



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

**EVALUACIÓN EL EFECTO DEL FÓSFORO Y SELENIO EN
LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS E INSEMINACIÓN
ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN VAQUILLAS HOLSTEIN**

Tesis que presenta:

GARCÍA ORTIZ LILIANA

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

Tuxtepec, Oaxaca.

Marzo de 2019





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
LA CUENCA DEL PAPALOAPAN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



EVALUACIÓN EL EFECTO DEL FÓSFORO Y SELENIO EN LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN VAQUILLAS HOLSTEIN

GARCÍA ORTIZ LILIANA

No. de control: 14810028

ASESOR INTERNO:
M.V.Z. BETSABÉ LEAVIT ALONSO LÓPEZ

ASESOR EXTERNO:
M.C. CARLOS GUILLERMO GERMÁN ALARCÓN

PERIODO DE REALIZACIÓN:

JULIO – DICIEMBRE 2018

SAN BARTOLO, TUXTEPEC, OAX. MARZO 2019

El presente trabajo de tesis, de la C. García Ortiz Liliana, denominado: "EVALUACIÓN DEL FÓSFORO Y SELENIO EN LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO DE VAQUILLAS HOLSTEIN", realizado en el Módulo de Bovinos Lecheros de la Granja Experimental del Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, fue revisado y aprobado por el:

DIRECTOR INTERNO DE TESIS



M.V.Z. BETSABÉ LEAVIT ALONSO LÓPEZ

FIRMA Y SELLO



S.E.P. S.E.S.
T. N. M.
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN
CLAVE: 20DIT0008H
SAN BARTOLO, TUXTEPEC, OAX.

DIRECTOR EXTERNO DE TESIS



M.C. CARLOS GUILLERMO GERMÁN ALARCÓN

FIRMA Y SELLO

MARZO DEL 2019



San Bartolo, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, a 28 de marzo de 2019

ASUNTO: Dictamen de tesis aprobada

ING. ANTELMO PRADO LEAL

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS


P R E S E N T E

El comité de revisión de tesis del C. García Ortiz Liliana, asignado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan de San Bartolo, San Juan Bautista, Tuxtepec, Oaxaca, integrado por los C.C. M.V.Z. Betsabé Leavit Alonso López, M.C. Freddy Armas Lozano y el D.R. Roberto Panuncio Mora Solís, habiéndose reunido a fin de evaluar la tesis titulada "EVALUACIÓN DEL FOSFORO Y SELENIO EN LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS E INSEMINACIÓN ARTIFICIALA TIEMPO FIJO DE VAQUILLAS HÖLSTEIN", que se presenta como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Agronomía, de acuerdo con las normas de elaboración de tesis de licenciatura y posgrado vigentes en el instituto; dictamino su **AUTORIZACIÓN** para ser presentado en el Examen Profesional correspondiente.

ATENTAMENTE

M.V.Z. Betsabé Leavit Alonso López S.E.S.
T. N. M.

DIRECTOR



INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN
CLAVE: 2001T0009H
SAN BARTOLO, TUXTEPEC, OAXACA

D.R. Roberto Panuncio Mora Solís

VOCAL



M.C. Freddy Armas Lozano

SECRETARIO



La presente tesis, de la C. García Ortiz Liliana, denominada "EVALUACIÓN DEL FÓSFORO Y SELENO EN LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN VAILLAS HOLSTEIN", que se desarrolló en el Módulo de Bovinos Lecheros de la Granja Experimental del Departamento de Enseñanza e Investigación y Servicio en zootecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo fue revisado y aprobado para su impresión por el Honorable jurado integrado por:

DIRECTOR

M.V.Z. BETSABE LEAVIT ALONSO LÓPEZ

SECRETARIO

M.C. FREDDY ARMAS LOZANO

VOCAL

D.R. ROBERTO PANUNCIO MORA SOLÍS

MARZO DEL 2019



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presente, por todas sus bendiciones de igual manera por darme la oportunidad de terminar la universidad, que con tanto esfuerzo y dedicación he realizado los trabajos, que se me asignaron durante estos cuatro años y medio, por permitirme seguir con mi sueño y poder cumplir mis metas.

Le agradezco también a mis padres que siempre me apoyaron de manera moral y económica ya que siempre me motivan a seguir adelante en todo momento, agradezco la confianza que me han brindado, su cariño y amor incondicional de igual manera agradezco de todo corazón a mi hermano Emmanuel García Ortiz por toda la confianza que me ha brindado y su apoyo incondicional, agradezco también a mis familiares ya que me han brindado todo su apoyo moral a seguir adelante.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal del de la universidad autónoma Chapingo junto con el departamento de enseñanza e investigación en zootecnia, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su granja experimental.

Por supuesto también agradezco al Ing. Marciano Olguín Vitales†, y al Doc. Said Cadena Villegas quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que día a día creciera como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento M.C. Carlos Guillermo German Alarcón, quien colaboró durante todo este proceso, que con su dedicación, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo, sacrificio y dedicación durante todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y privilegio ser su hija, son los mejores padres.

De igual manera dedico este trabajo que con gran esfuerzo he realizado durante mi residencia profesional a mis hermanos por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida profesional, pero en especial a mi hermano EMMANUEL GARCÍA ORTÍZ quien me ha brindado todo su apoyo y confianza incondicional tendiéndome la mano a seguir adelante para cumplir uno de mis sueños de ser Ing. Agrónomo zootecnista.

A mis profesores que con tanta paciencia y dedicación impartieron cada una de sus clases, ya que cada una de sus clases he aprendido nuevas cosas que me serán de gran apoyo en un futuro.

A cada uno de mis amigos y primos que en todo momento han estado conmigo ya sea en los momentos más difíciles han estado ahí apoyándome. Y he aprendido que puedo tirar todas las barreras que tenga en mi camino y que puedo continuar siempre y cuando yo quiera y me lo proponga.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me compartieron sus conocimientos.



CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	Vii
CONTENIDO.....	viii
CONTENIDO DE CUADROS.....	xi
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.2. Objetivo general:.....	3
1.1.3. Objetivos específicos:	3
1.2. HIPÓTESIS	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Definición de inseminación artificial.	5
2.2. IMPORTANCIA	5
2.3. GENERALIDADES DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA VACA.....	6
2.3.1. Ovarios	7
2.3.2. Infundíbulo	10
2.3.4. Oviducto (trompa uterina o trompa de Falopio).....	10
2.3.4. Útero o matriz	11
2.3.5. Cuello o cérvix	12
2.3.6. Vagina.....	13
2.3.7. Vestíbulo.....	13
2.3.8. Labios mayores y labios menores.....	14
2.3.9. Clítoris.....	14
2.4. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA	15
2.5. EL CICLO ESTRAL DE LA VACA.....	16
2.5.1. Proestro	17

2.5.2. Estro, celo o calor	18
2.5.3. Metaestro	19
2.5.4. DIESTRO	20
2.5.5. CONTROL NEUROENDOCRINO DEL CICLO ESTRAL	21
2.6. PRINCIPALES HORMONAS DE LA REPRODUCCIÓN EN VACAS	23
2.6.1. Hipotálamo	23
2.6.3. Lóbulo anterior de la hipófisis (Adenohipofisis)	24
2.6.3. La Hormona Folículo Estimulante (FSH)	24
2.6.4. Hormona Luteinizante (LH)	24
2.6.5. Prolactina (PRL)	25
2.6.6. Ovarios	25
2.6.7. Estrógenos (E2)	26
2.6.8. Progesterona	26
2.6.9. Las Inhibinas	27
2.6.10. Activinas.	27
2.7. PUBERTAD	27
2.8. DETECCIÓN DE CELO EN LA VACA	29
2.8.1. Signos de celo	29
2.8.2. Patrones diarios en los signos de celo	31
2.8.3. Ausencia de celo	31
2.9. EFICIENCIA REPRODUCTIVA	32
2.9.1. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS	33
2.10. MOMENTO DE SERVICIO O INSEMINACIÓN	34
2.10.1. Inseminación artificial a tiempo fijo	35
2.10.2. Protocolo Ovsynch	36
2.10.3. Protocolos con dispositivos intra-vaginales con Progesterona y Estradiol	37
2.11. DIAGNÓSTICO DE PREÑEZ	38
2.11.1. Ecografía reproductiva	39
2.12. TÉCNICAS DE INSEMINACIÓN	41
2.12.1. Inseminación vaginal	41
2.12.2. Inseminación cervical	42
2.12.3. Técnica recto vaginal	43
2.13. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL	44
2.13.1. Determinación del estado corporal	45
2.13.2. Método de determinación de peso vivo (método de Quetelet)	47
2.14. EFICIENCIA DEL FÓSFORO EN BOVINOS LECHEROS	48
2.15. EFICIENCIA DEL SELENIO EN BOVINOS LECHEROS	48
3. MATERIALES Y MÉTODOS	50
3.1. UBICACIÓN	50



3.2. MATERIALES Y EQUIPO	51
3.2.1. Materiales de campo.....	52
3.2.2. Materiales biológicos	52
3.2.3. Materiales químicos.....	52
3.2.2. Equipo.....	53
3.3. MODELO ESTADÍSTICO.....	53
3.3.1. Diseño Experimental.....	54
3.3.2. Sincronización de estro.....	55
3.3.3 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS.....	60
3.3.4. PREPARACIÓN DEL EQUIPO DE INSEMINACIÓN.....	62
3.3.5. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL.....	66
3.3.6. Variables de estudio	71
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
4.1. EDAD.....	74
4.2. CONDICIÓN CORPORAL	75
4.3. ESTRO.....	77
4.3. ÍNDICE DE GESTACIÓN.....	79
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
6.2. RECOMENDACIONES	83
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS	84

CONTENIDO DE CUADROS

CUADRO 1. SIGNOS DEL ESTRO EN LAS VACAS LECHERAS.	30
CUADRO 2. INDICADORES DE LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA	33
CUADRO 3. IDENTIFICACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.	54
CUADRO 4. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA EDAD DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES (AÑOS).....	74
CUADRO 5. PRUEBA DE MEDIA PARA LAS DIFERENTES EDADES.	75
CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA DE CONDICIÓN CORPORAL DE LAS VAQUILLAS.	76
CUADRO 7. PRUEBA DE MEDIA PARA LAS DIFERENTES CONDICIONES CORPORALES.....	76
CUADRO 8. TIEMPO DEL ESTRO.	78
CUADRO 9. PRUEBA DE MEDIA DEL TIEMPO DE ESTRO (HORAS).	78
CUADRO 10. ÍNDICE DE GESTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS VAQUILLAS.	79
CUADRO 11. PRUEBA DE MEDIA DEL ÍNDICE DE GESTACIÓN.	80



CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA. 1. PRINCIPALES HORMONAS OVÁRICAS Y HORMONAS DURANTE LAS DIFERENTES ETAPAS DEL CICLO ESTRAL.	17
FIGURA. 2. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LAS INTERACCIONES HORMONALES DEL EJE HIPOTALÁMICO - HIPOFISIARIO - OVARICO – UTERINO.	22
FIGURA. 3. CUANDO SE DEBE SERVIR UNA VACA EN CELO.	35
FIGURA. 4. EVALUACIÓN DE CONDICIÓN CORPORAL	45
FIGURA. 5. PUNTOS ANATÓMICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL.....	46
FIGURA. 6. PUNTOS ANATÓMICOS A-B LARGO DEL CUERPO, C-D LONGITUD DEL CUERPO, E-F ALTURA, G PERÍMETRO TORÁCICO, H PERÍMETRO ABDOMINAL.	47
FIGURA. 7. UBICACIÓN DE LA GRANJA EXPERIMENTAL.	51
FIGURA. 8. SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO CON DISPOSITIVO INTRAVAGINAL.	55
FIGURA. 9. DISPOSITIVO EN VAGINA.	56
FIGURA. 10. RETIRO DEL DISPOSITIVO A LOS SIETE DÍAS.	57
FIGURA. 11. APLICACIÓN DE LOS FÁRMACOS.	58
FIGURA. 12. VAQUILLAS EN CELO A LAS 24 HORAS DE RETIRADO EL CIDR.	59
FIGURA. 13. REVISIÓN DE CUERNOS UTERINOS.	60
FIGURA. 14. SACANDO LA PAJILLA DE LA CANASTILLA DEL TERMO.....	62
FIGURA. 15. SECADO DE LA PAJILLA.	63
FIGURA. 16. DOBLE CORTE DE PAJILLA.	64
FIGURA. 17. PAJILLA INSERTADA EN EL APLICADOR.....	65
FIGURA. 18. COLOCACIÓN DEL GUAANTE PARA LA INSEMINACIÓN.	66
FIGURA. 19. LIMPIEZA DE LA VULVA.	67
FIGURA. 20. SUJETACIÓN DEL APLICADOR HASTA PASAR CÉRVIX.	68
FIGURA. 21. DEPOSITANDO EL SEMEN AL ÚTERO.....	69

FIGURA. 22. ESTIMULACIÓN DEL CLÍTORIS.....	70
FIGURA. 23. DETERMINACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL.....	72
FIGURA. 24. ECOGRAFÍA DE LAS VAQUILLAS A LOS 44 DÍAS.....	73



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la granja experimental de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), antes Escuela Nacional de Agricultura (ENA), junto con el Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia, en el cual se tuvo como objetivo principal Evaluar la presencia del estro y el porcentaje de gestación mediante el efecto del fósforo y selenio con la sincronización intravaginal (CIDR) en un protocolo de IATF en el granja experimental del departamento de enseñanza e investigación en zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Se utilizaron 21 vaquillas de la raza Holstein, con una edad promedio entre 1 y 1.5 años con un peso de 150 a 300 kg. Y una condición corporal de 1.5 a 3. Previo a la selección de las vacas fueron sometidas a ser sincronizadas con dispositivo intravaginal impregnado con progesteronas, Bovino Syntex (CIDR) (Liberación interna controlada de droga) el cual es un regulador del ciclo estral. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos con siete repeticiones, T1 con la aplicación del fósforo, T2 con la aplicación de selenio y T3 testigo. Se inseminaron las 21 vaquillas, en cuanto presentaron el celo. La tasa de concepción para T1 fue del 24%, para T2: 14% y para el T3: 14%. El celo en promedio fue de 52%, sin diferencia significativa entre tratamientos.

