iniciado el protocolo de sincronización hasta antes de la IA, mediciones que se realizaron cada 12 horas. Después de 30-35 días de realizada la IA, fueron sometidas a evaluación USG para determinar preñez.

Para la clasificación de los FPO, se utilizó la propuesta de Perry (2005) donde se considera como folículos pequeños a los que miden <12mm, medianos de 12.1mm a 16mm y los >16mm como grandes.

3.3 Metodología estadística

Los datos recopilados (n= 34) durante el experimento se agruparon en tres categorías (según el diámetro del FPO) y fueron analizados a través del programa estadístico Infostat®, 2019, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Para el análisis de los datos se utilizaron análisis

descriptivos y diferenciales (Análisis de varianza, Correlación y Coeficiente de determinación) para cada variable en estudio.

3.4 Variables analizadas

Se analizaron las siguientes variables:

Diámetro promedio en milímetros del folículo pre-ovulatorio (DFPO).

Correlación entre el DFPO y el porcentaje de preñez.

Correlación entre la Condición Corporal (CC) y el DFPO.

Correlación entre la Edad (Ed) y el DFPO.

Correlación entre el número de lactancias y el DFPO.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Para este estudio se midieron folículos pre-ovulatorios en vacas encastadas (cuadro 1), obteniendo los siguientes resultados:

4.1 Diámetro promedio del folículo pre-ovulatorio

Cuadro 1. Diámetros del folículo pre-ovulatorio de acuerdo a cada categoría

Clasificación	Valor de referencia (mm)	N° de vacas	Media \pm DE (mm)
Pequeños	$n \leq 12$	14	10.64 ± 0.90
Medianos	$12 > n < 16$	14	14.62 ± 1.12
Grandes	$n > 16$	6	17.67 ± 0.77
Media global			13.49 ± 2.82

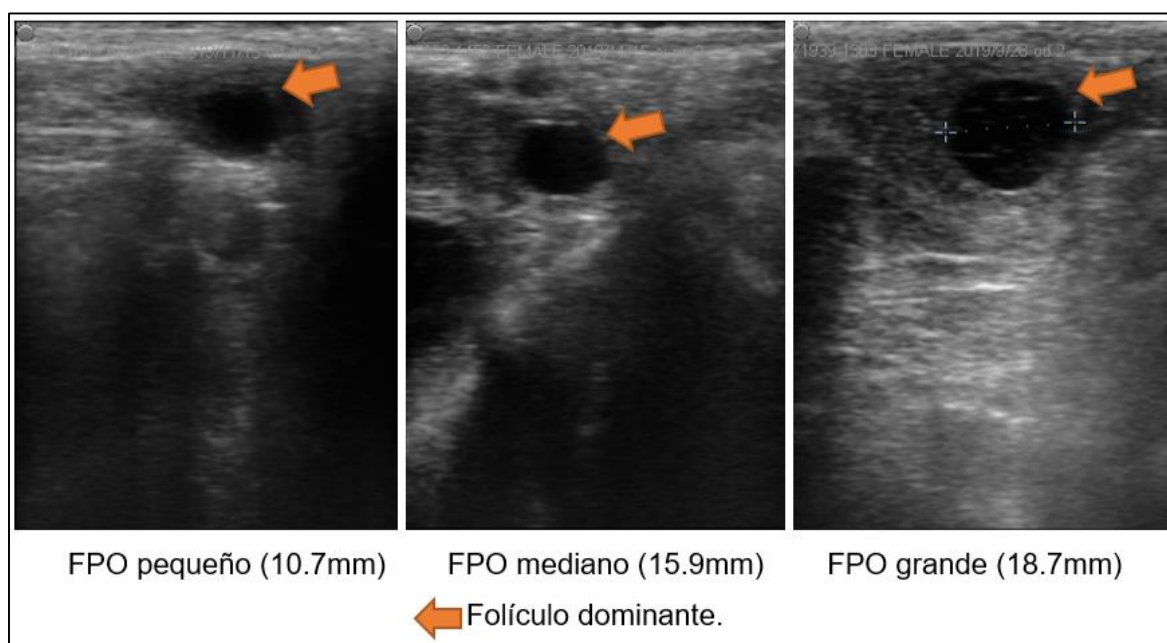


Figura 1. Diámetros foliculares observados durante el estudio

Estos resultados concuerdan con los observados en el estudio de Del Valle (2008), quien estudió diez ciclos estrales de vacas de doble propósito (encastadas: Holstein, Pardo Suizo y Criollo x Brahman, Gyr y Guzerat), donde el folículo pre-ovulatorio alcanzó un diámetro máximo de 14.9mm (diámetro mediano) el día antes de la ovulación. En este caso, el tamaño observado fue inferior comparado con el alcanzado por el folículo pre-ovulatorio en vacas

Holstein, cuyo diámetro puede llegar a los 18mm, lo cual puede explicar la poca presencia de folículos grandes en el presente estudio ya que todas las vacas eran encastadas. Sin embargo, es de similar tamaño que el diámetro alcanzado por el FPO de vacas Brahman, en cuyo caso el folículo alcanza un diámetro de 13.5 ± 2.1 mm, el día antes de la ovulación coincidiendo con los diámetros observados en el presente estudio.

Motta *et al.* (2011) reportó que, en hembras taurinas con dos ondas de crecimiento folicular, el diámetro del folículo dominante es de 17.1mm para la primera onda y de 16.5mm para la segunda onda; en cebuinas, los diámetros fueron de 11.3mm y 12.1mm, para la primera y segunda onda folicular, respectivamente; lo cual, como se mencionó anteriormente, puede explicar la mayor presencia de folículos pequeños y medianos en las vacas encastadas durante este estudio.

De Ondiz *et al.* (2002) evaluaron el crecimiento folicular aplicando un protocolo de sincronización, en vacas mestizas cebú, el cual se incluía Hormona Liberadora de Gonadotropina (GnRH), Gonadotropina Coriónica Equina (eCG) y un implante de progesterona, reportando que el 83% mostró evidencias de un crecimiento folicular progresivo. El FPO se evidenció con un diámetro de 11.7 ± 2.4 mm; aunque el protocolo de sincronización fue diferente al utilizado en el presente estudio, los resultados en cuanto al diámetro de FPO (DFPO) coinciden en la prevalencia de diámetros pequeños (< 12 mm). Similar caso sucedió en un estudio realizado por Gutiérrez *et al.* (2007) donde evaluaron la dinámica folicular de vacas mestizas en anestro tratándolas con un progestágeno intravaginal más eCG y Prostaglandina F2a (PGF2a) donde encontraron FPO de 12.4 ± 0.41 mm.

4.2 Correlación entre el DFPO y el porcentaje de preñez

En este estudio se obtuvo una tasa de preñez global del 11.76% (4/34), comparado contra un 35.86% que normalmente tienen en la ganadería en estudio, esto probablemente debido a diversos factores que pueden afectar a la reproducción como los mencionados por Badinga (1985), Thirunavukkarasu y Kathiravan (2009), el Manual del Protagonista (INATEC, 2016) y Guaquetá (2012): tamaño de la explotación ganadera, edad de las vacas, número de partos, etapa de la lactancia, producción de leche, postparto y desórdenes reproductivos, época del año, tiempo de detección del celo, tiempo al servicio, temperatura y humedad, genéticos o congénitos, alimentación o nutrición, aspectos de manejo, tipo de sistema de producción, medio ambiente, tipo de piso y tipo de alojamiento. Durante el estudio se observaron variaciones en la dieta, inadecuado manejo del semen y equipo de IA, poco interés

por mejorar o corregir las fallas, pisos de corrales en malas condiciones y poca higiene de estos. El mayor porcentaje (por categoría) se observó en las vacas que desarrollaron FPO pequeños (21%) (cuadro 2). Al análisis estadístico de los datos no se observaron diferencias significativas (cuadro A-5).

