

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD MEDIANTE
DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES (PROGESTÁGENOS –
EB) EN BOVINOS DE CARNE, DE LA REGIÓN SAN MARTÍN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MÉDICO VETERINARIO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
EDUIN ALBERTO IBAÑEZ ISUIZA**

**TARAPOTO – PERÚ
2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA

TESIS:

**EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD MEDIANTE
DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES (PROGESTÁGENOS –
EB) EN BOVINOS DE CARNE, DE LA REGIÓN SAN MARTÍN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
MÉDICO VETERINARIO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
EDUIN ALBERTO IBAÑEZ ISUIZA**

COMITÉ DE TESIS



Dr. Carlos Augusto Nolte Campos
Presidente



Ing. Zoot. Roberto Edgardo Roque Alcarraz
Secretario



Méd. Vet. Hugo Sánchez Cárdenas
Miembro



Dr. Orlando Ríos Ramírez
Asesor

DEDICATORIA

Agradezco a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mis padres Elidergio David Ibañez Quiñones y Amanda Isuiza Pérez por darme la vida, quererme mucho, creer en mí, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por su ejemplo de perseverancia y constancia, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por ser personas que me enseñaron a ser quien soy, pero más que nada, por su amor incondicional.

Mis hermanos, Héctor David y Víctor Raúl, por su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

Mi hija Jema Krisstel, por estar siempre a mi lado, brindándome todo su inmenso amor y por ser mi motivo para esforzarme para salir adelante.

Además, va dedicado especialmente en memoria de mi mentor, Ulpiano Isuiza Murrieta, ahora que estás en el cielo, espero decirte meta cumplida abuelito.

AGRADECIMIENTO

Definitivamente este trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que me brindaron su apoyo; siempre resultará difícil agradecer a todos aquellos que de una u otra manera me acompañaron en este proceso de titulación para el desarrollo de esta investigación, porque nunca alcanza el tiempo, el papel o la memoria para mencionar o dar con justicia todos los créditos y méritos a quienes se lo merecen.

Partiendo de esta necesidad y diciendo de antemano MUCHAS GRACIAS, deseo agradecer a Dios, por ser fuente de motivación en los momentos de angustia y después de mucho esfuerzo, dedicación, aciertos y reveses, me guió para no desmayar en el camino que hoy veo realizado.

Al MV. Lenin Torres Bernal, mil palabras no bastarían para agradecerte porque en gran parte gracias a ti hoy puedo ver culminada una de mis metas.

A mis maestros: Dr. Carlos Nolte Campos por su gran apoyo y motivación para la culminación de esta tesis; al Dr. Orlando Ríos Ramírez por su apoyo ofrecido como mi asesor en este trabajo.

Finalmente a la Universidad Nacional de San Martín, los profesores y compañeros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

A todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

ÍNDICE

RESUMEN SUMMARY

	Pág.
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II: OBJETIVOS	3
CAPITULO III: REVISIÓN DE BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Anatomía funcional de la reproducción	4
3.1.1 Anatomía del aparato reproductor de la hembra	4
3.1.2 Embriología	4
3.1.3 Ovario	5
3.1.4 Cuerpo lúteo	7
a. Desarrollo	8
b. Regresión	9
c. Luteólisis	9
d. Cuerpo lúteo y preñez	9
e. Reconocimiento de la preñez por la madre	10
3.1.5 Anatomía del Oviducto	11
3.1.6 Funciones del Útero	12
a. Transporte de espermatozoides	13
b. Mecanismos luteolíticos	13
c. Implantación y gestación	14
3.1.7 Funciones de la Cérvix	14
a. Transporte de espermatozoides	15
b. Almacenamiento	16
c. Protección	17
3.1.8 Anatomía de la Vagina	17
3.1.9 Genitales externos	19
a. Vestíbulo	19
b. Labios mayores y labios menores	20
c. Clítoris	20
3.2 Fisiología de la reproducción	21
3.2.1 Hormonas, factores de crecimiento y reproducción	21