Palabras clave: CIDR, IATF, Progesterona.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the experimental farm of the Autonomous University of Chapingo (UACH), formerly the National School of Agriculture (ENA), together with the Department of Education, Research and Service in Zootechnics, in which the main objective was To evaluate the presence of estrus and the percentage of gestation through the effect of phosphorus and selenium with intravaginal synchronization (CIDR) in an IATF protocol in the experimental farm of the teaching and research department in zootechnics of the Autonomous University of Chapingo. 21 heifers of the Holstein breed were used, with an average age between 1 and 1.5 years with a weight of 150 to 300 kg. And a body condition of 1.5 to 3. Prior to the selection of the cows were subjected to be synchronized with intravaginal device impregnated with progesterone, Bovine Syntex (CIDR) (controlled internal release of drug) which is a regulator of the estrous cycle. A completely randomized design was used with three treatments with seven repetitions, T1 with the application of phosphorus, T2 with the application of selenium and control T3. The 21 heifers were inseminated, as soon as they presented the zeal. The conception rate for T1 was 24%, for T2: 14% and for T3: 14%. The average heat was 52%, with no significant difference between treatments.

Keywords: CIDR, IATF, Progesterone.



1. INTRODUCCIÓN

La explotación ganadera representa una de las demandas de mayor importancia en la economía regional, pero se ve afectada por factores ambientales, sanitarios y nutricionales. La infertilidad muchas veces es atribuida a diferentes causas y factores como deficiencias alimenticias, forrajes o pasturas de mala calidad, mal manejo de los programas de Inseminación Artificial (IA) y las diferentes enfermedades reproductivas que existen en las ganaderías. Todo esto tiene una característica en común, un desbalance nutricional y hormonal lo que conlleva a la falta de celos, baja funcionalidad ovárica, celos irregulares y diferentes patologías relacionadas con la infertilidad Marín Aguilar, (2014). El uso del manejo reproductivo es parte esencial de un sistema de producción pecuario, dentro de este se encuentran diferentes técnicas de las cuales solo algunas se utilizan mayormente como la inseminación artificial, diagnóstico de gestación y protocolos de sincronización, esto enfocándose en el establo de bovinos lecheros. Por esto, se creó la necesidad de buscar alternativas que aumenten la productividad mejorando los índices reproductivos de los animales por medio de un método eficiente que permita lograr mayor número de preñeces con la menor inversión posible, a través del uso de un procedimiento que permita optimizar el rendimiento reproductivo, productivo, económico y sanitario (Giraldo, 2007).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general Evaluar la presencia del estro y el porcentaje de gestación mediante el efecto del fosforo y selenio con la sincronización intravaginal (CIDR) en un protocolo de IATF en la granja experimental del departamento de enseñanza e

investigación en zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo con el fin de analizar los resultados de la fertilidad mediante la aplicación de fósforo, selenio y de forma natural. Implementando la inseminación artificial para mejorar la reproducción del hato y sus niveles de aprendizaje que conlleva a la alta producción sobre la mejora genética, incluyendo una programación de reproducción mediante la sincronización de estro, lo que establece un mejor manejo del establo, además de suplir la presencia de un reproductor. En cuanto a los resultados se obtuvo que la tasa de concepción para T1 fue del 24%, para T2: 14% y para el T3: 14%. El celo en promedio fue de 52%, sin diferencia significativa entre tratamientos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.2. Objetivo general:

- Evaluar la presencia del estro y el porcentaje de gestación mediante el efecto del fósforo y selenio con la sincronización intravaginal (CIDR) en un protocolo de IATF en el Granja Experimental del Departamento de Enseñanza e Investigación en Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

1.1.3. Objetivos específicos:

- Evaluar si el protocolo de sincronización a usar es el adecuado, de acuerdo a la condición corporal de los animales.
- Evaluar si la edad influyó en el número de gestación.
- Evaluar la presencia del estro mediante el efecto del fosforo y selenio en la sincronización intravaginal.
- Evaluar la efectividad de la inseminación artificial en función del porcentaje de gestación obtenida por tratamiento.

1.2. HIPÓTESIS

HA= El tratamiento con mayor efecto será el T1 de aplicación del fósforo, por ser un mineral coadyuvante en la reproducción, por lo que se cree que será quien permita un mayor porcentaje de gestación, contra el T2 de aplicación de selenio y T3 el testigo, sin fármaco.

H0= Todos los tratamientos puede que lleguen a tener el mismo resultado.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Definición de inseminación artificial.

La inseminación artificial es el método de reproducción con el cual el hombre ha sustituido el apareamiento natural entre el macho y la hembra. Para poder realizar dicha técnica se debe extraer semen al macho, diluirlo y conservarlo, para luego, mediante una técnica adecuada depositarlo en el lugar y momento preciso del aparato reproductor de la hembra con el fin de fecundarla (Jaime, 2018).

2.2. IMPORTANCIA

La inseminación artificial en bovinos ocupa un papel importante en la ganadería y en el mercado, por lo que la mayoría de ganaderos han escogido utilizar este método para la mejora y producción rápida de sus fincas. Por lo tanto, la producción de bovinos mediante la inseminación artificial es una de las innovaciones técnicas más útiles para el

mejoramiento de la eficiencia productiva de los rebaños bovinos, esta técnica es utilizada mayormente en los países desarrollados para la producción de carne (Mora y Romero, 2018).

Según Hernández y Ortega (2009), esta técnica ofrece excelentes posibilidades para el incremento de la producción de carne y leche, ya que es la tecnología reproductiva más sencilla y la que más ventajas tiene en términos de mejoramiento genético. Permitiendo al pequeño productor tener crías de los mejores toros de la raza deseada a un bajo costo. Por otra parte, evita la transmisión de enfermedades que se adquieren por la vía sexual y se elimina el riesgo del manejo de sementales en los ranchos o establos y los costos de su mantenimiento. Algunas de las desventajas consisten en que se debe contar con un técnico calificado con el equipo de inseminación, además de establecer prácticas de manejo para identificar a las vacas cuando están sexualmente receptivas (estro o calor).

2.3. GENERALIDADES DEL APARATO REPRODUCTOR DE LA VACA

Según Bepin, et al. (2007), el funcionamiento del aparato reproductivo de la vaca o de las hembras en general, es muy complejo, ya que no solamente aporta el óvulo (célula germinal femenina), sino que también facilita la nutrición y desarrollo del feto al momento del parto lo expulsa

completamente desarrollado. Todo este proceso, es controlado por un complicado mecanismo neuro-endocrino el cual regula el funcionamiento adecuado de cada una de las partes anatómicas que conforman dicho tracto para lograr un buen proceso reproductivo.

Los órganos del aparato reproductor femenino están constituidos por los órganos internos como lo son: ovarios, oviducto, útero, cuello uterino y vagina; y los genitales externos representados por el vestíbulo vaginal y la vulva.

Los órganos internos están sostenidos por el ligamento ancho dorso lateral en la región del ilion de modo que el útero está dispuesto como los cuernos de un carnero con la convexidad dorsal y los ovarios situados cerca de la pelvis (Hafez,1989).

2.3.1. Ovarios

Es un órgano con función dual: producir la célula sexual femenina (ovocito u óvulo) y endocrina. Los ovarios producen en etapas prenatales los ovocitos, que son responsables de su maduración y del crecimiento

folicular, las células de la teca y las células de la granulosa producen estrógenos y progestágenos a partir de la molécula de colesterol, las cuales son esenciales para el desarrollo folicular, la expresión de la conducta sexual, la formación del cuerpo lúteo y el mantenimiento de la gestación (Islas y Gutiérrez, 2018).

El ovario en su parte interna está compuesto de tejido conectivo, vasos sanguíneos y nervios (médula), en su parte externa (corteza) que consiste en una capa de células cuboides y capas tisulares, recubierta de una capa densa y fina de tejido conjuntivo, llamada túnica albugínea del ovario, bajo esta capa se encuentra el parénquima o capa funcional que lo componen los folículos ováricos compuestos por células de la teca y granulosa los cuales rodean al ovocito, localizado en la cavidad abdominal unido al peritoneo de revestimiento. En la madurez, después de que las células germinales femeninas se convierten en óvulos, los grupos de células ováricas que rodean cada ovocito se diferencian en células foliculares que secretan nutrientes para el ovocito que contienen. Durante la etapa de reproducción, conforme el ovocito se prepara para la ovulación, el tejido circundante se ahueca se llena de líquido formando un antro al que se le llama antro folicular, al tiempo que se desplaza hacia la superficie del ovario; esta masa de tejido, líquido y ovocito, recibe el nombre de folículo de De Graaf a este proceso de se le ha llamado foliculogénesis (Islas y Gutiérrez, 2018).

El ovario adulto es una masa de tejido glandular y conjuntivo que contiene numerosos folículos en distintos estadios de maduración. El número de folículos varía según las especies animales; las especies monótocas tienen sólo un folículo de De Graaf en un ovario por cada ciclo estral. En las especies polítoacas o múltiparas (que paren más de una cría) puede haber un mayor número de folículos de De Graaf (Islas y Gutiérrez, 2018).

Cuando el folículo de De Graaf ha alcanzado la madurez se abre paso a través de la superficie del ovario liberando al ovocito, proceso que se denomina ovulación. El ovocito está ya preparado para la fecundación. El espacio que antes ocupaba el folículo de De Graaf se llena de sangre y pasa a llamarse entonces cuerpo hemorrágico; en cuatro o cinco días es reemplazado por una masa de células amarillas denominadas cuerpo amarillo o lúteo originadas a partir de las células de la teca y granulosa que sufren un proceso de luteinización ejercido por la acción de la hormona luteinizante (LH) producida por la hipófisis. Este conjunto de células luteinizadas tienen la capacidad de sintetizar progesterona (P4a) a partir de moléculas de colesterol hormona encargada de mantener la gestación así mismo preparan el útero para la recepción del cigoto después de la fertilización. Si el ovocito no se fecunda, el cuerpo lúteo es sustituido por una cicatriz fibrosa llamada cuerpo blanco ó corpus albicans. Los órganos reproductores de la hembra tienen diferentes funciones que impactan en forma definitiva en el proceso reproductivo de los mamíferos (Islas y Gutiérrez, 2018).

2.3.2. Infundíbulo

Es el encargado de recibir al óvulo cuando éste es expulsado del ovario cuando ocurre la ovulación. AMPULA (ampolla), es la parte media del oviducto y es el sitio en el que normalmente ocurre la fecundación y el istmo que es la parte que comunica con los cuernos uterinos y funciona como reservorio de espermatozoides (Bespín, *et al.*, 2007).

2.3.4. Oviducto (trompa uterina o trompa de Falopio)

Son conductos finos y flexibles que se extienden desde la extremidad de los cuernos uterinos hasta el ovario con una longitud aproximada de 25 cm (Ruiz *et al.*, 2018).

Los oviductos, como su nombre lo indica, transportan los óvulos de la vaca. La porción más baja, y la más cercana al Útero, es llamada Istmo. La conexión entre el Útero y el istmo, es llamada Unión Útero-Tubal (UUT). La Unión Utero-tubal sirve como filtro de espermatozoides anormales y es el reservorio de espermias hábiles. Los espermatozoides llegan al Istmo, y se adhieren a las paredes. Durante el periodo de adherencia, ocurren

muchos cambios fisiológicos a las paredes espermáticas, los cuales son esenciales para que los espermias puedan fertilizar el óvulo. Estos cambios son colectivamente llamados capacitación. Tarda aproximadamente cinco a seis horas, a partir del momento de la inseminación, para que en el Istmo haya una población espermática capacitada para ejercer la fertilización. La porción más alta del oviducto, cercana al ovario, es llamada Ámpula. El diámetro interno del ámpula, adecuando al paso del óvulo, es mayor que el del istmo. Es en este segmento del oviducto donde ocurre la fertilización. Es la que estimula la liberación de los espermatozoides de las paredes del Istmo, permitiendo continuar su viaje al sitio de fertilización en el Ámpula. La estructura en forma de embudo al final del Oviducto, llamado Infundíbulo, rodea los ovarios y cosecha los huevos, evitando que éstos caigan a la cavidad abdominal (Ochoa, 2013).

2.3.4. Útero o matriz

El útero es un órgano tubular que conecta al oviducto con el cérvix. El útero es el órgano encargado de albergar la gestación o desarrolla del feto, es un órgano cavernoso, constituido de dos cuernos, un cuerpo y un cuello (cérvix) es un órgano derivado de los conductos de Müller de tipo intercornual moderada (Porrás y Páramo, 2009).