Para este estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 2. Relación entre el DPFO y la preñez

Valor de referencia (mm)	Preñeces (%)
$n \leq 12$	21 (3/14)
$12 > n < 16$	0 (0/14)
$n > 16$	16.66 (1/6)

Perry *et al.* (2005) y Vergara (2005) coinciden en la observación de mayores porcentajes de preñez para diámetros de folículos medianos y pequeños (78 y 75% respectivamente), en segundo lugar, le siguen los folículos grandes (67%) y medianos (60%) (Perry *et al* y Vergara, respectivamente) y por últimos los folículos pequeños (67%) y grandes (25%) (Perry *et al* y Vergara, respectivamente).

4.3 Correlación entre la Condición Corporal (CC) y el DFPO.

Cuadro 3. Condición Corporal (CC) al momento del estro de acuerdo a la categoría del diámetro del folículo pre-ovulatorio.

CC media \pm D.E	N° vacas	Valor de referencia (mm)
2.91 \pm 0.51	14	< 12
2.95 \pm 0.51	14	12.1-16
3 \pm 0.32	6	>16

En esta investigación se observó que vacas con una menor condición corporal (2.91) produjeron folículos de menor tamaño comparadas con aquellas que tenían una mayor condición corporal (tres), sin embargo, no hay diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$)

(cuadro A-6). Estos resultados (cuadro 3) coinciden con los de López (2006) donde observaron que animales con y sin restricciones alimenticias obtienen un diámetro folicular de 10.5mm Vs 15.8mm respectivamente.

4.4 Correlación entre la Edad y el DFPO.

Cuadro 4. Relación entre la edad de las vacas y el DFPO.

Tamaño Folicular	Edad en Años							Total
	2	3	4	5	6	7	8	
Pequeños	2	2	4	4	1	0	1	14
Medianos	5	2	4	1	1	1	0	14
Grandes	1	1	1	0	3	0	0	6
								34

Al análisis de los datos no se observaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) (cuadro A-8), se observó también que, a medida que avanza la edad de las vacas la tendencia de DFPO se mantiene en diámetros medianos (cuadro 4). Sin embargo, no hay datos en la literatura que relacionen la influencia de la edad con el DFPO. No obstante, Walters *et al* (2002) demostró que las vacas de primera y segunda paridad (entre 2 y 3 años de edad) experimentaron un balance energético negativo más pronunciado que las vacas de tercera paridad (cuatro años de edad). Lo cual podría implicar que los niveles de energía antes y después del parto tienen una influencia directa en el tamaño y la cantidad de folículos. Así como también los bajos niveles nutricionales se combinan con una mala condición corporal, suprimiendo el crecimiento de folículos pequeños en folículos más grandes.

4.5 Correlación entre el número de lactancias y el DFPO

Se observó que todas las vacas, sin importar el número de partos, desarrollaron folículos medianos, mostrando que las bíparas desarrollan folículos solamente unos milímetros más grandes que las primíparas y las múltiparas (cuadro 5). Al analizar los datos se observó que no existen diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$). Estos resultados difieren a los reportados en un estudio realizado por Tanaka *et al* (2008) reportando que las vacas primíparas podían desarrollar FPO de hasta 15.2 ± 2.0 mm, vacas de segundo parto desarrollaron FPO de 17.0 ± 2.3 mm y vacas con 3 o más partos desarrollaron FPO de 17.6 ± 4.7 mm en los días posteriores al parto; esa diferencia puede deberse a que este estudio fue realizado en vacas encastadas mientras que el de Tanaka se realizó en vacas Holstein.

Cuadro 5. Diámetro del FPO según el número de partos

N° de Partos	DFPO \pm D.E	Total
Primíparas	13.5 \pm 2.7	16
Bíparas	14.1 \pm 3.0	6
Múltiparas	13.2 \pm 3.2	12

Los resultados obtenidos también difieren de los reportados por Colazo *et al* (2015) quienes reportaron que el DFPO (en vacas Holstein) está asociado con la paridad y la longitud del protocolo IATF. Las vacas primíparas (16.1 \pm 0.2 mm) tenían folículos ovulatorios más pequeños que las vacas múltiparas (16.7 \pm 0.2 mm).

5. CONCLUSIONES.

El protocolo de sincronización de celos utilizado en esta investigación funciona bien en ganado encastado ya que, durante el estudio, todas las vacas sometidas a dicho protocolo mostraron signos de celo y desarrollo folicular.

Cambios en la dieta, inadecuado manejo del semen antes del servicio, poca higiene de los corrales, pisos en malas condiciones, irregularidades en la técnica de inseminación, posiblemente influenciaron el bajo desempeño en el porcentaje de preñez (11.76%) durante este estudio.

En este estudio se observó que tanto los folículos pequeños como medianos tienen iguales unidades en las vacas encastadas, no tanto así los folículos grandes que obtuvieron un menor porcentaje de observaciones.

Aunque el porcentaje de preñez fue mínimo (11.76%) el mayor número de preñeces se dio en vacas que desarrollaron folículos pequeños (3/14), contra una preñez en vacas que desarrollaron folículos grandes (1/6), mientras que en las vacas que desarrollaron folículos medianos (14) no se obtuvo ninguna preñez.

No se observó diferencia estadística significativa entre la Condición Corporal y el diámetro del folículo pre-ovulatorio, sin embargo, vacas con una condición corporal baja desarrollaron folículos más pequeños que aquellas con una condición corporal alta.

En este estudio se observó que a medida que avanza la edad de las vacas la tendencia en el diámetro del folículo pre-ovulatorio se mantiene en diámetros medianos, sin embargo, no hay estudios que relacionen la edad de las vacas con el diámetro del folículo pre-ovulatorio.

En vacas encastadas, sin importar el número de partos, en promedio desarrollan folículos medianos, se observó que las bíparas desarrollan folículos solamente un milímetro más grande que las primíparas y las multíparas.

6. RECOMENDACIONES

Sincronizar las vacas con el protocolo HeatSynch para mejorar la manifestación de celos, así como también realizar la medición de los folículos pre-ovulatorios en vacas encastadas para lograr mejores porcentajes de preñez; siempre y cuando se cumplan con las condiciones mínimas necesarias de nutrición y manejo del hato.

Al utilizar el protocolo de sincronización de celos HeatSynch se deben inseminar aquellas vacas que manifiesten celo después de la aplicación de prostaglandina, e Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) el día 10 de protocolo a las vacas que no mostraron celo.

Ganaderías que pretenden implementar inseminación artificial deben de capacitar adecuadamente al personal para hacer uso adecuado de la técnica y equipo de IA, detección de celos y llenado de registros reproductivos.

Concientizar al ganadero de que al utilizar un protocolo de sincronización de celos no deberá realizar cambios bruscos ni continuos en la dieta de los animales tratados, así mismo mantener corrales con buena higiene y calidad de pisos a fin de evitar errores humanos al momento de realizar los servicios a las vacas con fin de obtener buenos porcentajes de preñez en el hato.