3.2.2	Glándulas endocrinas.....	22
	a. Hipotálamo	22
	b. Hipófisis (glándula pituitaria)	22
	c. Gónadas	23
	d. Glándula pineal	24
3.2.3	Hormonas.....	24
	a. Estructura de las hormonas.....	24
	b. Formas de comunicación intercelular	25
	c. Regulación de la secreción hormonal	26
	d. Clasificación de las hormonas.....	27
3.2.4	Endocrinología del ciclo estral.....	29
	a. Etapas del ciclo estral.....	30
	b. Desarrollo Folicular.....	32
	c. Desarrollo folicular en ganado Bos indicus.....	35
	d. Desarrollo y control de la función del cuerpo lúteo	38
	e. Regresión del cuerpo lúteo	40
3.3	Sincronización de estros	42
	a. Sincronización con Prostaglandina (PGF ₂ α).....	42
	b. Doble inyección de prostaglandina (PGF ₂ α).....	46
	c. Sincronización de la ovulación e Inseminación	
	a Tiempo Fijo	46
	d. Ventajas de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo..	50
	e. Factores que determinan la fertilidad en los	
	Programas de inseminación artificial	52
3.4.	Diagnóstico de gestación	52
	a. Retorno al estro.....	53
	b. Determinación de las concentraciones de progesterona.....	53
	c. Palpación del útero por vía rectal	54
	d. Ecografía.....	54
	e. Pérdida de la gestación	55
3.5.	Chi cuadrado	56
	3.5.1. Prueba de homogeneidad	56
	a. Conceptos fundamentales.....	57

CAPITULO IV: MATERIALES Y METODODS	59
4.1 Materiales.....	59
4.1.1 Ubicación del campo experimental.....	59
4.1.2 Vías de acceso.....	59
4.1.3 Características edafoclimáticas.....	60
4.1.4 Materiales y equipos para Inseminación Artificial a Tiempo Fijo.....	61
4.2. Metodología	61
4.2.1 Antecedentes del campo.....	61
4.2.2 Diseño experimental.....	61
4.2.3 Componentes estudiados.....	62
4.2.4 Detalle del campo experimental	62
4.2.5 Conducción del experimento.....	63
a. Acondicionamiento del hato ganadero	63
b. Selección de vacas a sincronizar estros	63
c. Protocolo 1 (IATF en vacas).....	63
d. Selección de vaquillas a sincronizar estros.....	64
e. Protocolo 2 (IATF en vaquillas)	64
4.3 Variables evaluadas.....	64
 CAPITULO V: RESULTADOS	 66
5.1.1 GRUPO 1: Vacas, Vaquillas, Testigo	66
5.1.2 GRUPO 2: Vacas. Testigo	67
5.1.3 GRUPO 3: Vaquillas, testigo	68
 5.2 Discusiones.....	 69
 CAPITULO VI: CONCLUSIONES.....	 72
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES	73
CAPITULO VIII: BIBLIOGRAFIA.....	74
ANEXO	

RESUMEN

El presente trabajo de Investigación titulado “Evaluación de la fertilidad mediante dispositivos Intravaginales (Progestágenos – EB) en Bovinos de carne, de la Región San Martín”, tuvo como objetivo: Evaluar la eficiencia reproductiva de los dispositivos intravaginales (progestágenos-EB), al comparar dos protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) con progesterona (P4) – benzoato de estradiol (EB) y prostaglandina (PGF2 α) en Bovinos de carne en la Región San Martín; evaluando el porcentaje de preñez mediante Inseminación Artificial a Tiempo fijo e Inseminación Artificial a celo natural. Los componentes estudiados fueron: Raza, Progesterona, Estrógenos y prostaglandina.