Los cuernos son tubos que se comunican por delante con los oviductos y por detrás con el cuerpo uterino tiene la forma de cuerno de carnero y mide de 25 a 40 cm. En las vaquillas se ubica en la cavidad pélvica y en la vaca que ha gestado, se encuentra en la cavidad abdominal. Sus funciones principales son: alojar el embrión hasta su nacimiento, como válvula controladora y como capacitación espermática. El cuerpo se encuentra por detrás de la unión de los cuernos uterinos, su longitud es de 2 a 3 cm (González, 2018).

2.3.5. Cuello o cérvix

Es un cilindro situado en el piso de la cavidad pelviana. Sus paredes son gruesas y rígidas, adquiriendo una consistencia dura que la diferencia claramente del resto del útero, el cual mide aproximadamente de 8 a 10 cm de largo y de 2 a 5 cm de ancho. Esta estructura anatómica se encuentra perfectamente cerrada excepto durante el estro, cuando se relaja ligeramente y permite la entrada de espermatozoides en el útero. La secreción de la mucosa del cuello se expulsa por la vulva (Hafez, 2007).

2.3.6. Vagina

La vagina es el órgano de la copula, de forma tubular y musculatura lisa, paredes delgadas elásticas. Su función es recibir el pene del macho. Durante la monta natural el semen es depositado en la parte anterior de la vagina cerca de la apertura del cérvix. Al finalizar la gestación además sirve como canal del parto. La vagina se extiende detrás del cuello uterino hasta la vulva y mide de 15 a 30 cm. En su porción anterior se observa la flor radicada u hocico de tenca, en forma de cráter con bordes festoneados y estrías que es la prolongación intravaginal del cuello uterino. En el piso de la parte posterior de la vagina, se encuentra una bolsita denominada divertículo sub-uretral e inmediatamente por delante del mismo, se halla la desembocadura de la uretra. También tiene unas glándulas productoras de moco que bordean el epitelio de la vagina este moco acuoso y claro lubrica la vagina y la limpia de cualquier material extraño (González, 2018).

2.3.7. Vestíbulo

Es la unión de vulva y vagina está marcada por el orificio uretral externo y con frecuencia por un borde (vestigio del himen). En algunas vacas el himen puede ser tan prominente que interfiere con la copula. El vestíbulo

de la vaca se extiende hacia adentro en unos 10 cm donde se abre el orificio uretral externo. Detrás de esta abertura descansa el divertículo sub_uretral, un saco ciego. Los tubos de Garthner (restos de los conductos wolffianos) desembocan en el vestíbulo posterior al lado de los conductores de Garthner (López, 2010).

2.3.8. Labios mayores y labios menores

El tegumento de los labios mayores está poblado de glándulas sebáceas y tubulares estos contienen depósitos de grasas, tejido elástico y una capa delgada de músculo liso y en su superficie exterior tiene la misma estructura que la piel externa. Los labios menores presentan un corazón de tejido conjuntivo su superficie contiene muchas glándulas sebáceas grandes. (López, 2010).

2.3.9. Clítoris

Pequeño abultamiento carnoso que mide de 1 a 2 cm se encuentra en la parte baja de la vulva, dentro del pabellón que forman los labios, quedando entonces sobre el piso de la vagina (Torres, *et al.*, 1993).

2.4. FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA

El hipotálamo que se encuentra localizado en el cerebro, al iniciarse la actividad cíclica de las hembras bovinas las hormonas liberadoras de las gonadotropinas (GnRH) estimula a la hipófisis para que libere las hormonas LH y FSH, vía sanguínea, llegan al ovario para estimular el crecimiento y la maduración de los folículos, los cuales empieza a producir estrógenos, esta hormona interrumpe la acción del hipotálamo y de la hipófisis para que no se produzca más FSH (retroalimentación negativa); solamente uno de los folículos madurará hasta liberar el óvulo que contiene, una descarga de la hormona LH producida en la hipófisis provoca su ruptura u ovulación.

Los restos celulares del folículo donde estaba alojado el óvulo y, por la acción luteotrófica de la LH se transforma el cuerpo lúteo o cuerpo amarillo. Este último comienza a producir la hormona progesterona la cual prepara el útero para la preñez en caso de efectuarse la fecundación de óvulo, sino hay preñez este cuerpo lúteo involuciona por la acción luteolítica de la prostaglandina $F_{2\alpha}$ proveniente del útero, se transforma en un cuerpo blanco, se inicia una nueva oleada de crecimiento folicular y se inicia un nuevo ciclo estral (Aldana, 2007).

2.5. EL CICLO ESTRAL DE LA VACA

Consiste en una serie de eventos reproductivos predecibles que comienzan en el estro y terminan en el estro siguiente. Se continúan a lo largo de la vida adulta y son interrumpidos por la gestación, lactancia, nutrición inadecuada o cuando las condiciones ambientales son estresantes. Condiciones patológicas del tracto reproductivo como infecciones uterinas y modificación fetal también pueden causar anestro, período en el cual la ciclicidad se ve interrumpida. El ciclo estral provee a las hembras repetidas oportunidades para quedar gestadas. La receptividad sexual y copulación son los eventos comportamentales principales que ocurren durante el estro. La copulación generalmente ocurre temprano en el ciclo estral. Si no ocurre la concepción comienza otro ciclo estral, proporcionándole a la hembra otra oportunidad para concebir. Es un fenómeno rítmico, con períodos regulares pero limitados de receptividad sexual, asociado, en la mayoría de los casos, con la liberación de óvulos capaces de ser fertilizados (Ochoa, 2013). El ciclo se divide en cuatro etapas: proestro, estro, metaestro y diestro. El ciclo estral es el periodo comprendido entre dos estros, y se presenta a intervalos de 19 a 23 días (promedio de 21 días).

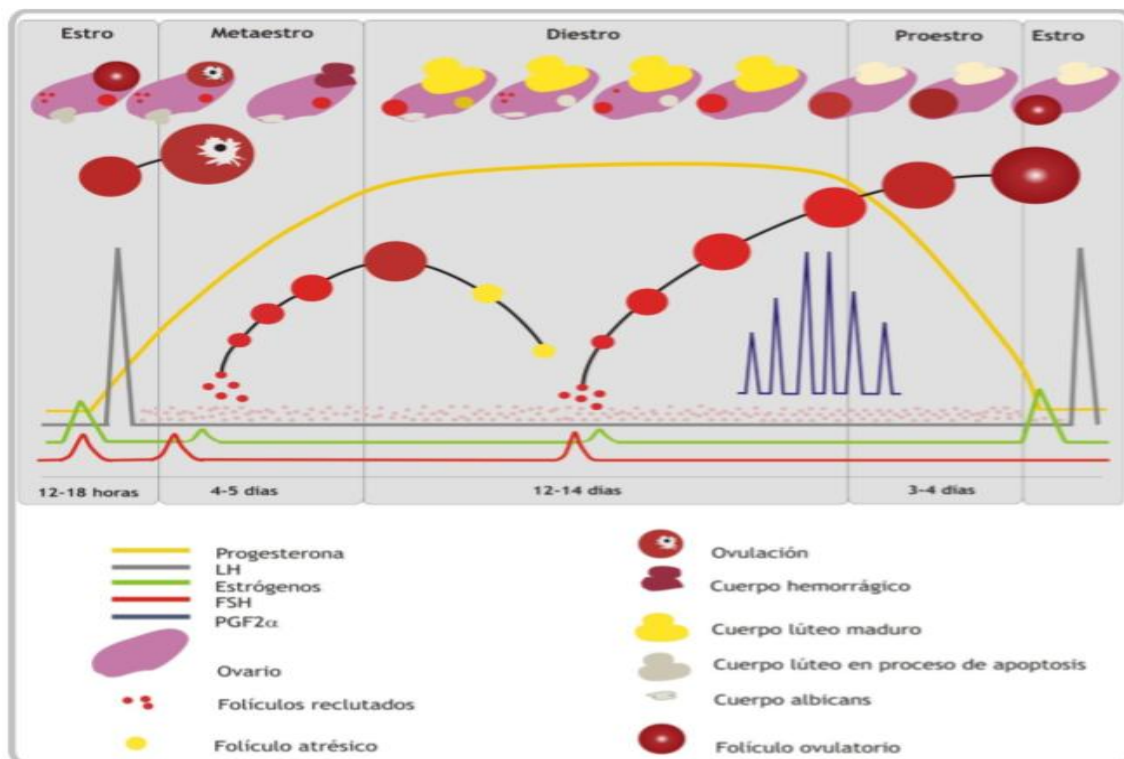


Figura. 1. Principales hormonas ováricas y hormonas durante las diferentes etapas del ciclo estral.

Fuente: González, 2018.

2.5.1. Proestro

Según Hernández, (2016). El proestro 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. Un evento hormonal característico de esta etapa es el incremento de la frecuencia de los pulsos de secreción de LH que conducen a la maduración final del

folículo ovulatorio y al incremento de estradiol sérico, lo que desencadena el estro. 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.

2.5.2. Estro, celo o calor

Es el periodo de receptividad sexual, durante el cual ocurre el apareamiento. Esta es la fase inicial y más típica de todo el ciclo estral, es muy corta y variada tiene una duración de 12 a 24 horas. Este periodo de la lívido sexual aumentada con un breve lapso de receptividad sexual es la consecuencia de la irritabilidad del sistema nervioso central por los estrógenos que se forman en los folículos ováricos en el transcurso de su maduración. Los signos del celo son numerosos y de diversa intensidad. En el inicio del estro, las hembras se encuentran intranquilas, mugen con frecuencia y les disminuye el apetito, en esta fase se aíslan del rebaño, pastan periódicamente o se quedan sin pastar y se dedican a observar a sus alrededores. En este momento de la fase folicular y estral la hembra bovina está eliminando sustancias especiales (feromonas), que se producen en varios lugares del cuerpo (vagina, cuello uterino) bajo el control de hormonas sexuales femeninas. Estas sustancias que marcan profusamente la orina y heces, atraen notablemente a los machos y a otras compañeras del rebaño, provocando en ellos el aumento de la lívido sexual y el desencadenamiento de los reflejos sexuales. Al aumentar el nivel de

estrógenos en la sangre, las vacas en celo muestran los síntomas de bisexualidad y montan otras vacas. En el inicio del celo, la vaca, aunque monta a otras hembras no se deja montar, esto no ocurre hasta que la fase del celo no ha progresado lo suficiente y es cuando está dispuesta para la cópula y busca al macho. La fase del estro o celo, la hembra se deja montar, representa el momento óptimo para realizar la monta dirigida o inseminación artificial (Aldana, 2007).

Fisiológicamente durante la fase del celo, fluye por la vulva un moco típico de esta fase, que se caracteriza por su transparencia y extensibilidad formando largos hilos. El moco estral se esparce con los movimientos de la cola sobre la vulva y sus alrededores secándose, formando sobre los pelos de los muslos costras de tamaños variados, de acuerdo con la cantidad de moco secretado (Aldana, 2007).

2.5.3. Metaestro

El metaestro es la etapa posterior al estro, tiene una duración de 4 a 5 días. En este periodo entre 6 y 12 horas termina el celo y 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 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 1 ng/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 1 ng/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).

2.5.4. DIESTRO

Es el periodo final, durante el cual el cuerpo lúteo o cuerpo amarillo se desarrolla de manera total, y los órganos reproductores se encuentran bajo la influencia dominante de la hormona progesterona; es el periodo más largo del ciclo estral, no se encuentra ningún signo llamativo, ni en el animal ni en los órganos genitales externos; se caracteriza por el descanso sexual, desapareciendo el flujo de los órganos genitales y renovándose el sistema de pliegues de la vulva, típico del silencio sexual. El endometrio se engruesa y se desarrollan las glándulas y vasos sanguíneos del útero, preparándose para la nutrición del embrión y la formación de la placenta si ha ocurrido la concepción, la fase progestacional persiste a lo largo de toda la gestación, si no se fecunda el óvulo, el cuerpo lúteo permanece funcional durante unos 16 días y por acción de la hormona uterina prostaglandina (PGF_{2α}) se produce la

destrucción del mismo, preparándose así la fase para otro ciclo (Salisbury, *et al.*,1978).

2.5.5. CONTROL NEUROENDOCRINO DEL CICLO ESTRAL

El ciclo estral resulta de la coordinación fundamental de cuatro órganos: cerebro, hipófisis, ovarios y útero. La comunicación se realiza fundamentalmente a través de un sistema hormonal. Las principales hormonas involucradas son la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH), secretada por el hipotálamo; la hormona Luteinizante (LH) y la hormona folículo estimulante (FSH); el estradiol (E2), la Inhibina y la Progesterona (P4) de origen ovárico; y la Prostaglandina F2 alfa, secretada por el útero. Otras hormonas como la Prolactina o los andrógenos también participan en la regulación del ciclo estral (Ochoa, 2013).