Realizar más investigaciones donde se estudie el comportamiento del folículo pre-ovulatorio en vacas encastadas tomando en cuenta, además, otras variables como tipo de alimentación, tipo de manejo, época del año, tipo de ordeño, entre otros.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Badinga, L; Collier, RJ; Thatcher, WW; Wilcox, CJ. 1985.** Effects of Climatic and Management Factors on Conception Rate of Dairy Cattle in Subtropical Environment (en línea). Journal of Dairy Science 68:78-85. Consultado el 09 de abril de 2020. Disponible en: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(85\)80800-6/pdf?fbclid=IwAR1tSmZmL8LaAdXwg_Vjd-prACKK241QoXENQPd7z4fy6YtMgWTWo8r7pLY](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(85)80800-6/pdf?fbclid=IwAR1tSmZmL8LaAdXwg_Vjd-prACKK241QoXENQPd7z4fy6YtMgWTWo8r7pLY)
- Baque G, QB; Motato A, NE. 2012.** Sincronización de la fertilidad de vacas mestizas con uso de progesterona intravaginal (en línea). Revista La Técnica. 8: 24-29p. Consultado el 25 oct. 2018. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6087612.pdf>
- Castañeda M, L. 2009.** Fisiología de la reproducción Bovina. Desde la fecundación hasta la implantación embrionaria (en línea). Tesis Médico Veterinario. Bogotá, Colombia, Universidad de La Salle. 90 p. Consultado 26 oct. 2018. Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/5640/T14.09%20C275f.pdf?sequence=1>
- Colazo, MG; Mapletoft, RJ. 2014.** Fisiología del ciclo estral bovino (en línea). Consultado 3 dic. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262106069_Fisiologia_del_ciclo_estral_bovino/download
- Colazo, MG.; Behrouzi, A; Ambrose, DJ; Mapletoft, RJ. 2015.** Diameter of the ovulatory follicle at timed artificial insemination as a predictor of pregnancy status in lactating dairy cows subjected to GnRH-bases protocols. Theriogenology 84: 377–383p.
- Cria y Salud. 2011?** Ganadería Sostenible. *In* Fisiología de la reproducción bovina. (en línea). Madrid, España. Versus. 7(36):40-41. Consultado 18 dic. 2018. Disponible en: http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/36/cys_36_Completa.pdf
- Cruz Z, A, 2006.** Principales factores que afectan la prolificidad del ganado vacuno en Latinoamérica (en línea). Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. VII(10).

Consultado 20 nov. 2018. Disponible en:
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101006.html>

De Ondiz S, A; Perea G, F; Cruz A, R; Portillo M, G; Soto B, E. 2002. Evaluación ultrasonográfica del crecimiento del folículo ovulatorio en vacas anéstricas mestizas Cebú post-tratamiento con Norgestomet y eCG (en línea). Arch. Latinoam. Prod. Anim. 10(1): 20-23. Consultado el 21 ene. 2019. Disponible en:
<http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2010-1/100104.pdf>

Del Valle D, T. 2008. Desarrollo Sostenible de Ganadería Doble Propósito *in* Dinámica folicular ovárica durante el ciclo estral en vacas doble propósito (en línea). p.246-254. Consultado 7 nov. 2018. Disponible en:
http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollosost/pdf/capitulo_44.pdf

Elanco Animal Health. 1997. Body Condition Scoring In Dairy Cattle (en línea). Consultado el 12 de mayo de 2020. Disponible en: http://cdrf.org/wp-content/uploads/2012/06/13_1_Body_condition_scoring.pdf?fbclid=IwAR2d-BfzYMUkBXO167wqUSTZCnuyA7Stoj9dAECICy6RcJ6cMYaW0FoQUJs

Espinoza V, JL. 2012. Ciclo estral. (en línea). Consultado el 09 de mayo de 2020. Disponible en: <https://es.slideshare.net/criollito/ciclo-estral-13068305>

Fricke, PM; Shaver, RD. 2015. Manejando trastornos reproductivos en vacas lecheras (en línea). Consultado 26 set. 2018. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Paul_Fricke/publication/242439622_Manejando_trastornos_reproductivos_en_Vacas_Lecheras/links/54ad3bff0cf2213c5fe2f1ec/Manejando-trastornos-reproductivos-en-Vacas-Lecheras.pdf

Filipiak, Y; Viqueira, M; Bielli, A. 2016. Desarrollo y dinámica de los folículos ováricos desde la etapa fetal hasta la prepuberal en bovinos (en línea). Consultado 3 dic. 2018. Disponible en: <http://www.revistasmvu.com.uy/articulos-en-prensa/60-articulos-en-prensa/356-desarrollo-y-dinamica-de-los-foliculos-ovaricos-desde-la-etapa-fetal-hasta-la-prepuberal-en-bovinos.html#menu>

- García, R. 2010.** Desarrollo de la Cadena de Valor para los Productos Lácteos. Modelo Productivo para las MIPYME en El Salvador (en línea). Consultado el 2 de dic. 2018. Disponible en http://web.minec.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=502:informe&id=53:desarrollo-cadenas&Itemid=63
- García-Bracho, D; Hahn, M; Pino, D; Perea, F; Leal, M. 2015.** Crecimiento folicular y diámetro del folículo dominante en vacas mestizas a pastoreo afectadas por claudicaciones agudas (en línea). Revista Científica XXV (mayo-junio). Consultado el 19 de octubre de 2018. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95939206005>
- Garrido O, AR. 2010.** La reproducción en el sistema doble propósito (en línea). Consultado el 18 dic. 2018. Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/reproduccion-sistema-doble-proposito-t28344.htm>
- Gasque G, R. 2008.** Enciclopedia Bovina. 1° Edición. México D.F, México, s. e. ISBN 978-970-32-4359-4. 303 p.
- Genbiogan. 2018.** Las fases del ciclo estral en la hembra bovina y su regulación hormonal. Consultado el 09 de mayo de 2020. Disponible en: <http://ww1.genbiogan.com/single-post/2016/09/19/Las-fases-del-ciclo-estral-en-la-hembra-bovina-y-su-regulaci%C3%B3n-hormonal>
- González S, C., 2015.** Fertilidad y benchmarks en ganaderías doble propósito (en línea), Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/fertilidad-benchmarks-ganaderias-doble-t31985.htm>
- González-Sragnaro, C; Madrid-Bury, N. 1998.** Momento de la ovulación en novillas y vacas mestizas (en línea). Revista Científica, FCV-LUZ. VIII(3):259-264. Consultado el 26 set. 2018. Disponible en: <http://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/viewFile/14359/14336>
- Guáqueta H. 2009.** Ciclo Estral. Fisiología básica y estrategias para mejorar la detección de celos (en línea). Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 56:163-

183. Bogotá. Colombia. Consultado el 13 de mayo de 2020. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/4076/407639221003.pdf>

Gutiérrez-Añez, J1; Boscán-Ocando, J1; Montero-Urdaneta, M; Portillo-Martínez, G. 2007. Dinámica folicular de vacas mestizas en anestro tratadas con un progestágeno intravaginal más eCG y PGF2a. (en línea). Consultado el 28 de diciembre de 2018. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/114-Gutierrez-DinamicaFolicular.pdf

Gvozdić, D; Dovenski, T; Stančić, I; Stančić, B; Božić, A; Jovanović, I; Atanasov, B; Šuluburić, A. 2013. Hormonal methods for estrous cycle manipulation in dairy cows (en línea). Contemporary Agriculture/Savremena Poljoprivreda 62(3-4)319-332. Consultado el 16 mar. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265731396_HORMONAL_METHODS_FOR_ESTROUS_CYCLE_MANIPULATION_IN_DAIRY_COWS

Henríquez, B.F; Chávez R.A. 2004. Propuesta de una estructura de costos predeterminados estimados para establecer los márgenes de utilidad del sector dedicado a la explotación del ganado lechero en el municipio de Nueva Concepción Departamento de Chalatenango. Tesis. Lic. C.P. San Salvador, El Salvador. UFG. 182p

Hernández C, J.; 2016. Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros (en línea). 1° Ed. México. 87 p. Consultado 24 ene. 2019. Disponible en: http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Clinica.pdf

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2012. Caracterización de la cadena productiva de lácteos en El Salvador. (En Línea). Consultado el 2 de diciembre de 2018. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B4160e/B4160e.pdf>

Inchausti D.; Tagle E. 1967. Bovinotecnia. Exterior y Razas. 5 Ed. Buenos Aires. Argentina. El Ateneo. p. 419