Los resultados obtenidos indican que: Indistintamente del porcentaje de preñez (artificial o celo natural) estos resultaron estadísticamente iguales entre sí. A pesar de que fisiológicamente todos los procesos que se dan de manera natural son los mejores resultados con un rendimiento de 80% de gestación, al momento de la elección del mejor tratamiento, para aumentar la eficiencia reproductiva en el hato ganadero, hay que tener en cuenta, las grandes ventajas de implementar protocolos de sincronización de celos, tener terneros más homogéneos al momento del destete, aumentar significativamente la cabeza de parición, etc., en el presente proyecto quedó demostrado que el protocolo de sincronización de estros, obtuvo mejores resultados en vacas con 70% de gestación y 50% de gestación en vaquillas; pudiéndose manejar, en menor número.

Palabras clave: Progestágenos – EB; Bovinos de carne; Inseminación Artificial a Tiempo Fijo; Benzoato de estradiol; Prostaglandina; Inseminación Artificial a celo natural.

SUMMARY

The present research work entitled "Evaluation of the fertility through devices Intravaginales (progestogen - EB) in bovine meat, in the Region of San Martín", It was intended to: evaluate the reproductive intravaginal devices (progestogen-EB) efficiency, when comparing two protocols to Artificial insemination to fixed time (IATF) with progesterone (P4) - benzoate (EB) estradiol and prostaglandin (PGF2 α) in bovine animals of meat in the Region San Martín; evaluating the time fixed percentage of pregnancy by Artificial insemination and Artificial insemination to natural mating. The components studied were: race, estrogen and progesterone, prostaglandin.

The results obtained indicate that: regardless of the percentage of pregnancy (zeal artificial or natural) these were statistically equal among themselves. While physiologically all processes that occur naturally are the best results with a yield of 80% of pregnancy, at the time of the election of the best treatment, to increase reproductive efficiency in the cattle herd, should take into account the advantages of implementing protocols of synchronization of jealousy, having more homogeneous calves at the time of weaning significantly increase the head of calving, etc., in this project demonstrated that estrus synchronization protocol, obtained better results in cows with 70% gestation and 50% of gestation in heifers. being able to manage, fewer.

Key words: progestogens - EB; Beef cattle; Artificial insemination in time fixed; Estradiol benzoate; Prostaglandin; Artificial insemination with natural zeal.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La actual situación de la ganadería, exige a los productores, máxima eficiencia para garantizar el retorno económico. En este contexto, la optimización de la eficiencia reproductiva, es uno de los principales factores que contribuyen para mejorar las ganancias productivas.

A pesar de haber consenso general entre los productores y técnicos, de que la Inseminación Artificial (IA) es la técnica más apropiada para acelerar el avance genético, el porcentaje del rodeo bovino incluido en estos esquemas en el mundo, continúa siendo bajo. Las principales limitaciones para el empleo de la Inseminación Artificial (IA) en el ganado manejado en condiciones semi-pastoriles, son fallas en la detección de celos, anestro posparto y pubertad tardía.

La implementación de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF), es decir sin la necesidad de detección de celos, mediante el uso del Dispositivo Intravaginal CIDR (Eazi-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health) en combinación con otras hormonas reproductivas, ha permitido incrementar la cantidad de animales incluidos en programas de inseminación artificial, dentro de los establecimientos ganaderos.

Esto es debido fundamentalmente a la eliminación total o parcial de la detección de celos y a la simplificación en la programación y realización de las tareas de inseminación artificial.

Por otro lado, mediante la utilización de esta técnica, es factible realizar inseminación artificial en vacas con cría a pie (al menos 60 días posparto).

Teniendo como objetivo este proyecto de investigación presentar resultados de campo de un protocolo de sincronización con Progesterona, Benzoato de Estradiol y prostaglandina (PGF2 α), el cual nos permite sincronizar el celo y la ovulación en bovinos, con énfasis en los animales Bos indicus de la raza Brahman, manejados en condiciones semi-intensivos.