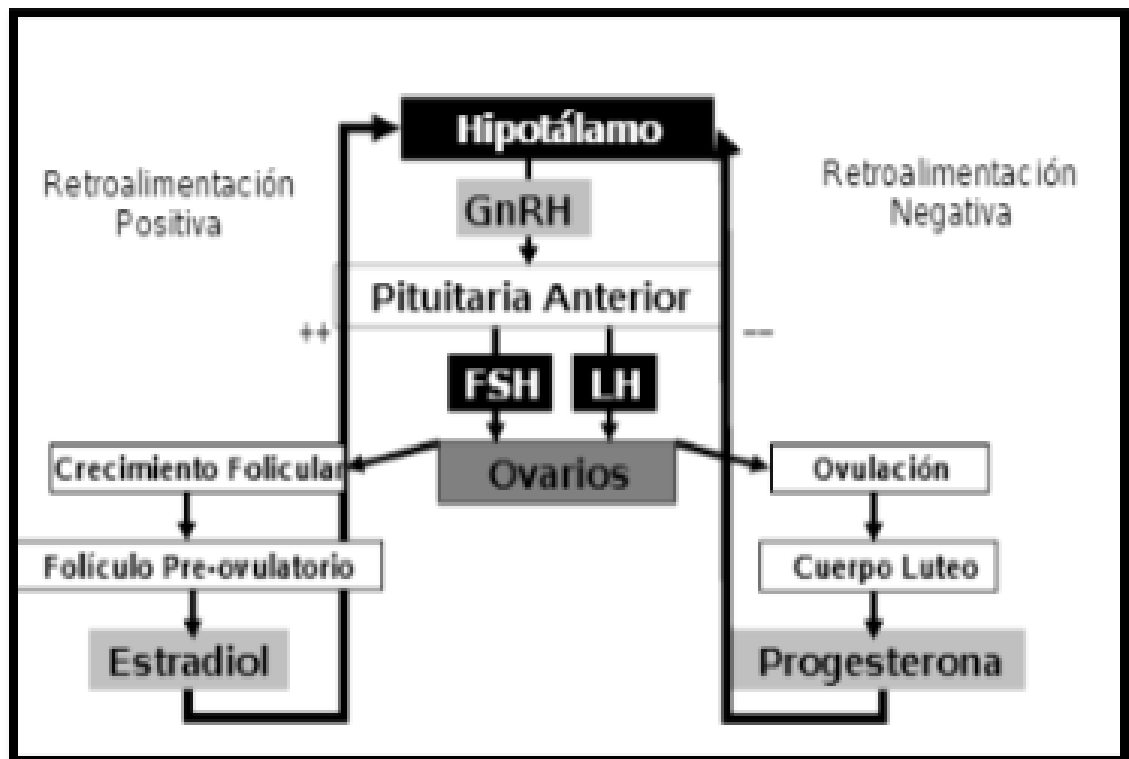


Figura. 2. Esquema simplificado de las interacciones hormonales del eje hipotalámico - hipofisiario - ovarico - uterino.

Fuente: Pardo (2018).

2.6. PRINCIPALES HORMONAS DE LA REPRODUCCIÓN EN VACAS

La regulación del ciclo estral depende de cierto número de factores que involucran al sistema nervioso central, especialmente al hipotálamo y el lóbulo anterior de la hipófisis (Adenohipofisis) (Aldana, 2007).

2.6.1. Hipotálamo

Forma parte de la base del cerebro y sus neuronas producen la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). Allí se difunde a través de los capilares al sistema hipofisiario y de allí a las células de la hipófisis anterior, en donde su función es estimular la producción y secreción de hormonas hipofisiarias: hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) (Sumba, 2012).

2.6.3. Lóbulo anterior de la hipófisis (Adenohipofisis)

La adenohipófisis produce tres hormonas gonadotrópicas de gran importancia en la reproducción las cuales son: Hormona Folículo Estimulante (FSH), la Hormona Luteinizante (LH) y la Prolactina (PRL) (Aldana, 2007).

2.6.3. La Hormona Folículo Estimulante (FSH)

Esta hormona estimula el desarrollo y crecimiento del folículo, producción de estrógeno, y estimula la iniciación del cuerpo lúteo (Nieto, *et al.*, 2018).

2.6.4. Hormona Luteinizante (LH)

Induce la producción de estrógenos Se produce en el útero, y su función (E2) en el folículo ovárico, además es la de destruir el cuerpo lúteo para la LH causa la ruptura de la pared del que la vaca entre nuevamente en folículo para la liberación del óvulo celo o se inicie el parto si se llegó al (provoca la ovulación) (Macedo, 2006).

2.6.5. Prolactina (PRL)

Actúa sobre la glándula mamaria para estimular la producción de leche. Sus concentraciones en sangre suelen aumentar de acuerdo a la disminución de las concentraciones de progesterona, aunque en algunos casos la progesterona puede estimular la liberación de prolactina. La prolactina también es considerada autotrófica (mantiene el funcionamiento del cuerpo lúteo) (Rodríguez, 2011).

2.6.6. Ovarios

Son glándulas que tienen básicamente dos funciones: una exocrina que es la liberación de óvulos y otra que es la producción y secreción de hormonas. Entre las hormonas que producen están los Estrógenos, la Progesterona y la Inhibina (Sumba, 2012).

2.6.7. Estrógenos (E2)

Son los responsables de promover los caracteres sexuales secundarios en la hembra desde el momento de la pubertad, como son: el desarrollo del sistema mamario, acondicionar el aparato reproductor a la recepción del macho durante la copula, la presentación del celo y el desarrollo de la preñez. Estimula el crecimiento y desarrollo por sus efectos anabólicos para aumentar el peso corporal y la talla. Ejercen el control de retroalimentación tanto positiva como negativa en la liberación de LH y FSH a través del hipotálamo (Aldana, 2007).

2.6.8. Progesterona

Es producida por el cuerpo lúteo del ovario, este consiste en reparar al útero para la gestación, produciendo la leche uterina que favorece al embrión. Favorece la nidación del embrión, eliminando las concentraciones uterinas, estimula la formación del tapón mucoso opaco y muy denso que protege el ingreso de bacterias y virus al útero, de igual manera impide que la vaca vuelva en celo, evitando que el cerebro envíe las hormonas que lo producen (Nieto, *et al.*, 2018).

2.6.9. Las Inhibinas

Es una hormona gonadal proteica producida por las células de la granulosa en las hembras del folículo ovárico y las glándulas de Sertoli en los machos e interviene en la regulación de la FSH, reduciendo la secreción de esta última por retroalimentación negativa sobre la hipófisis. Inhibe la liberación de la FSH, regula la liberación de FSH y LH, Se libera para hacer la realimentación para la FSH (Yunga, 2013).

2.6.10. Activinas.

Son producidas por las células de la granulosa, son proteínas que están presentes en el líquido folicular y actúan sobre la hipófisis estimulando en lugar de inhibir la secreción de FSH (Aldana, 2007).

2.7. PUBERTAD

La pubertad en la hembra bovina es comúnmente considerada como el periodo de tiempo en que comienza la función gonadal cíclica; se

manifiesta por la secreción de cantidades suficientes de gonadotropinas sobre todo LH, e involucra la transición de un estado de inactividad ovárica a otro donde ocurren ovulaciones regulares. En la hembra este acontecimiento fisiológico se define como la edad en la cual aparece el primer celo o estro. En las hembras bovinas el inicio de la pubertad está asociada a la manera más cercana al peso corporal que a la edad, esto quiere decir que la pubertad aparece cuando el animal alcanza un peso determinado de acuerdo a la raza, que también está influenciada por las condiciones ambientales, como alimentación, clima, manejo, entre otras (Aldana, 2007).

El inicio de la pubertad está determinado por la madurez del eje endocrino hipotálamo-hipófisis-ovario para producir gonadotropinas y/o por una disminución de la insensibilidad ovárica a sus efectos. La hembra pre púber responde a la secreción pulsátil de gonadotropinas, secretando estrógenos de manera gradual, en las mautas aumenta la frecuencia de picos de LH, seguida de una elevación temporal en la descarga pre ovulatoria de LH. Esto está asociado con el comportamiento estral durante este periodo puberal (Aldana, 2007).

2.8. DETECCIÓN DE CELO EN LA VACA

La vida productiva, de una vaca debe ser servida entre los 80 y 90 días luego del parto. Esto permitirá producir un nuevo ternero cada 12,5 a 13 meses. Intervalos entre partos más largos poseen un efecto negativo en la vida productiva de la vaca. Ya sea que el productor utilice inseminación artificial o servicio natural, la detección de celo es un componente crítico de un buen manejo reproductivo en la explotación lechera. El registro de las vacas en celo o fechas de servicio es necesario para predecir celos futuros o fechas de parto y para manejar a las vacas de una manera apropiada. El celo es el período de aceptación para el apareamiento (receptividad sexual) que normalmente se presenta en novillas pubescentes y vacas no preñadas. Este período de receptividad puede durar de 6 a 30 horas y ocurre cada 21 días en promedio. De todas formas, el intervalo entre dos celos puede variar normalmente de 18 a 24 días Wattiaux, (2018).

2.8.1. Signos de celo

El mejor indicador de que una vaca está en celo es cuando se mantiene quieta y se deja montar por sus compañeras o por un toro. Una serie de

signos, que puede ayudar a identificar vacas que necesitan ser observadas de cerca, se resume en el siguiente cuadro (Wattiaux, 2018).

Cuadro 1. Signos del estro en las vacas lecheras.

DEJARSE MONTAR	Permanece inmóvil cuando es montada. Muestra signos asociados con el celo temprano y el tardío.
CELO TEMPRANO Y TARDIO	Signos generales de nervios. Corridas hacia delante y hacia atrás como si estuviese atacando. La posición de cabeza a cabeza con otra vaca. Golpes o empujones contra los costados de otras vacas. Olfateo de la vulva o la orina de otras vacas acompañado algunas veces con inversión de los orificios nasales. Intenta descansar su barbilla en la espalda de la otra. La vulva rosada e inflamada y descarga de un moco claro son visibles.
SIGNOS SECUNDARIOS	Disminución del apetito y producción de leche Animales sucios (estiércol en los flancos). Raspaduras y posible pérdida de pelos en la base de la cola.

Fuente: Wattiaux y Michel., 2018.

2.8.2. Patrones diarios en los signos de celo

El comienzo de la actividad de celo sigue diferentes patrones, con la mayoría de la actividad durante las últimas horas de la tarde, a lo largo de la noche, y en las primeras horas de la mañana. Las investigaciones muestran que más del 70% de la actividad de monta toma lugar entre las 7:00 de la noche y las 7:00 de la mañana. Para detectar más del 90% de las vacas en celo en el hato, las vacas deben ser observadas cuidadosamente en las primeras horas de la mañana, últimas horas de la tarde, y en intervalos de cuatro a cinco horas durante el día (Wattiaux, 2018).

2.8.3. Ausencia de celo

Según Wattiaux, 2018 el celo puede no ser detectado en las vacas por las siguientes razones:

- La vaca está preñada;
- La vaca ha parido y el ciclo estral no se ha restablecido (celo silencioso)
- La vaca está en anestro por una mala nutrición, severa infección del tracto reproductivo, u otras complicaciones luego del parto;

- La vaca posee un ovario quístico;
- El productor falla en detectar una vaca que ha entrado en celo.

2.9. EFICIENCIA REPRODUCTIVA

Según Casanovas, (2014) la eficiencia reproductiva es uno de los parámetros de producción definida como el intervalo entre partos. En la especie bovina se considera óptimo cuando se produce una cría al año.

La eficiencia reproductiva es una de las medidas de mayor influencia en la producción lechera y la rentabilidad de la granja. Al obtener buenos resultados reproductivos, se crean las condiciones necesarias para que luego con alimentación, sanidad y manejo los animales puedan expresar todo su potencial genético, a través de la producción de leche (Casanovas, 2014).

Cuanto más vientres preñados se tengan, se obtendrán más vacas con picos de lactación, que son los momentos de mayor rendimiento de una

vaca lechera y, por ende, de mayores ingresos para la explotación (Casanovas, 2014).

2.9.1. PARÁMETROS REPRODUCTIVOS

Para el parámetro reproductivo existen muchos indicadores para evaluar la eficiencia reproductiva del hato, entre los que se pueda citar:

Cuadro 2. Indicadores de la eficiencia reproductiva

INDICADOR	CLASIFICACIÓN		
	IDEAL	BUENO	DEFICIENTE
Intervalo entre partos, (días)	365-385	390-420	>420
Días abiertos	90	100-120	>130
Días entre partos y primer servicio	70	90	>90
Tasa de concepción a primer servicio, (%)	>50	40-50	<40
Servicio por concepción	<1,8	2	>2,5
	>70	50-70	<45
	24	25-26	>26

Porcentaje de detección de celo	<6	8-10	>10
Edad al primer parto, (meses)			
Vacas desechadas por problemas reproductivos, (%)			

Fuente: Casanovas, 2014.

2.10. MOMENTO DE SERVICIO O INSEMINACIÓN

La inseminación o el servicio natural conducen a la preñez solamente si el espermatozoide se encuentra en “el lugar adecuado en el momento oportuno”. El óvulo es liberado del ovario entre 10 y 14 horas luego de la finalización del celo y puede sobrevivir infértil por 6 a 12 horas. En contraste, el espermatozoide puede vivir hasta 24 horas en el aparato reproductor de la vaca. Una recomendación común para el mejor momento de realizar la inseminación artificial es la regla de “Mañana – Tarde”. Vacas observadas en celo en la mañana se inseminan la misma tarde, y vacas observadas en celo durante la tarde se inseminan en la mañana siguiente. En el caso de servicio natural, a la vaca y el toro se les puede permitir aparearse comenzando unas pocas horas luego de que la vaca acepte la monta hasta que la vaca se niegue a ser montada (Solano y Ramón, 2013).