- INATEC (Instituto Nacional Tecnológico). 2016.** Manual del protagonista. *In* Reproducción Animal (en línea). Consultado el 10 dic. 2018. Disponible en: https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Reproduccion_Animal.pdf
- Klein, BG. 2014.** Cunningham. Tratado de Fisiología Veterinaria. 5 Ed. Elsevier. Barcelona, España. p. 408-459.
- López, FJ. 2006.** Relación Entre Condición Corporal Y Eficiencia Reproductiva En Vacas Holstein. En línea. Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias. IV(1):77-86. Consultado el 09 de abril de 2020. Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:B9Fbq9N5Q7AJ:https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo%3Fcodigo%3D6117891+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=sv>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2018.** Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2017-2018. La Libertad. El Salvador. Consultado el 09 de mayo de 2020. Consultado el 09 de mayo de 2020. Disponible en: <http://www.mag.gob.sv/direccion-general-de-economia-agropecuaria/estadisticas-agropecuarias/anuarios-de-estadisticas-agropecuarias/>
- Mori, J; Nakao, T; Kaneda, Y; Saito, Y; Ono, K; Saito, N; Hosokawa, K; Oto, M. 2002.** Manual for Diagnosis and Treatment of Reproductive Disorders in Dairy Cattle. Japan. 92 p.
- Motta Delgado, PA; Ramos C, N; González S, CM; Castro R, EC. 2011.** Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina (en línea). Vet.Zootec. 5(2): 88-99. Disponible en: <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v5n2a08.pdf>
- Ochoa Ávila, RL. 2015.** Evaluación de dos métodos de inseminación artificial en la preñez con protocolos de IATF en vacas Holstein (en línea). Tesis Lic. Cuenca, Ecuador, UPS. 84 p. Consultado el 10 dic. 2018. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8800/1/UPS-CT005014.pdf>
- Ortíz, O; Flores, H; Alemán, S; Osorio, M; Solórzano, S. 2016.** El Salvador: Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad para la Alimentación y la Agricultura. MAG

(Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador)/CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”, El Salvador). 154 p.

Palomares N, R; De Ondiz S, A; Sandoval, J; Román B, R; González F, R; Soto B, E. 2002.

Inducción del celo y fertilidad en vacas mestizas cebú acíclicas tratadas a los 40 días postparto con esponjas intravaginales impregnadas con progestágenos (en línea). Revista Científica, FCV-LUZ. XII(5):371-378. Consultado el 18 dic. 2018. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/261359249_INDUCCION

[DEL CELO Y FERTILIDAD EN VACAS MESTIZAS CEBU ACICLICAS TRATADAS A LOS 40 DIAS POSTPARTO CON ESPONJAS INTRAVAGINALES IMPREGNADAS CON PROGESTAGENOS Estrus Induction and Fertility in Noncyclic](#)

Perry, GA; Smith, MF; Lucy, MC; Green, JA; Parks, TE; MacNeil, MD; Roberts, AJ; Geary,

TW. 2005. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success (en línea). Proc Natl Acad Sci USA. 102(14): 5268–5273. Consultado el 16 ene. 2019.

Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC556005/>

Pleitez, J; Mejía, O.E.; Araujo Santin, J. 2003. Diagnóstico de los Recursos Zoogenéticos en

El Salvador (En Línea). Consultado el 2 de diciembre de 2018. Disponible en

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1250e/annexes/CountryReports/ElSalvador.pdf>

Randall, D; Burggren, W; French, K. 1998. Eckert Fisiología Animal. Mecanismos y

Adaptaciones. 4 Ed. McGraw Hill-Interamericana, p 5.

Ruan, R; Rodríguez, A. 1989. Producción de Carne y Leche en el Ganado de Doble Propósito.

Memorias III Reunión de Anual del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Del Estado de Veracruz, Veracruz, México. P.58

Sánchez S,R.; Pérez G,S., 2010. XXXIII Curso Internacional de Reproducción Animal, Instituto

Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Visión Libros, Madrid, España, p. 345-356

Senger, P.L. 2005. Pathways to Pregnancy and Parturition. 2nd Edition. Washington. United

States of America. Current Conceptions, Inc. 172 p.

- Sequeira, L.T. 2013.** Compendio Sobre Reproducción Animal (en línea). 1 Ed., Managua, Nicaragua. p. 13, 69-73. Consultado el 11 dic. 2018. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/2473/1/nl53t683c.pdf>
- Tanaka, T; Arai, M; Ohtani, S; Uemura, S; Kuroiwa, T; Kim, SJ; Kamomae, H. 2008.** Influence of parity on follicular dynamics and resumption of ovarian cycle in postpartum dairy cows. (en línea). Animal Reproduction Science 108 (2008) 134–143 p. Consultado el 27 de marzo de 2020. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17826012>
- Thirunavukkarasu, M. y Kathivaran, G. 2009.** Factors affecting conception rates in artificially inseminated bovines (en línea). Indian Journal of Animal Sciences 79 (9): 871–875. Consultado el 09 de abril de 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283298856_Factors_affecting_conception_rates_in_artificially_inseminated_bovines?fbclid=IwAR2orlZ4Fc9zzrj4aNOKmRIK7FQ6gte7A8EcOHTXIR8i1FN3kAEjgWU7880
- Vallejo T, D.A; Muñoz R, Y.A; Chaves V, C.A; Astaíza M, J.M; Benavides M, C.J. 2017.** Sincronización de la ovulación en bovinos utilizando gonadotropina coriónica equina con amamantamiento restringido y sin este. En línea. Consultado el 11 dic. 2018. Disponible en: <http://sct.uab.cat/estadistica/sites/sct.uab.cat.estadistica/files/ManualSAS.PDF>
- Vergara I, YL. 2005.** Relación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio y el porcentaje de preñez en ganado lechero (en línea). Tesis Ing. Zamorano, Honduras, Zamorano. 35 p. Consultado el 3 dic. 2018. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5274/1/CPA-2005-T093.pdf>
- Walters, AH; Bailey, TL; Pearson, RE; Gwazdauskas, FC. 2002.** Parity-Related Changes in Bovine Follicle and Oocyte Populations, Oocyte Quality, and Hormones to 90 Days Postpartum. (en línea). Journal of American Dairy Science Association. 85(4) 824–832 p. Consultado el 27 de marzo de 2020. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12018429/>

8. ANEXOS.

Cuadro A-1. Tipificación de los sistemas de producción bovina

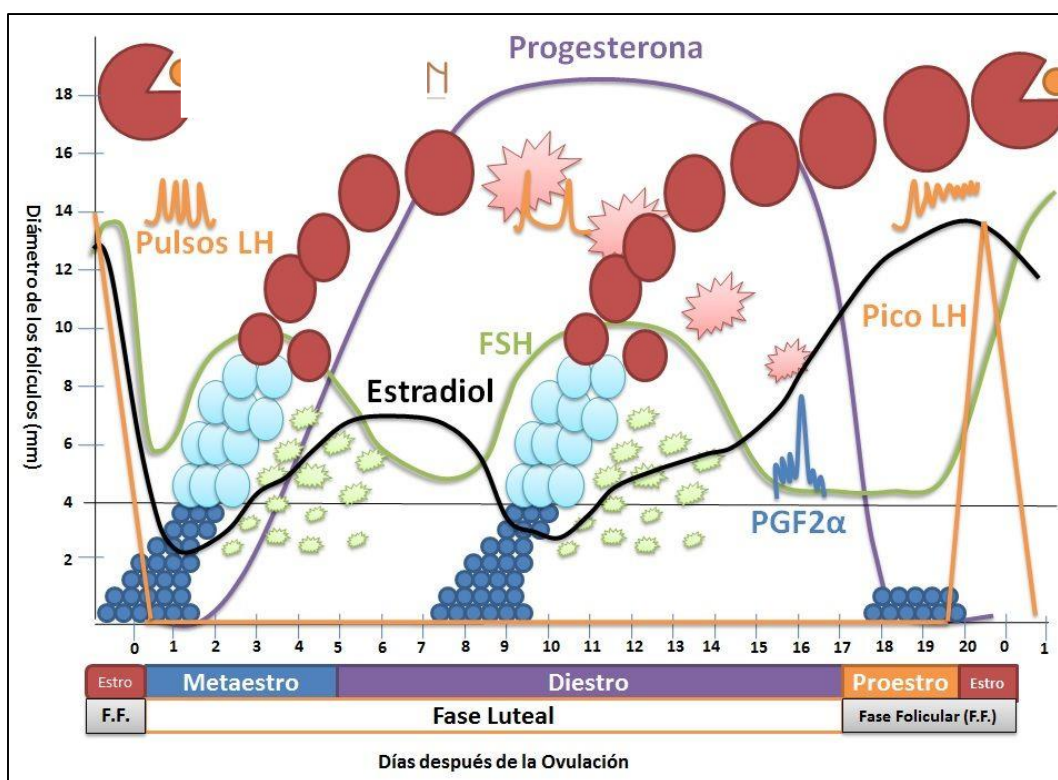
Tipo de Ganadería	Sistema de Producción	Características
Ganadería especializada	Intensiva	Utilizan razas Holstein. Pardo Suizo, Jersey puros o purificados
		Ordeño Mecanizado, higiénico y control de calidad de la leche
		Producción promedio de 15-22.5 litros/vaca/día
		Destino de la producción industrial y artesanal
		Alimentación basada en pastos y forrajes frescos, ensilajes, así como concentrados elaborados a base de granos.
		Manejo estabulado con control de estrés calórico.
		Uso de registros productivos, reproductivos y financieros, en fichas, cuadernos y computarizados.
	Semi intensiva	Razas utilizadas: Pardo Suizo y encaste con Holstein en proporciones de ½ hasta 5/8
		Ordeño manual y mecanizado e higiénico y control de calidad de leche.
		Producción media: 9-12 litros/vaca/día.
		Destino de la producción: industrial y artesanal.
		Alimentación con pastos y forrajes frescos y ensilados, y concentrados.
		Manejo semi estabulado, algunos con control de estrés calórico.
		Uso de registro productivos, reproductivos y financieros, en fichas, cuadernos y computarizados.
Ganadería de Doble Propósito	Comercial	Razas utilizadas: Brown Swiss, y Holstein en cruzamiento con Brahman, criollo, Gyr y otras razas cebuinas.
		Ordeño manual, sin control de calidad de leche.
		Producción media: 4-8 litros/vaca/día.
		Destino de la producción: industrial y artesanal.
		Alimentación con pastos y forrajes, concentrado y residuos de cosecha.
		Manejo en pastoreo y semi pastoreo.
		No se usan registros.
	Subsistencia	Razas utilizadas: Brown Swiss en cruzamiento con Brahman y criollos. con características de ganado cebuino.
		Ordeño manual, sin control de calidad de leche.
		Producción media: 3-6 litros /vaca/día.
		Destino de la producción: consumo y comercialización local.
		Alimentación basada en pastos de muy baja calidad y residuos de cosecha.
		Manejo en pastoreo o trascal.
		Sin registros.

Fuente: Adaptado de Ortéz *et al.* 2016.

Cuadro A-2. Etapas del ciclo estral

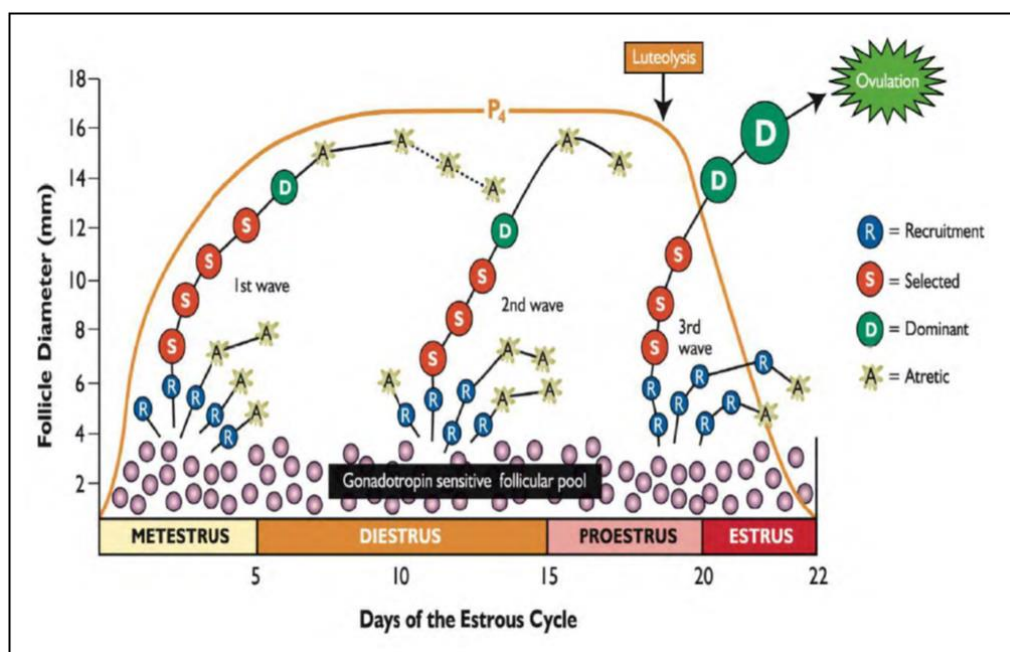
Fase	Día	Duración	Evento
Estro	0	10-12h.	Maduración Folicular, altos niveles de estrógeno y pico de LH.
Metaestro	1-3	5-7 días	Ovulación (dentro de las 12-18h.), formación del Cuerpo Hemorrágico que no responde a $\text{PGF}_{2\alpha}$.
Diestro	5-18	10-15 días	Maduración del Cuerpo Lúteo - Altos niveles de progesterona.
Proestro	19-21	3 días	Regresión del Cuerpo Lúteo, maduración del folículo e incremento de estrógenos.

Fuente: Adaptado de Cría y Salud 2011?

Figura A-1. Fases del ciclo estral

Fuente: Tomado de Genbiogan 2018.

Figura A-2. Dinámica folicular durante el ciclo estral.



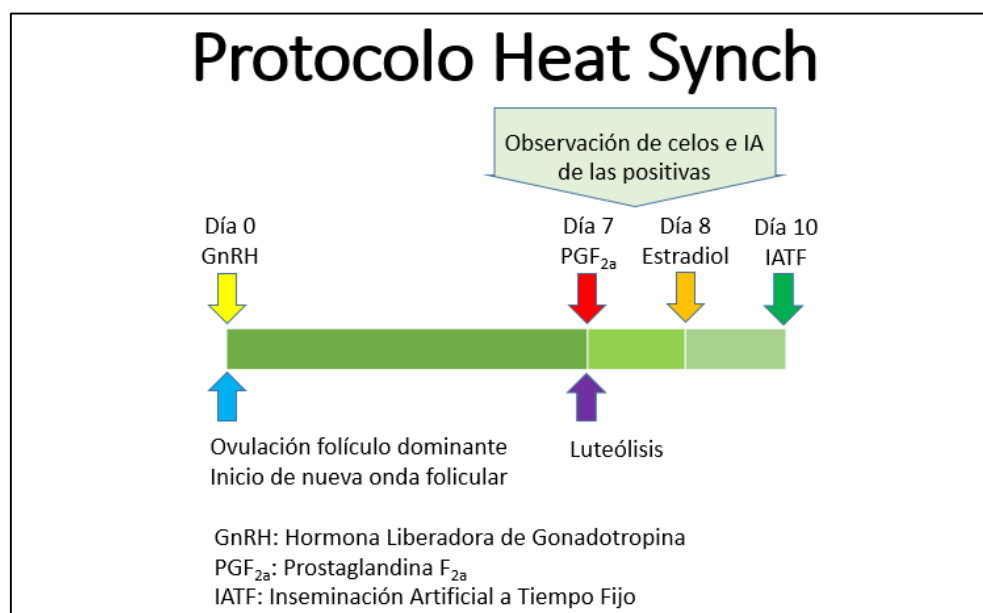
Fuente: Tomado de Senger 2005.

Cuadro A-3. Resumen de las funciones y carencias de algunos minerales.