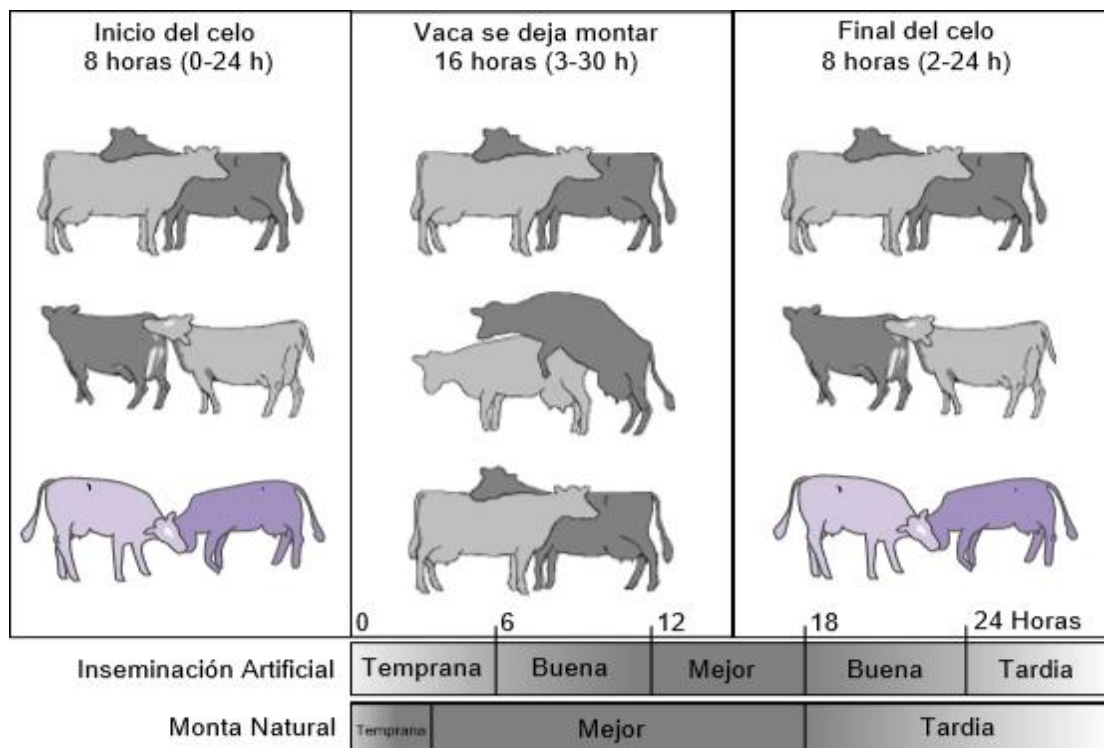


Figura. 3. Cuando se debe servir una vaca en celo.

Fuente: Wattiaux, (2018).

2.10.1. Inseminación artificial a tiempo fijo

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), se puede definir como una técnica que nos permite mediante tratamientos hormonales, poder sincronizar la ovulación y dar servicio a varios animales en un momento determinado sin la necesidad de detección de celos. Los protocolos de IATF

se pueden dividir en aquellos que utilizan combinaciones de GnRH y prostaglandina también conocidos como protocolos Ovsynch y los que utilizan dispositivos impregnados con progesterona junto con estradiol Maraña (2015).

2.10.2. Protocolo Ovsynch

La primera GnRH se aplica para inducir la ovulación y promover la formación de un nuevo cuerpo lúteo (CL) y una nueva onda folicular; es decir, para devolver a la vaca “al comienzo de ciclo estral”. La prostaglandina administrada 7 días después se utiliza para regresar el nuevo CL y la última GnRH se administra 48 horas después para inducir la ovulación del nuevo folículo. La inseminación a tiempo fijo (IATF) se lleva a cabo de 16 a 24 horas después; o antes del tiempo esperado de ovulación el cual es aproximadamente 24 a 34 horas después de la segunda GnRH (Saldarriaga, 2009).

2.10.3. Protocolos con dispositivos intra-vaginales con Progesterona y Estradiol

Actualmente existe en el mercado dispositivos eficientes que liberan Progesterona (P4) y que son mantenidos en la vagina por un período de 7 u 8 días. El tratamiento más utilizado consiste en administrar 2 mg de benzoato de estradiol (EB) por vía intramuscular junto con la inserción del dispositivo en el día 0 del tratamiento; en el Día 7 u 8, se extrae el implante y se aplica prostaglandina PGF intramuscular y 24 h después se administra 1 mg de benzoato de estradiol (EB) intramuscular. Se realiza IATF entre las 52 y 56 h de la remoción del dispositivo. La función fundamental de la aplicación de estrógenos en el inicio del tratamiento es provocar la atresia de los folículos existentes e impedir de esta manera la formación de folículos persistentes que interfieren negativamente en la fertilidad. Como la atresia es seguida por el comienzo de una nueva onda folicular a los 4 días, se asegura de esta manera la presencia de un folículo nuevo y un ovocito viable en el momento de retirar el dispositivo. Por último, la segunda administración de benzoato de estradiol (EB) es fundamental para sincronizar la ovulación y obtener buenos índices de preñez a la inseminación artificial a tiempo fijo IATF. 27,8% al 75% (Saldarriaga, 2009).

2.11. DIAGNÓSTICO DE PREÑEZ

En los sistemas de producción de vacas lecheras una de las prácticas necesarias que se deben llevar a cabo es el diagnóstico de preñez, ya permite comprobar si las prácticas de inseminación artificial son las adecuadas, evitando número de servicios por concepción, reducción de días abierto, diagnóstico de reabsorciones embrionarias, presencia de quistes ováricos e incluso momificaciones (Ortiz, et al., 2005). Dentro de las prácticas más comunes del diagnóstico de preñez se encuentra: El no regreso a la presentación de calor a los 21 días posteriores a la inseminación o monta directa (Ortiz, *et al.*, 2005). Palpación rectal. Consiste en diferenciar las estructuras anatómicas del aparato reproductor de la vaca (tamaño del útero, asimetría de los cuernos uterino, fluctuación de estos presencia de líquidos, palpación del feto, presencia y desplazamiento de membranas fetales, tamaño del feto, presencia del cuerpo lúteo en ovarios, frémito (pulsación) de la arteria uterina media (Ortiz, *et al.*, 2005).

2.11.1. Ecografía reproductiva

La ecografía es una técnica de diagnóstico por imagen sobre la base de la emisión de ultrasonidos y la recepción de ecos. Estos ecos se producen por la reflexión de los ultrasonidos a nivel de los distintos tejidos. Cuanto mayor sea la reflexión, mayor intensidad tendrán los ecos, pero menor cantidad de ultrasonidos serán capaces de seguir avanzando y mandar información. En el formato de imagen llamado modo B, estos ecos van a ser presentados como puntos de brillo, que serán tanto más brillantes cuanto mayor sea la reflexión, y serán en una posición proporcional al tiempo que han tardado en ser recibidos. La imagen ecográfica se corresponde con el conjunto de puntos de brillo, que representa un corte anatómico de la región examinada. Los órganos o tejidos serán hiper, hipo o anecogénicos, según la cantidad de ultrasonidos que reflejen (Pardo, 2018).

Los ultrasonidos de tiempo real modo B constituyen un medio confiable para el diagnóstico de gestaciones en el bovino a partir del día 26 en adelante, ya que se puede localizar y explorar el útero mediante el transductor con relativa facilidad en un tiempo mínimo. En la práctica es importante determinar la presencia de un cuerpo lúteo funcional y la evaluación del embrión junto con la visualización de los latidos cardíacos. La frecuencia del corazón disminuye de 188 latidos/minuto el día 20 de

la preñez a 145 aproximadamente el día 26 y luego se mantiene prácticamente constante hasta los 2 meses (Pardo, 2018).

Alrededor de los días 25 - 27 se puede distinguir el embrión como un punto blanco (ecogénico) dentro de una zona negra (anecogénica). El líquido alantoideo se incrementa rápidamente después del día 28 y se extiende por todo el cuerno gestante, la membrana amniótica se distingue nítidamente en las imágenes ecográficas posteriores a los 30 días de preñez (Gutiérrez y Sandoval, 2014).

En el diagnóstico de reabsorción fetal se aprecian imágenes con menos líquidos, falta de viabilidad, rotura de membranas fetales y granos ecogénicos flotando dentro del líquido, que corresponden a restos de las membranas y del feto. La reabsorción ocurre en un 5-6 % de las vacas que se diagnostican por ecografía entre los 27 y 90 días (Gutiérrez y Sandoval, 2014)

2.12. TÉCNICAS DE INSEMINACIÓN

Según Salisbury, *et al.*, 1978, se han utilizado varias técnicas para la inseminación de las vacas. Tales técnicas consisten en diversas modificaciones de los métodos de depositar el semen en la vagina, el cérvix o el útero entre estas técnicas se encuentran las siguientes:

2.12.1. Inseminación vaginal

Consiste en la colocación del semen en la vagina, en el lugar en que se deposita naturalmente fue sin duda uno de los primeros métodos utilizados en la IA. Este es un método muy sencillo ya que consiste en depositar el semen en cualquier lugar de la vagina de la vaca mediante una jeringa o una pera de goma y una cánula de inseminación de unos 41 cm de longitud. Las técnicas de inseminación se han sustituido actualmente de forma extensa por otros métodos (Salisbury, *et al.*, 1978). Esto se debe a que la inseminación vaginal precisa cantidades grandes de semen, mientras que se pueden conseguir resultados positivos con pequeñas cantidades de semen en las inseminaciones cervical o uterina. En una publicación se indica que bastan 0,2 ml de semen (sin diluir) en el cérvix para conseguir resultados favorables como con 4 ml de semen en la vagina. Comparando inseminaciones que utilizaban de 1 a 4 ml de

semen en la vagina y de 0,5 a 1 ml del mismo semen en el cérvix solamente concibieron el 25% de las 20 vacas inseminadas en la vagina mientras que lo hicieron el 65% de las 20 vacas inseminadas en el cérvix.

Por otra parte, se obtuvo una tasa de concepción casi tan alta insertando una capsula de gelatina de 2ml de semen como con inseminaciones cervicales mediante jeringa o cánula de inseminación (Salisbury, *et al.*, 1978).

2.12.2. Inseminación cervical

El depósito del semen en esta técnica es en el cérvix mediante un espejo, este es otro método que ha sido muy utilizado, pero que actualmente se ha visto sustituido por la técnica recto vaginal. El método del espejo se hizo popular por que requería poca experiencia o habilidad. Este consiste en introducir el espejo de vidrio, plástico o metal de diámetro suficiente para separar sus labios. Se dirige seguidamente el espejo de forma que pueda verse el orificio cervical con una linterna que está sujeta a la cabeza del inseminador. Después mediante una cánula de inseminación (de 5 a 6 mm de diámetro) y una jeringa o pera de goma, se deposita el semen tan profundamente dentro del cérvix como pueda introducirse la cánula con presión suave (Salisbury, *et al.*, 1978).

La inseminación artificial con el espejulo, como la inseminación vaginal, es fácil de realizar. Sin embargo, existen ciertos inconvenientes en este método como lo es la necesidad de limpiar y esterilizar el espejulo antes y después de cada inseminación para eliminar el riesgo de difundir enfermedades. Unas de las desventajas de la inseminación cervical es que el inseminador debe contar con gran cantidad de espéculos limpios y estériles lo que a su vez es inconveniente y caro. De igual manera los promedios de concepción no son tan buenos como los que se obtiene con la técnica recta vaginal (Salisbury, *et al.*, 1978).

2.12.3. Técnica recto vaginal

Este método de inseminación consiste en introducir la mano provista de guante en el interior del recto de la vaca y se utiliza para localizar el cérvix a través de la pared rectal. Se introduce seguidamente en el interior de la vagina una cánula de inseminación y se dirige al interior o a través del cuello uterino mediante la mano provista de guante situada en el recto (Salisbury, *et al.*, 1978). En la actualidad se utilizan ampliamente cánulas de inseminación y peras de plástico estériles y de un solo uso, de manera que no precisan limpieza y esterilización. También son de un solo uso el guante y el manguito de plástico. Por otra parte, la técnica recto vaginal estimula la actividad uterina de una forma similar a la que produce la monta natural (Salisbury, *et al.*, 1978).

2.13. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL

La condición corporal (CC) es una medida para estimar la cantidad de tejido graso subcutáneo en ciertos puntos anatómicos, o el grado de pérdida de masa muscular en el caso de vacas flacas con muy poca grasa, además de ser un indicador del estado nutricional del animal. La CC y sus cambios son más confiables como indicadores del estado nutricional que el peso corporal; ya que el peso está afectado por la fase de gestación y la cantidad de alimento en el tracto gastrointestinal. Las vacas en buen estado corporal pueden movilizar sus reservas sin que sufran problemas metabólicos y sin que se vea afectado su desempeño reproductivo, mientras que vacas flacas con pocas reservas corporales, requieren de una mayor suplementación para evitar pérdidas excesivas de peso y la consecuente reducción en la producción de leche y tasa de preñez (Pardo,2018).

	Gravemente Demarcado	Extremadamente Delgado	Muy Delgado	Límite	Moderado	Ligeramente Regordete	Regordete	Obeso	Muy Obeso
Escala de 9 puntos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Debilidad física	sí	no	no	no	no	no	no	no	no
Atrofia muscular	sí	sí	leve	no	no	no	no	no	no
Contorno de la columna vertebral es visible	sí	sí	sí	leve	no	no	no	no	no
Cantidad de costillas visibles	todas	todas	todas	3-5	1-2	0	0	0	0
Puntas visibles de la cadera	sí	sí	sí	sí	sí	sí	leve	no	no
Grasa en el pecho y en los flancos	no	no	no	no	no	un poco	lleno	lleno	extrema
Ubre gorda y grasa irregular a cada lado de la base de la cola	no	no	no	no	no	no	leve	sí	extrema
Escala de 5 puntos:	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5

Figura. 4. Evaluación de condición corporal

Fuente: Pardo (20018).