Mineral	Funciones	Carencia
Magnesio	Intercambio energético	Bloqueo de síntesis de paratohormona
Sodio	Fundamental para el apetito	Celos silentes, retención placentaria, quistes ováricos
Azufre	Metabolismo de la urea	Deficiencia de aminoácidos
Potasio	Equilibrio ácido-base	Interfiere en la absorción del magnesio
Cobre	Intervención en diversos procesos enzimáticos	Abortos, muerte embrionaria, falta de celo
Manganeso	Procesos enzimáticos, crecimiento y reproducción	Falta de celo, abortos, reabsorciones embrionarias
Zinc	Desarrollo esquelético, pezuñas, síntesis de proteínas	Mala fertilidad, dermatitis, alopecia, mala cicatrización
Iodo	Síntesis de tiroxina	Reabsorciones embrionarias, abortos, retención de placenta
Cobalto	Síntesis de vitamina B-12, crecimiento de flora ruminal	Anemia, falta de celo, descenso de producción

Fuente: Adaptado de Sánchez y Pérez 2010.

Figura A-3. Esquema del protocolo de sincronización.



Fuente: Adaptado de Gvozdić *et al.* 2013.

Cuadro A-4. Datos recopilados durante la investigación.

N°	Id.	Diámetros foliculares			Diagnóstico gestación	Lact.	CC	Edad (años)
		< 12mm	12.1-16mm	>16mm				
1	1357	11.6			Preñada	2	3	5
2	1406	10.1			Preñada	3	3.75	4
3	1274	11			Vacía	3	2.5	6
4	1475	9.9			Vacía	1	2.5	3
5	1448	11.3			Vacía	1	3.75	4
6	1639		14.1		Vacía	1	3	2
7	1491		13.5		Vacía	1	2.5	3
8	1444		15.8		Vacía	2	3.75	4
9	1436			16.8	Vacía	1	2.75	4
10	1105	11.3			Vacía	5	3.75	8
11	1576		15		Vacía	1	3.25	2
12	1336		13.9		Vacía	2	2.75	5
13	1527	10			Vacía	1	3	3
14	1580	11.1			Preñada	1	2.5	2
15	1271		15.2		Vacía	5	4	6
16	1331	8.7			Vacía	3	3	5
17	1372	12			Vacía	3	2.5	5
18	1410		12.4		Vacía	3	3.25	4

19	1303			18.7	Vacía	2	3.5	6
20	1254			17.2	Vacía	3	3	6
21	1498			17	Vacía	1	2.75	3
22	1584		14.8		Vacía	1	2.25	2
23	1207	10.2			Vacía	5	3	5
24	1626		14.8		Vacía	1	3	2
25	1629	11.5			Vacía	1	2.5	2
26	1595			18	Vacía	1	2.75	2
27	1570		15.7		Vacía	1	3	3
28	1462	10			Vacía	1	2.5	4
29	1649		13.1		Vacía	1	2.5	2
30	1452		14.6		Vacía	2	3	4
31	1283			18.3	Preñada	5	3.25	6
32	1474	10.2			Vacía	2	2.5	4
33	1191		15.7		Vacía	3	2.75	7
34	1394		15.3		Vacía	3	2.25	4
SubTotal		14	14	6	Total=	34		

Id. Identificación de las vacas incluidas en el estudio, Lact. Número de lactancias, CC condición corporal.

Cuadro A-5. Análisis de varianza para la variable Relación entre el diámetro del folículo pre-ovulatorio y el porcentaje de preñez

F. de V.	G. de L.	S.C.	C.M.	F.cal	P-valor
Categorías	2	0.34	0.17	1.65	0.2091
Error	31	3.19	0.10		
Total	33	3.53			

Cuadro A-6. Análisis de varianza para la variable Correlación entre la Condición Corporal y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.

F. de V.	G. de L.	S.C.	C.M.	F.cal	P-valor
Categorías	1	3.61	3.61	0.44	0.5118
Residuos	32	262.62	8.21		
Total	33	266.23			

Cuadro A-7. Análisis de regresión para la variable Correlación entre la Condición Corporal y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple r:	0.116
Coeficiente de determinación R ² :	0.0136

Cuadro A-8. Análisis de varianza para la variable Correlación entre la Edad y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.

F. de V.	G. de L.	S.C.	C.M.	F.cal.	P-valor
Regresión	1	1.23	1.23	0.15	0.7027
Residuos	32	265.01	8.28		
Total	33	266.23			

Cuadro A-9. Análisis de regresión para la variable Correlación entre la Edad y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple r:	0.0679
Coeficiente de determinación R ²	0.0046

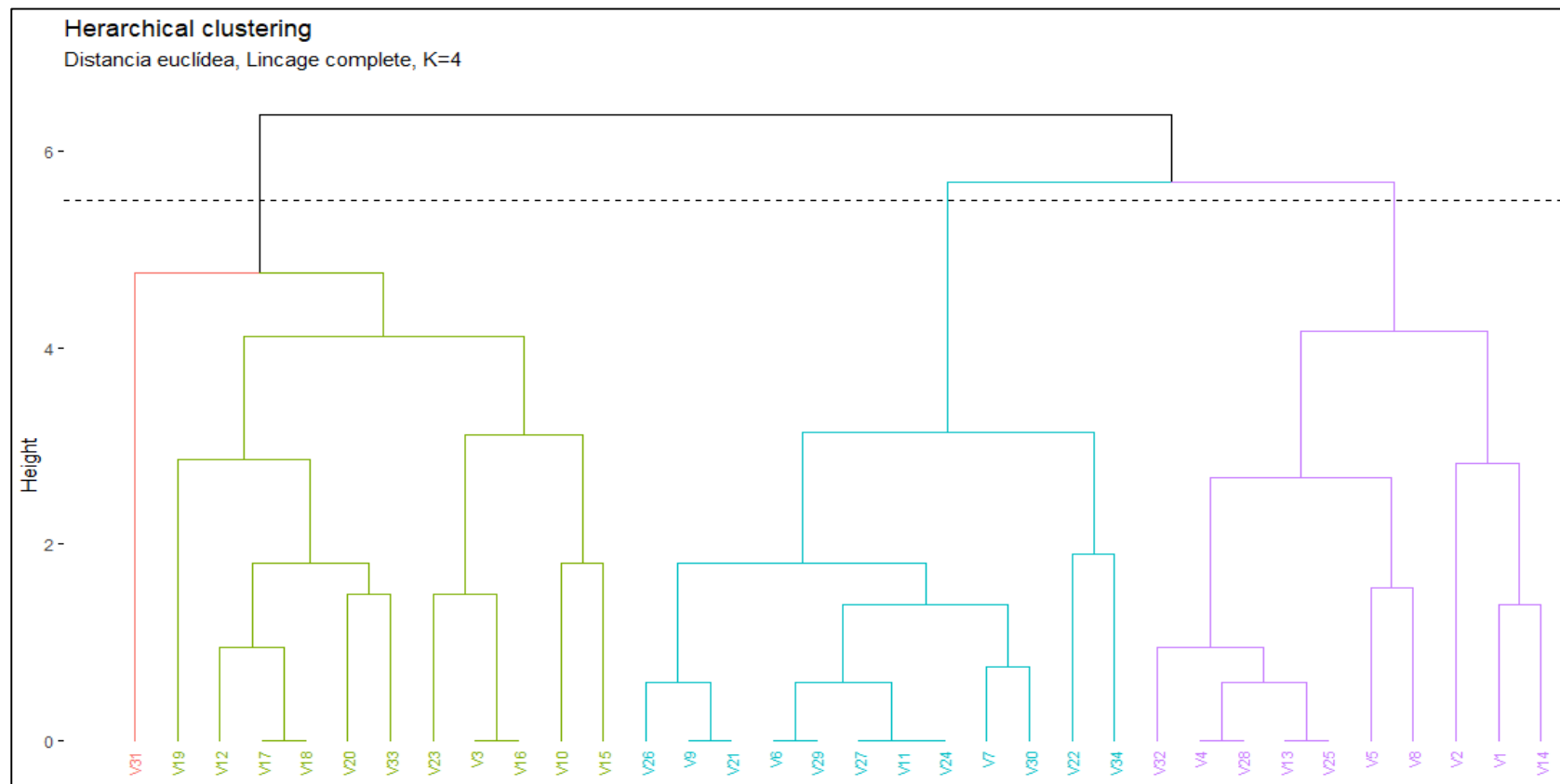
Cuadro A-10. Análisis de varianza para la variable Correlación entre el número de lactancias y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.