2.13.1. Determinación del estado corporal

Para medir la CC se utiliza el sistema típico en una escala de 1 a 5 para el registro en vacas. Para la evaluación de la CC se identifican las principales descripciones a nivel del anca. Vacas con CC de 3 o menos, tienen la apariencia de V entre los huesos de la cadera y vacas con CC de

3 o más tienen la apariencia de U entre los huesos de la cadera (López, 2006).

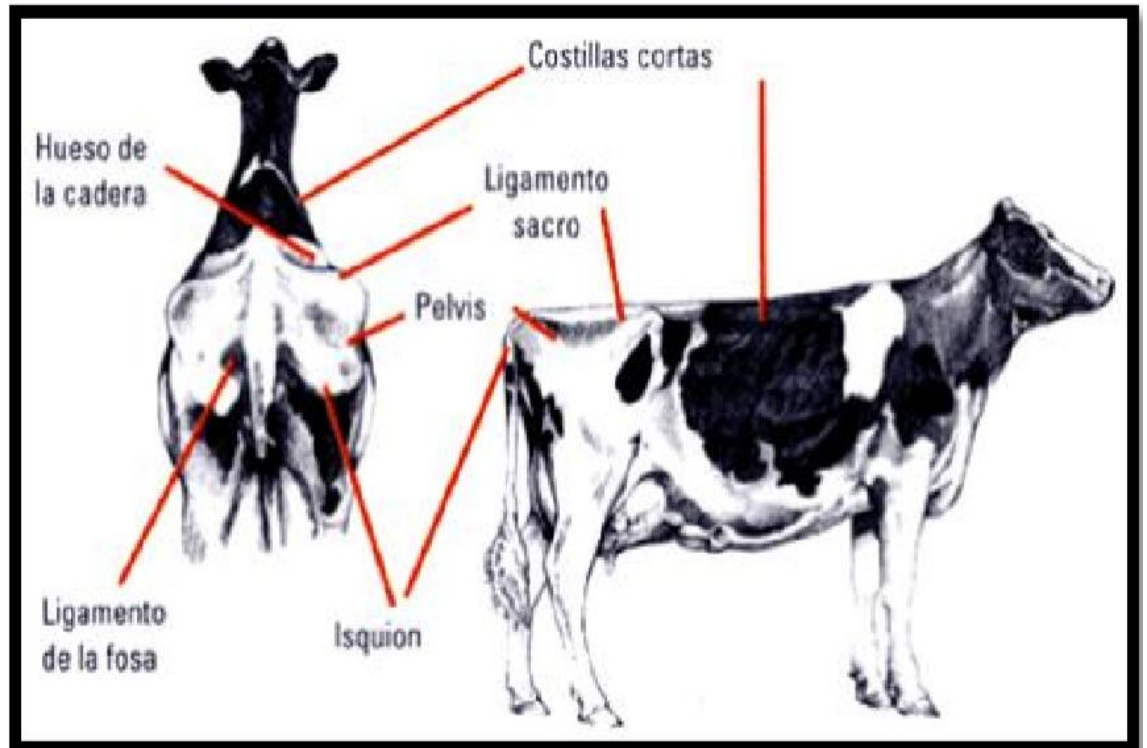


Figura. 5. Puntos anatómicos para la determinación de la condición corporal.

Fuente: Pardo (2018).

2.13.2. Método de determinación de peso vivo (método de Quetelet)

Para calcular el peso vivo se debe considerar la medida del perímetro torácico que se mide detrás de la cruz, espalda y codo; y el largo del animal que va desde el encuentro (hombro) hasta la punta de la nalga, a estas medidas se las reemplaza en la fórmula ya establecida y con las constantes para cada sexo hembras (87.5) y machos (90) (Zalapa, 2009).

$$pv = (PT)^2 * l * constante(87.5)$$

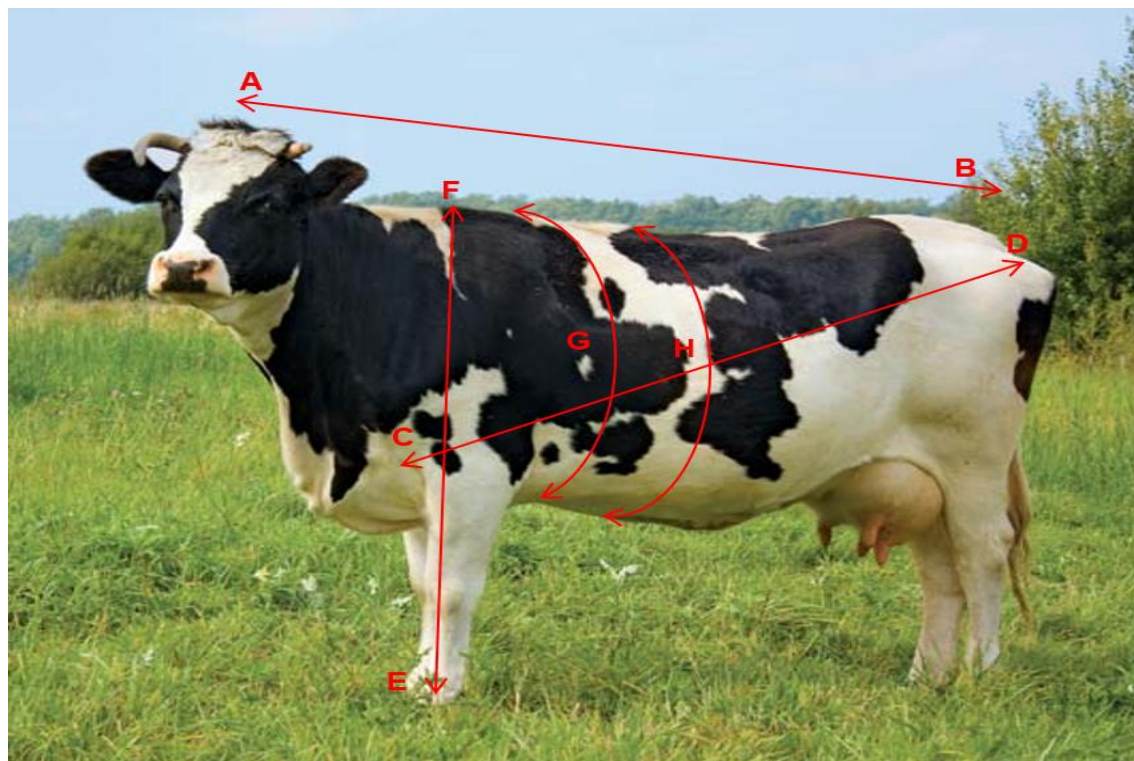


Figura. 6. Puntos anatómicos A-B largo del cuerpo, C-D longitud del cuerpo, E-F altura, G perímetro torácico, H perímetro abdominal.

2.14. EFICIENCIA DEL FÓSFORO EN BOVINOS LECHEROS.

El Fósforo (P) tiene funciones en casi todos los tejidos del cuerpo, es esencial para el buen funcionamiento del microorganismo del rumen, para el uso de la energía de los alimentos, para regular el pH de la sangre y para los sistemas enzimáticos y metabolización de las proteínas. La deficiencia de fósforo provoca debilidad del animal, huesos frágiles, pérdida de peso, disminución de la producción de leche y problemas reproductivos como el anestro post parto, celos silenciosos y un retraso en la maduración sexual de las novillas Martínez, (2009).

2.15. EFICIENCIA DEL SELENIO EN BOVINOS LECHEROS.

El Selenio (Se) es parte esencial de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px), que protege las membranas celulares y sub celulares de daños por oxidación. Las funciones metabólicas del selenio están relacionadas con la vitamina E ya que ésta es un antioxidante específico de lípidos solubles en la membrana celular y el selenio funciona eliminando los peróxidos antes de que ataquen la membrana celular. La deficiencia de selenio provoca una distrofia muscular conocida como la enfermedad del Músculo Blanco que se caracteriza por debilidad, rigidez y deterioro de los músculos. También afecta negativamente la fertilidad del ganado y

aumenta los problemas de retención de placenta y metritis Martínez, (2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN.

El presente trabajo de investigación se realizó durante el periodo de julio a diciembre del 2018 en la granja experimental del Departamento de Enseñanza, e Investigación en Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), ubicado en la carretera México – Texcoco km 38.5, Estado de México.



Figura. 7. Ubicación de la granja experimental.

3.2. MATERIALES Y EQUIPO

Los materiales y equipo utilizado durante el desarrollo de la presente investigación fueron los siguientes:

3.2.1. Materiales de campo.

- ✓ Overol
- ✓ Botas
- ✓ Guantes (o mangas desechables)

3.2.2. Materiales biológicos

- ✓ 20 hembras bovinas de la raza Holstein

3.2.3. Materiales químicos.

- ✓ Dispositivo de progesterona 0.5 (D.I.B - Syntex S.A.)
- ✓ Benzoato de estradiol (Gonadiol - Syntex S.A.)
- ✓ Prostaglandina F_{2α} (Ciclase - Syntex S.A.)
- ✓ Aplicador de implantes de progesterona

3.2.2. Equipo

- ✓ Termo nitrogenado de conservación y almacenamiento
- ✓ Termo des congelador de pajuelas
- ✓ Termómetro
- ✓ Pinzas
- ✓ Pajuelas con semen del ejemplar
- ✓ Corta pajuelas
- ✓ Pistolas de inseminación
- ✓ Fundas
- ✓ Camisas sanitarias
- ✓ Toallas de mano o sanitas
- ✓ Gel lubricante
- ✓ Ecógrafo
- ✓ Libreta de apuntes

3.3. MODELO ESTADÍSTICO.

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable de respuesta del i – estimo tratamiento en la j – esima repeticiones.

μ = media general.

σ_i = efecto del i – esdimo tratamiento.

ϵ_{ij} = error experimental.

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, t$$

3.3.1. Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 3 tratamientos y 7 repeticiones por tratamiento.

Cuadro 3. Identificación de las unidades experimentales.

Tratamientos		
Fosforo (20ml)	Selenio (2 ml)	Natural
T104	U24	T108
T124	T127	T115
T98	T125	T121
U20	T113	T110
T107	U6	U12
U19	T123	T56
U18	T70	T81

3.3.2. Sincronización de estro

Se utilizó un protocolo de inseminación a tiempo fijo en los 3 grupos.

1.- Día 0, se realizó la aplicación del Dispositivo de Liberación Interna Controlada de Drogas (CIDR) impregnado con progesterona a 1.0 g. (regulador de ciclo estral). Los cuales bloquean el hipotálamo para simular una fase lútea, con los cuales se suprime la conducta estral y la ovulación hasta que sean retirado; además de 2ml de benzoato de estradiol al momento en el que se colocó el implante: el cual inicia el estro de la hebra.



Figura. 8. Sincronización del estro con dispositivo intravaginal.



Figura. 9. Dispositivo en vagina.

2.- A los 7 días de insertado el dispositivo CIDR, se procedió a retirar y a la vez se administró 2 ml. De prostaglandina F2 α : esta hormona provoca la ruptura de la estructura presente en el ovario, frenando la secreción de progesterona, lo que marca el fin de un ciclo.



Figura. 10. Retiro del dispositivo a los siete días.

3.- A los 8 días se procedió con el protocolo, y la aplicación del fósforo orgánico (Porfosal®) y Selenito de sodio (Mu-se®) Esto se aplicó con la finalidad de apoyar en la fertilidad de las vaquillonas.



Figura. 11. Aplicación de los fármacos.

4.- Se procedió a detectar celo en las vaquillas para realizar la inseminación artificial entre las 24 y 48 horas de retirado el dispositivo CIDR.



Figura. 12. Vaquillas en celo a las 24 horas de retirado el CIDR.



Figura. 13.Revisión de cuernos uterinos.

3.3.3 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

- T1: Protocolo utilizado

Se usaron 7 animales e incluyo la aplicación intramuscular de 20 ml de fósforo.

Día 0: insertado del dispositivo CIDR en las vaquillonas, aplicando 2ml. De Benzoato de estradiol Syntex.

Día 7: retiro de CIDR y la aplicación de 2ml. De prostaglandina.

Día 8: aplicación de 20 ml de fósforo.

Día 9: IA a las 24 horas de la última dosis de fósforo.

T2: Protocolo utilizado.

Se usaron 7 animales e incluyo la aplicación intramuscular de 2 ml de selenio.

Día 0: insertado del dispositivo CIDR en las vaquillonas, aplicando 2ml. De Benzoato de estradiol Syntex.

Día 7: retiro de CIDR y la aplicación de 2ml. De prostaglandina.

Día 8: aplicación de 2 ml de selenio de sodio.

Día 9: IA a las 24 horas de la última dosis de selenio.

T3: Protocolo utilizado

Testigo, se usaron 7 animales sin la aplicación de fármaco.

Día 0: insertado del dispositivo CIDR en las vaquillonas, aplicando 2ml. De Benzoato de estradiol Syntex.

Día 7: retiro de CIDR y la aplicación de 2ml. De prostaglandina.

Día 9: IA a las 24 horas

Una vez que se detectaba el celo en las vaquillonas se procedía a palpar y checar estructuras, para determinar si los cuernos uterinos ya se encuentran en condición para ser inseminadas.