F. de V.	G. de L.	S.C.	C.M.	F.cal.	P-valor
Regresión	1	0.11	0.11	0.01	0.9107
Residuos	32	266.13	8.32		
Total	33	266.23			

Cuadro A-11. Análisis de regresión para la variable Correlación entre el número de lactancias y el diámetro del folículo pre-ovulatorio.

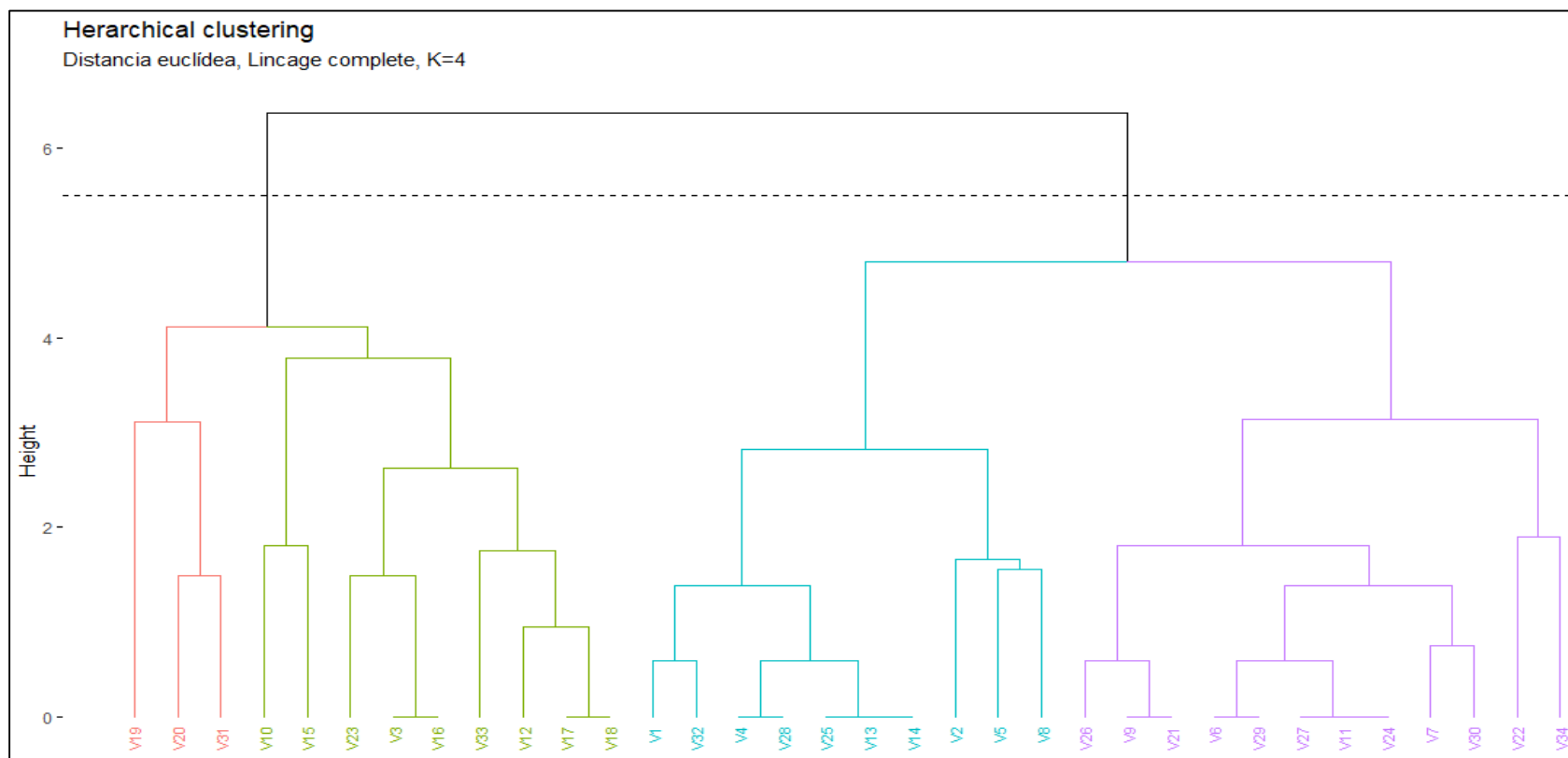
Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple r:	0.0199
Coeficiente de determinación R ² :	0.000399

Figura A-4. Dendrograma para las variables: Condición Corporal, Edad, Número de Partos y Preñeces.



Al evaluar las variables Condición Corporal, Edad, Número de Partos y Preñeces, el programa agrupó las vacas en estudio en cuatro grupos diferentes en los que 3 (V1, V2, V14) de las 4 vacas preñadas comparten agrupación, esto debido a que compartían además similar condición corporal y edad, mientras que la cuarta vaca preñada (V31), se agrupó sola, posiblemente por ser la única vaca preñada dentro de su categoría de diámetro folicular. El resto de las vacas en estudio están agrupadas según las características similares entre ellas.

Figura A-5. Dendrograma para las variables: Condición Corporal, Edad, Número de Partos y Categoría de Folículos.



Al evaluar las variables Condición Corporal, Edad, Número de Partos y Diámetros Foliculares, el programa agrupó las vacas en estudio en cuatro grupos diferentes, nuevamente. Sin embargo, ninguna de las vacas preñadas comparte agrupación.

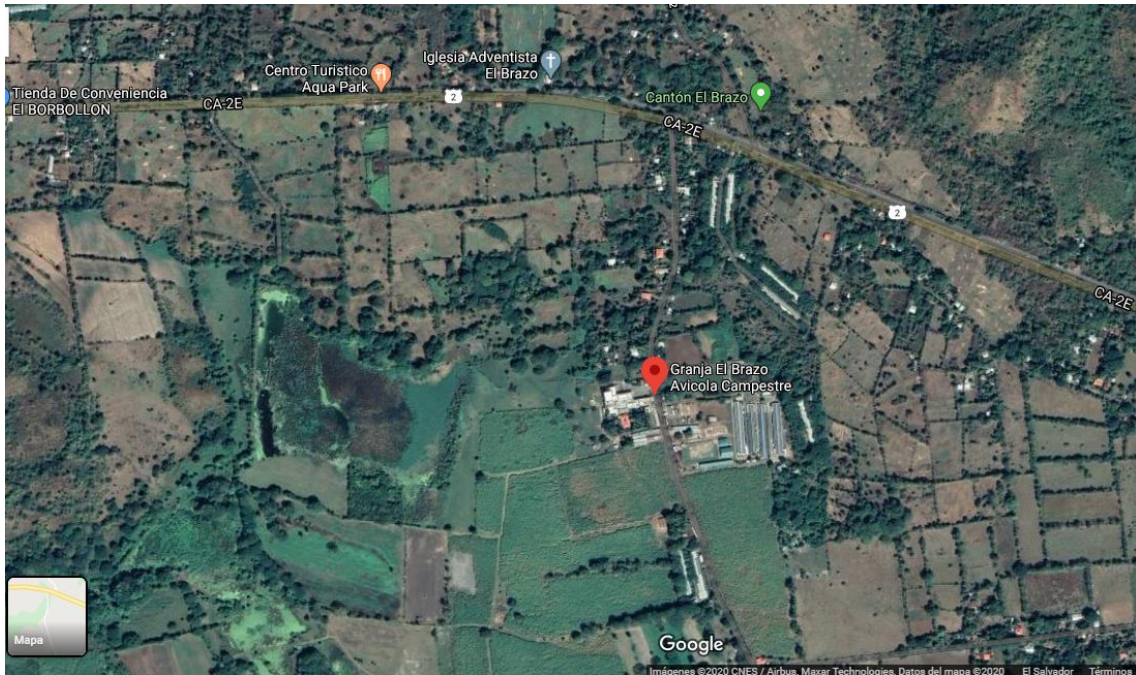


Figura A-6. Ubicación de la ganadería en estudio



Figura A-7. Instalaciones de la ganadería en estudio



Figura A-8. Sala de ordeño



Figura A-9. Parte de las vacas seleccionadas para el estudio



Figura A-10. Materiales y equipo utilizados

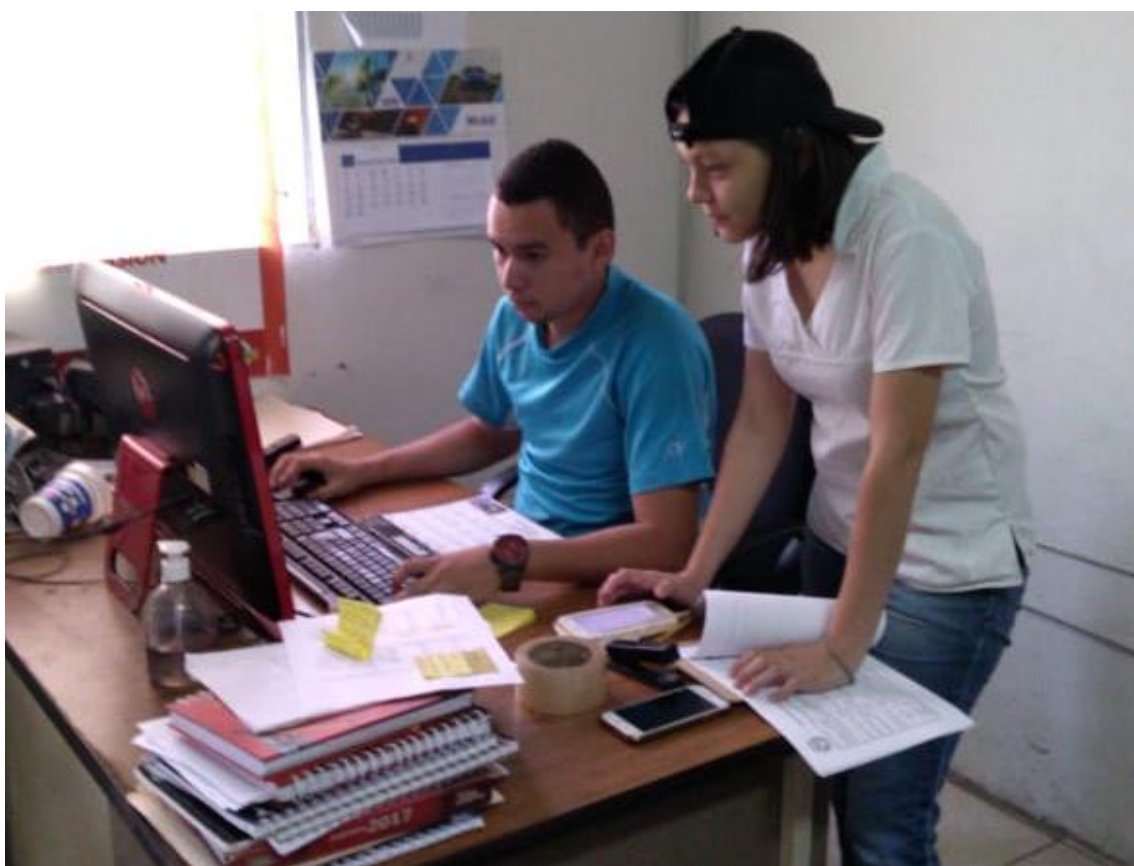


Figura A-11. Selección de las vacas con el programa Vampp



Figura A-12. Evaluación ginecológica de las vacas seleccionadas



Figura A-13. Identificación de las vacas seleccionadas

Ficha Clínica para el Control del Aparato Reproductor Femenino

Número / nombre	Fecha de examen	Propietario	Fecha de Nacimiento
Total partos () Último parto: / / . Condición al parto:		Retención placentaria: Ausente Presente	
Total inseminaciones () Última inseminación: / / . Producción actual:		litros / botellas	
Información del encargado de hato:			
Mucus		Ovarios	
Ausente	Claro Muco-purulento Purulento Sanguinolento	Izquierdo	Derecho
Labios			
Forma:	Relajados Inflamados Contraídos		
Labios y mucosa vaginal			
Congestión:	Ausente / Presente Húmedos Secos		
Cérvix			
Tamaño (cm):	1.0 1.5 2.0 2.5 3.0		
Canal cervical:	Abierto Contraído Cerrado	X	X
Útero			
Tamaño (cm)	1.0 1.5 2.0 2.5 3.0		
Forma	Circular Semicircular Oval Plano		
Contracción	+++ ++ + ± -		
Grosor	++ + -		
Condición interna	++ + -		
		Anormalidad patas	
		2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5	(Ausente Presente)
Instrucciones y tratamientos			

Fuente: Adaptado de Mori *et al* 2002*.

Figura A-14. Registro individual para cada vaca en estudio

Tomado, traducido y modificado por Carlos Santiago Amaya Montoya* para esta investigación, del original que está en la página 92 del "Manual for Diagnosis and Treatment of Reproductive Disorders in Dairy Cattle".



Figura A-15. Aplicación del protocolo de sincronización de celos



Figura A-16. Seguimiento a las vacas en estudio

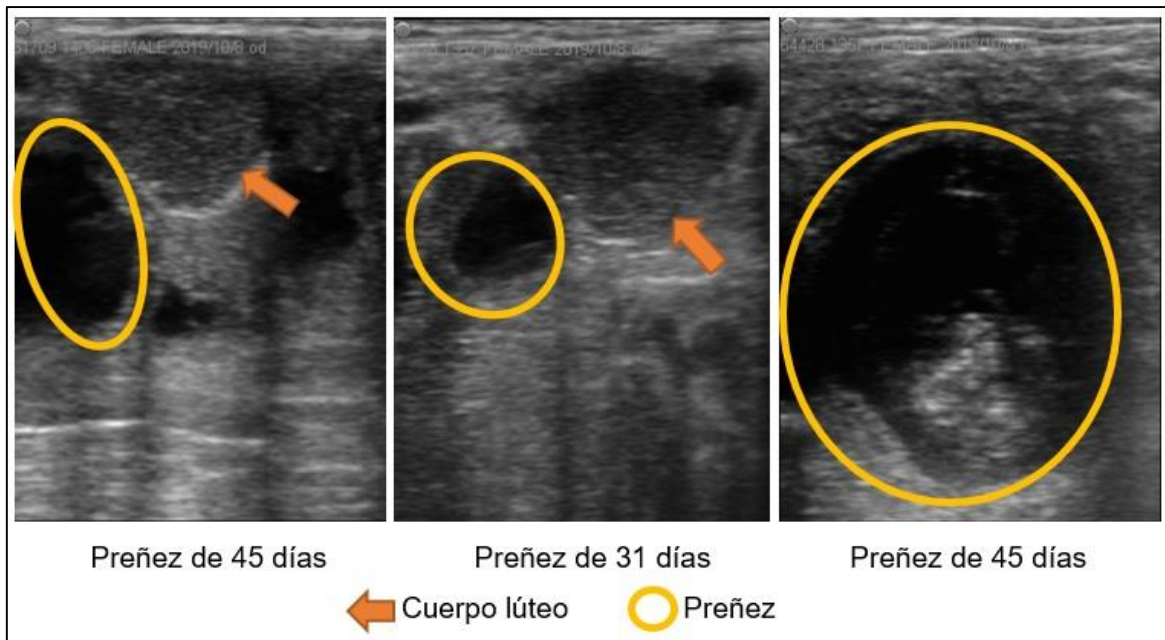


Figura A-17. Ultrasonido de los CL y producto de las vacas preñadas (señalados con flechas y círculos, respectivamente)



Figura A-18. Diferentes Condiciones Corporales observadas durante el estudio



Figura A-19. Último día de trabajo