3.3.4. PREPARACIÓN DEL EQUIPO DE INSEMINACIÓN

Primeramente, se calienta la pistola para inseminar, tomando la temperatura con la parte superior de la mano. Una vez que la pistola este caliente se debe mantener a la temperatura del cuerpo. Se procede a sacar la canastilla del termo donde se encuentre las pajillas con el semen del ejemplar a ocupar, se toma la pajilla con la pinza.



Figura. 14. Sacando la pajilla de la canastilla del termo.

Una vez seleccionada la pajilla se sumerge por 30 segundos en el termo descongelador con agua templada a una temperatura de 35-36°C. Se retira la pajilla del agua secándolo con papel.



Figura. 15. Secado de la pajilla.

Una vez que se secase la pajilla se corta la punta (donde no se encuentra el algodón) de la extremidad de la pajilla, con el corta pajillas realizando dos cortes seguidos, en sentido recto.



Figura. 16. Doble corte de pajilla.

Una vez realizado lo anterior se procede a insertar la pajilla rápidamente en el aplicador o pistola, y de igual manera se le pone la funda y la camisa sanitaria, manteniendo la pistola preparada a temperatura del cuerpo.



Figura. 17. Pajilla insertada en el aplicador.

3.3.5. INSEMINACIÓN ARTIFICIAL.

1.-Una vez preparada la pistola, se procedió a colocar el guante, en la mano izquierda, se aplicó lubricante sobre la misma y se introdujo por el recto para localizar el cérvix.



Figura. 18. Colocación del guante para la inseminación.

2.-Con la mano derecha se limpia la vulva y se procede a introducir el aplicador en un ángulo de 45°C hasta llegar a la vagina, una vez que la pistola se encuentra en la entrada del cérvix se rompe la camisa sanitaria para introducirlo a cérvix.

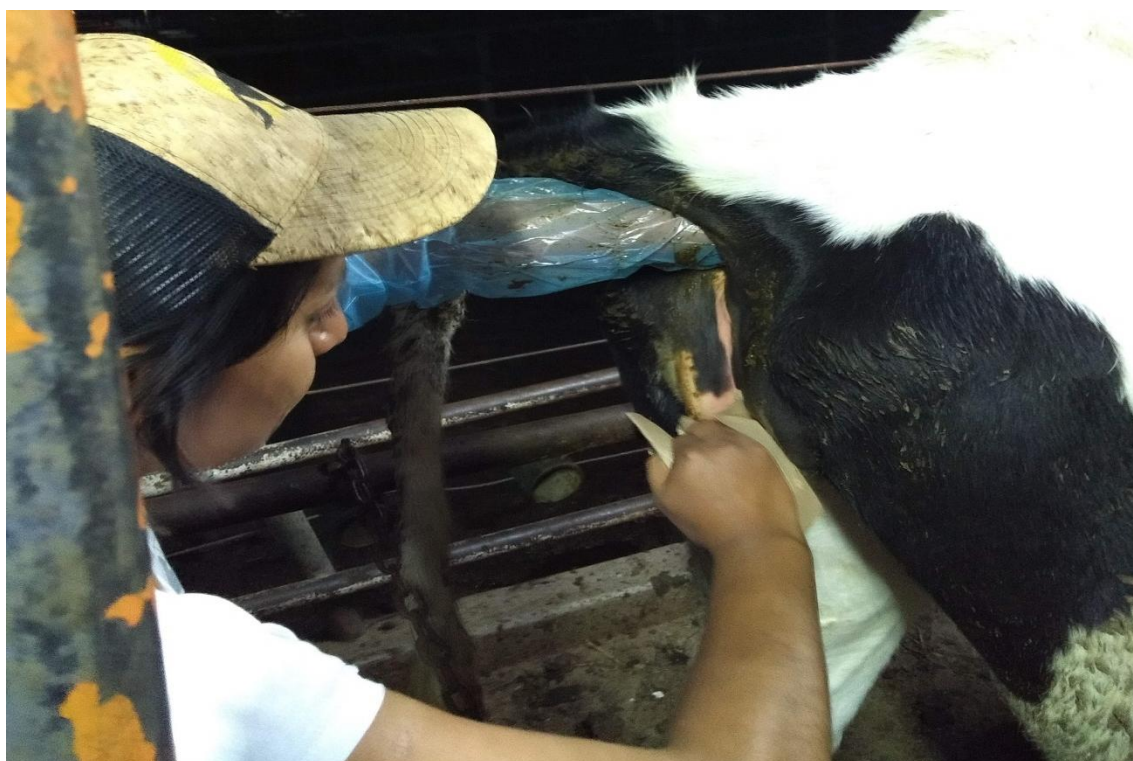


Figura. 19. Limpieza de la vulva.

3.- Con la mano izquierda se continuó sujetando hasta alcanzar el cérvix, mientras que con la mano derecha se continuó insertando la pistola pasando los anillos cervicales hasta llegar al cuerpo del útero.



Figura. 20. Sujetación del aplicador hasta pasar cérvix.

4.-Una vez que la pistola se encuentra en el cuerpo del útero se procede a oprimir el embolo del aplicador lentamente para que el semen quede correctamente.



Figura. 21. Depositando el semen al útero.

5.-Una vez inseminada la vaca se retira el aplicador lentamente y se le estimula el clítoris. Ya terminada la inseminación se retira el aplicador de la funda y se desecha junto con el guante.



Figura. 22. Estimulación del clítoris.

3.3.6. Variables de estudio

Para el desarrollo del trabajo se estudiaron las siguientes variables:

- a) Edad
- b) Condición corporal
- c) Índice de gestación
- d) Estro

3.3.6.1. Toma y registro de datos.

- a) Edad

Se consideró la información proporcionada por el encargado del establo, mediante registros simple.

- b) Condición corporal.

Para determinar la condición corporal se consideró la escala de valoración de 1 a 5, propuesta por López (2006).


























Grado de condición corporal	Vertebra en la espalda	Aspecto posterior del hueso pélvico	Aspecto lateral de la línea entre las caderas	Cavidad entre la cola y la tuberosidad isquiática	
				Aspecto posterior	Aspecto lateral
1 Sub condicionamiento severo					
2 Esqueleto obvio					
3 Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales					
4 Esqueleto no tan obvio como tejidos superficiales					
5 Sobre condicionamiento severo					

Figura. 23. Determinación de la condición corporal.

Fuente: (López, 2006).

3.3.6.2. Índice gestación

Cumplido los 43 días desde la IA, con el apoyo de un ecógrafo y personal capacitado se efectuó el chequeo ginecológico de las 21 vaquillas para determinar el porcentaje de gestación.



Figura. 24. Ecografía de las vaquillas a los 44 días.

Para determinar el índice de gestación se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de gestación} = \frac{\# \text{ de vacas gestando}}{\text{total de vacas del tratamiento}} \times 100$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EDAD

En el cuadro 4 se presenta el análisis de varianza para la variable de la edad, el cual resulto que no existe diferencia significativa al 0.05 entre las diferentes edades de los tratamientos. Se presentó un coeficiente de variación de 3.2643 con una media para los tratamientos evaluados de 13.33, con una diferencia mínima significativa de 0.6044. Lo anterior muestra que los tratamientos. Evaluados presentan edades estadísticamente semejantes.

Cuadro 4. Análisis de varianza de la edad de las unidades experimentales (años).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRA	2	0.3810	0.1905	0.19	3.5545	NS
ERROR	18	18.2857	1.0159			NS
TOTAL	21	18.6667				

CV=3.2643

DMS=0.6044

MEDIA=13.33

FV= fuente de variación; GL=grados de libertad; SC= suma de cuadrados; CM=cuadrado medio; Fc= F calculada; Ft= F tabulada; SIG=significancia; TRA=tratamiento; CV= coeficiente de variación; DMS=diferencia mínima significativa.

En el cuadro 5 se muestran las pruebas de medias realizadas para la variable de las edades evaluadas las cuales muestran un solo agrupamiento evaluado con la prueba de tukey, esto se complementa con lo antes mencionado (cuadro 5) que no existe diferencia significativa entre las edades. Lo cual indica que todas las edades presentan un promedio similar.

Cuadro 5. Prueba de media para las diferentes edades.

Tratamientos			
Pruebas de media	T1	T2	T3
Tukey	13.143 a	13.429 a	13.429 a

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En otros estudios realizados por Padilla, (2019) menciona que la aparición del cuerpo lúteo (responsable de la aparición del útero para el establecimiento de la gestación), fue de 213 a 608 días con un rango de peso corporal de 128 a 382 kg, rango en el cual las vaquillas en estudio se encontraban.

4.2. CONDICIÓN CORPORAL

El análisis de varianza para la variable de condición corporal resulta que no existe diferencia significativa al 0.05 entre las diferentes C.C. entre las vaquillas gestantes por tratamiento. Se presentó también un coeficiente

de variación de 38.64, con una media para los tres tratamientos evaluados de 2.41 con una diferencia mínima significativa de 0.1714. Lo anterior muestra que los tratamientos evaluados presentan una C.C. semejante estadísticamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza de condición corporal de las vaquillas.

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRA	2	0.3810	0.1905	0.04	3.5545	NS
ERROR	18	18.2857	1.0159			NS
TOTAL	21	18.6667				

CV=38.64%

DMS=0.3601

MEDIA=2.41

FV= fuente de variación; GL=grados de libertad; SC= suma de cuadrados; CM=cuadrado medio; FC= F calculada; Ft= F tabulada; SIG=significancia; TRA=tratamiento; CV= coeficiente de variación; DMS=diferencia mínima significativa.

En el cuadro 7 se muestran las pruebas de medias realizadas para la variable de la condición corporal evaluada, las cuales muestran un solo agrupamiento que no existe diferencia significativa entre las edades. Lo cual indica que todas las edades presentan un promedio similar.

Cuadro 7. Prueba de media para las diferentes condiciones corporales.

	Tratamientos		
Pruebas de media	T1	T2	T3
Tukey	2.45 A	2.37 A	2.41 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En el experimento la condición corporal promedio de las vaquillas de los tratamientos fue de 2.41, y como sabemos la condición corporal es un indicador del estado nutricional, las cuales se encontraban en la media, de moderado a bueno dentro de la escala de valoración de 1 a 5, propuesta por López (2006).

De igual manera la condición corporal, no afectó la tasa de concepción; según estudios realizados por Orozco & Uribe (2010) en Colombia, demostraron que las vacas con una CC=2 presentaron una tasa de preñez del 30%, en comparación con el 57% para CC=2,5 y CC=3,0, entendiéndose que la CC no tiene influencia en la inseminación artificial. La CC no afecta la tasa de preñez, concluyendo que más bien la tasa de concepción depende del protocolo utilizado y de la fisiología reproductiva de las vacas.

4.3. ESTRO

En el cuadro 8 se muestra el análisis de varianza para variable del índice de estro el cual resultó que no existe diferencia significativa al 0.05 entre los diferentes tratamientos evaluados. Se presentó un coeficiente de variación de 21.19 con una media de 34.28 para los tres tratamientos, con una diferencia mínima significativa de 715.56. Lo anterior muestra que los tratamientos evaluados presentan tiempo de estro semejantes.

Cuadro 8. Tiempo del estro.

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRA	2	164.6	82.29	0.53	3.55	NS
ERROR	18	2797.7	155.43			NS
TOTAL	21	2962.3				

CV=21.19

DMS=715.56

MEDIA=34.28

FV= fuente de variación; GL=grados de libertad; SC= suma de cuadrados; CM=cuadrado medio; Fc= F calculada; Ft= F tabulada; SIG=significancia; TRA=tratamiento; CV= coeficiente de variación; DMS=diferencia mínima significativa.

En el cuadro 9 se muestran las pruebas de medias realizadas para la variable del tiempo de estro en las vaquillas las cuales muestran un solo agrupamiento evaluado con la prueba de tukey, esto se complementa con lo antes mencionado (cuadro 9) que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Cuadro 9. Prueba de media del tiempo de estro (horas).

Tratamientos			
Pruebas de media	T1	T2	T3
Tukey	30.86 A	37.71 A	34.29 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Según O'connor, (1993), el 70 % de las vacas entran en celo entre las 7 de la tarde y 7 de la mañana. Po lo tanto expuesto anteriormente, vacas con un celo excesivo corto (<9horas) que entran en celo por la noche, pasaran

inadvertidas por el ganadero, afectando negativamente a la detección de celo.

4.3. ÍNDICE DE GESTACIÓN

En el cuadro 10 se presenta el análisis de varianza para la variable de rendimiento del índice de gestación, el cual resulto que no existe diferencia significativa al 0.05 entre los diferentes tratamientos. Se presentó un coeficiente de variación de 72.2676, con una media para los tres tratamientos evaluados de 0.5166 con una diferencia mínima significativa de 0.3115.

Cuadro 10. Índice de gestación de los tratamientos vaquillas.

FV	GL	SC	CM	FC	FT	SIG
TRA	2	0.3810	0.1905	0.71	3.5545	NS
ERROR	18	4.4871	0.2698			NS
TOTAL	21	5.2381				

CV=72.2676

DMS=0.3115

MEDIA=0.5166

FV= fuente de variación; GL=grados de libertad; SC= suma de cuadrados; CM=cuadrado medio; Fc= F calculada; Ft= F tabulada; SIG=significancia; TRA=tratamiento; CV= coeficiente de variación; DMS=diferencia mínima significativa.

En el cuadro 12 se muestran las pruebas de medias realizadas para la variable del índice de gestación evaluadas las cuales muestran un solo agrupamiento, esto se complementa con lo antes mencionado (cuadro 10) que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Lo cual indica que todos los tratamientos presentan un promedio similar.

Cuadro 11. Prueba de media del índice de gestación.

Pruebas de media	Tratamientos		
	T1	T2	T3
Tukey	0.714 A	0.429 A	0.429 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Los tratamientos no mostraron diferencia significativa ($P > 0.05$) en un porcentaje de incidencia de celo. Sin embargo, las vacas con administración de fosforo presentaron una mejor distribución de celo, concentrándose en las primeras 24 h post retiro del CIDR. Siendo esta del 28.5% del total de vacas que manifestaron celo, durante las 24 h, y el porcentaje restante de celo durante las 36 y 48h fueron de 66.6%.

En este proyecto el porcentaje de preñez general fue del 52.38% mayor al reportado por Mellado et, al. (2019) con 33%. La adición de progesterona (P4) al protocolo de ovsynch no mejoro la tasa de gestación a la primera IA, lo que concuerda con lo reportado en diversos trabajos. Contrario a lo anterior se ha reportado mejora de 5-7% en la preñez mediante el uso de CIDR durante el programa Ovsynch antes de la IA. Además, el Tarabany,

(2016) reportó una mayor tasa de concepción a los 28 días después de la IA, utilizando Ovsynch más CIDR (35.9%), respecto al Ovsynch (22.5%). Es probable que la tasa de concepción fue similar entre los grupos de este trabajo, porque algunas vacas se encontraban ciclando al momento de someterlas al tratamiento, y la adición de progesterona exógena no tuvo efecto debido a la presencia de progesterona natural, ya que se sabe que las vacas que están cíclicas responden mejor al tratamiento con Ovsynch que las anovulatorias. Esto concuerda con lo reportado por Singh et, al. (2006) quienes indican que el protocolo con uso del CIDR aumenta la tasa de fertilidad en vacas anovulatorias.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos se concluye:

- La administración de fósforo intramuscular al terminar el protocolo de sincronización mejora la distribución de celo, concentrando el total de la incidencia en las 24 horas. La adición de fósforo y selenio en el protocolo de sincronización es factible ya que mejora los parámetros reproductivos.
- La edad, y la condición corporal de los animales no incidió en la tasa de concepción se sugiere que los resultados obtenidos puedan ser causado por el temperamento del animal y su reacción al momento de la inseminación ya que es el principal factor para que las tasas de concepción superen el 50%.
- En cuanto a los datos obtenidos por los análisis estadísticos de las variables, se concluye que se rechaza la HA y se acepta la H0, ya que no existe diferencia estadísticamente significativa.

- El porcentaje de inducción de celo por sincronización no infirió la condición corporal ni la edad de la vaquillas.

6.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los datos obtenidos se recomienda:

- Utilizar la inseminación artificial a tiempo fijo ya que es una herramienta favorable de trabajo para mejorar la eficiencia reproductiva, con la finalidad de incrementar los porcentajes de gestación.
- Realizar nuevos trabajos de investigación con mayor número de unidades experimentales para confirmar estos resultados.
- Continuar investigando el efecto de la utilización de inseminación artificial con diferentes protocolos de sincronización de celos, especialmente en otras razas, climas, estado fisiológico, pesos, condición corporal, días de retiro del implante.
- La utilización de la ultrasonografía transrectal es una herramienta ventajosa que permite identificar a tiempo problemas reproductivos, y así incrementar la eficiencia reproductiva de la hembra bovina

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldana, G. N. E., (2007). Los signos físicos del celo y su relación con la fertilidad en el ganado bovino lechero. Para obtener el Título de Técnico superior pecuario. Universidad de los Ande Núcleo universitario Rafael Rangel. Departamento de ciencias agrarias Trujillo Edo. Trujillo. Pp. 43 - 46.
- Bespin, A., Rivero, I., y Morgado, A. (2007). Historia y uso de la inseminación artificial en la Agropecuaria “La Fundación”, Estado Guárico. Para obtener el título de postgrado. In En: I Simposio: Tecnologías apropiadas para la ganadería de los llanos de Venezuela. Pp. 141 – 151.
- Casanovas, A. D., (2014). Mejora de la eficiencia reproductiva del ganado vacuno lechero a través del manejo. Universidad de Córdoba. Master en zootecnia y gestión sostenible: ganadería ecológica e integrada. Departamento de zootecnia. Córdoba- España. Pp. 4 -5.
- Espinoza, M. (2010). Iracbiagen. Consulta el 5 de enero de 2019. <http://www.Iracbiogen.com.ar/admin/biblioteca/documentos/trabajos%20final1%20Marcia%20Espinosa.pdf>.
- Espinoza, R. N. Sarah. (2017). Efecto de la suplementación de minerales orgánicos como complemento a la aplicación de dos protocolos para IATF sobre la tasa de concepción en vacas lecheras. Trabajo previo a la obtención del título de ingeniero agrónomo. Universidad de las fuerzas armadas innovación para la excelencia. Departamento de ciencia de la vida y de la agricultura. 2 p.

- El-Tarabany MS. (2016). The efficiency of new CIDR and once-used CIDR to synchronize ovulation in primiparous and multiparous Holstein cows. *Anim Reprod Sci*; PP.29-34.
- Giraldo, G. J. J. (2007). Una Mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos. *Línea de Investigación: Biotecnología Pecuaria Semillero de Investigación BIPE*. Vol.4:51-57p.
- González, Kevin., (2018). Anatomía reproductiva de la hembra bovina. *Zootecnia y veterinaria es mi pasión. Reproducción bovina. Aparato reproductor*.<https://zoovetespasion.com/ganaderia/reproduccion-bovina/anatomia-reproductiva-de-la-vaca/>. Consulta 22 de marzo del 2019.
- González, Kevin., (2018). Diez estrategias para maximizar la tasa de concepción. *Zootecnia y veterinaria es mi pasión. Reproducción bovina*. <https://zoovetespasion.com/ganaderia/reproduccion-bovina/10-estrategias-para-maximizar-la-tasa-de-concepcion/>. Consulta 22 de marzo de 2019
- Gutiérrez, L. Diana., & Sandoval, B. Giovanni., (2014). La Ultrasonografía en Bovinos. Diagnóstico temprano de la gestación. Recuperado el 2018, de <file:///C:/Users/Portatil/Downloads/Dialnet-laUltrasonografiaEnBovinos5364505.pdf> pp.99-104.
- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (1989). *Reproducción e inseminación artificial en animales*. Universidad autónoma de baja california sur, México. 20 P.
- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (2007). *Reproducción e inseminación artificial en animales*. McGraw-hill. 25 p.

- Hernández C. J. y Ortega L. A. (2009). Manual de inseminación artificial en bovinos. Departamento de reproducción facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. 3 p.
- Hernández, C. Joel (2016). Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Coyoacán, México. Pp. 30-31.
- Islas, O. Efraín., y Gutiérrez, G. J. José., (11/12/2018). Manual de prácticas de reproducción animal asistida. Universidad autónoma de Aguascalientes. Centro de ciencias agropecuarias departamento de clínica veterinaria. 5 p.
- Jaime, D. R. (2018). Inseminación artificial en vacunos. <http://www.inia.org.uy/prado/2004/inseminacionartificial.htm>.
- López, M. R. Carlos. (2010). Aparato reproductor de la hembra. Departamento de producción Animal y posturas. Grupo disciplinario fisiología y reproducción. 46 p.
- Lopez, F. (2006). Dialvet. Obtenido de relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas hostein: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117891.pdf>
- Macedo, J. L. Juan., (2006). Guía para la inseminación artificial en vacunos. (redesa) redes sostenibles para la seguridad alimentaria. Lima- peru. 16 p.
- Maraña, P. David., (2015) inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos. <https://www.revistacebu.com/reproduccion/item/254-ciclo-estral-fundamentos-para-su-manipulacion>.

- Marín Aguilar, L. I. (2014). Comparación del efecto de la yema de huevo de codorniz, pata y gallina sobre las variables espermáticas de toros antes y después del proceso de criopreservación. Universidad de la Salle. Facultad de ciencias agropecuarias. Trabajo de Grado de Maestría. Bogotá, Colombia. 3 P.
- Martínez, O. R. Hilda., (2009). Comparación de dos fuentes de selenio y fosforo en el desempeño reproductivo de vacas lecheras en el rancho jamastran, el obraje, honduras. Proyecto para optar por el título de ingeniero agrónomo. Zamorano, honduras. 1 P.
- Mellado M, Antonio-Chirino E, Meza-Herrera C, Veliz FG, Arevalo JR, Mellado J, et al. (2011). Effect of lactation number, year, and season of initiation of lactation on milk yield of cows hormonally induced into lactation and treated with recombinant bovine somatotropin. J Dairy Sci PP.4524-4530.
- Mora M. y Romero J. (2018). Inseminación artificial en bovinos, Universidad Nacional Experimental del Táchira. Venezuela, <https://www.blogger.com/profile/07005310157311133930>.
- Nieto, Daniel., Berriso, R., Demarchi, o., y scala, E., (11/12/2018). Manual de buenas prácticas de ganadería bovina para la agricultura familiar. 89 P.
- O' connor, M. L. (1993). Heat detection and timing of insemination for cattle. Pennsylvania. University. Usa.
- Ochoa, M. A. Rafael., (2013) Evaluación de la inseminación artificial convencional y profunda, con la aplicación de prostaglandina en vacas Holstein Fresian. Universidad de cuenca. Facultad de

ciencias agropecuarias centro de postgrado. Tesis de maestría. Cuenca- ecuador. Pp. 5-8-11.

Ortiz, S. A. Jorge., García, T. Orville., y Morales T. Gladis., (2005). Manejo de bovinos productores de leche. Manual del participante. Puebla, puebla: colegio de postgraduados – secretaria de la reforma agraria. 24 P.

Orozco, A., & Uribe, L. (2010). La condición corporal como herramienta para pronosticar el potencial reproductivo en hembras bovinas de carne. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 63(2), 5607-5619.<https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/25049/37044>.

Pardo, C. K. Silvana., (2018) Evaluación de dos métodos de inseminación artificial en hembras bovinas, bajo un protocolo de sincronización de celo, en el cantón palanda. Universidad nacional de aloja. Facultad agropecuaria y de recursos naturales renovables. Tesis para título de médico veterinario zootecnista. Loja- Ecuador. Pp. 7-30 - 33 p.

Padilla, G.E. La aparición de la pubertad en vaquillas. Instituto nacional de investigación pecuaria. SARH. Palo Alto. México. D.F. (consulta 19 de marzo de 2019).

Porras, A. I. Antonio., y Páramo, R. M. Rosa., (2009). Manual de prácticas de reproducción animal. Universidad nacional autónoma de México. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. México- DF. 13 p.

- Ruiz, H. H., León, V, H., Ruiz, M. A., y Villalobos, E. A. (04/12/2018). Manual de inseminación artificial en el ganado bovino. Universidad Autónoma de Chiapas. 5 p.
- Saldarriaga, G. F. Esteban., (2009) análisis comparativo entre inseminación artificial a tiempo fijo e inseminación artificial a celo detectado, con sus variables económicas y reproductivas. Corporación universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias programa de industrias pecuarias caldas (ANT). 16 p.
- Salisbury, G. W., Lodge, J. R., & Vandemark, N. L. (1978). Fisiología de la reproducción e inseminación artificial de los bóvidos. Acribia. Pp. 18-21,-48.
- Singh H, Luthra RA, Khar SK, Nanda T. (2006). Oestrus induction, plasma steroid hormone profiles and fertility response after CIDR and eCG treatment in acyclic sahiwal cows. Asian Australas J Anim Sci PP.1566-1573.
- Solano, N. J. María., y Ramónéz, C. S. Xavier. (2013). Aplicación de P4 intravaginal en protocolo de IATF en vacas y aprovisionamiento de un equipo de inseminación artificial en el centro de apoyo “Juan Lunardi”. Universidad politécnica salesiana. Sede atriz cuenca. Cuenca- Ecuador. 23 p.
- Sumba León, J. P. (2012). Inseminación artificial con celo natural en vacas productoras de leche con semen sin el proceso de descongelado en el cantón Paute (tesis). Ecuador. Pp. 23-26.
- Torres, S. F. José., Villanueva A. F. José., Rubio, C. Vidal., y Herrera, C. Filiberto. (1993). Folleto técnico. Manual técnico para

inseminación en bovinos. Sagarpa. Inifap. Centro de investigación regional pacifico centro campo experimental “el verdiñero”. 5 p.

Wattiaux, A. Michel. (04/12/2018). Detección de celo, servicio natural e inseminación artificial. Universidad de Wisconsin- Madison. Instituto Baccok para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Pp.1-2.

Yunga, A. S. Edwin., (2013). Efecto de la hormona gonadotropina coriónica equina (ecg) en la maduración folicular en bovinos en su cría al pie. Universidad de cuenca facultad de ciencias agropecuarias centro de postgrado. (Tesis de maestría). 25 p.

Zalapa, A. (2009). Ergonomix. Obtenido de Estimacion del peso vivo de los bovinos en el Municipio de Nocupetaro, a traves del perimetro toraxico, abdominal y la longitud corporal: <https://www.engormix.com/ganaderiacarne/articulos/estimacion-pesovivo-bovinos-t27952.htm>. 33 p.