CAPÍTULO II: OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

- Evaluar la eficiencia reproductiva de los dispositivos intravaginales (progestágenos-EB), al comparar dos protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) con progesterona (P4) – benzoato de estradiol (EB) y prostaglandina en bovinos de carne.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la eficiencia de los dispositivos intravaginales (progestágenos-EB), en un protocolo de Inseminación a Tiempo Fijo (IATF) en 20 vacas y un protocolo de Inseminación a Tiempo Fijo (IATF) en 20 vaquillas de la raza Brahman.
- Comparar un protocolo de inseminación a Tiempo Fijo (IATF) en 20 vacas con 20 bovinos inseminados a celo natural.
- Comparar un protocolo de inseminación a Tiempo Fijo (IATF) en 20 vaquillas con 20 bovinos inseminados a celo natural.
- Determinar las tasas de preñez en ganado cárnico en vaquillas y vacas tratadas con un protocolo de sincronización de estro, utilizando (progestágenos-EB).

CAPÍTULO III: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Anatomía funcional de la reproducción.

3.1.1 Anatomía del aparato reproductor de la hembra

Los órganos del aparato reproductor femenino (de la hembra) incluyen ovarios, oviductos, el útero, cérvix, la vagina y los genitales externos. Los órganos genitales internos (el primero de cuatro componentes) están sostenidos por el ligamento ancho. Este ligamento consta del mesoovario, que sostiene al ovario; el mesosálpinx, que sostiene al oviducto; y el mesometrio, que sostiene al útero. En bovinos y ovinos, la inserción del ligamento ancho es dorso lateral en la región del íleon, 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 (1).

3.1.2. Embriología

En el feto, el aparato reproductor consta de dos gónadas sexualmente indiferenciadas, dos pares de conductos, un seno urogenital, un tubérculo genital y pliegues vestibulares. Este sistema se origina básicamente de dos bordes germinales en el lado dorsal de la cavidad abdominal, y puede diferenciarse en aparato masculino (del macho) o femenino (de la hembra).

El sexo del feto depende de genes heredados, gonadogénesis y de la formación y maduración de los órganos reproductivos accesorios. Los conductos de Wolff y de Müller están presentes en el embrión sexualmente indiferenciado. En la hembra, los de Müller se transforman en un sistema

gonadoductal y los de Wolff hembra se atrofian; lo opuesto ocurre en el macho. Los conductos de Müller de la hembra se fusionan caudalmente para formar útero, cérvix y parte anterior de la vagina. En el feto masculino (macho) los andrógenos testiculares influyen en la persistencia y el desarrollo de los conductos de Wolff y la atrofia de los de Müller (1).

3.1.3 Ovario

El ovario, a diferencia del testículo, permanece en la cavidad abdominal. Realiza tantas funciones exocrinas (liberación de óvulos) como endocrinas (esteroidogénesis). El tejido predominante del ovario es la corteza. Las células germinales primordiales se originan fuera de la gónada y emigran a través del mesenterio del saco vitelino hacia las crestas genitales. Durante el desarrollo fetal, las oogonias se producen por multiplicación mitótica. Esto es seguido por la primera división meiótica para formar varios millones de oocitos, proceso que se detiene en la profase. La atresia posterior reduce el número de oocitos al momento del nacimiento, y en la pubertad ocurre una reducción adicional, de modo que durante la senectud reproductiva sólo quedan unos pocos cientos.

Al nacimiento, una capa de células foliculares rodea los oocitos primarios en el ovario para formar los folículos primordiales. La forma y el tamaño ováricos varían con la especie y la etapa del ciclo estrual. En bovinos y ovinos, el ovario tiene forma de almendra, mientras que en la yegua la tiene de frijol (o de riñón) debido a la presencia de una fosa de ovulación bien definida, y una identificación en el borde de unión del ovario. El ovario de la cerda semeja un

racimo de uvas debido a que los folículos sobresalen y los cuerpos amarillos (cuerpos lúteos) oscurecen el tejido ovárico subyacente.

La parte del ovario no unida al mesoovario está expuesta y forma una prominencia dentro de la cavidad abdominal. El ovario, constituido por médula y corteza, está rodeado por el epitelio superficial, comúnmente llamado epitelio germinal. La médula ovárica consiste en tejido conectivo fibroelástico irregularmente dispuesto y extensos sistemas vascular y nervioso que llegan al ovario a través del hilio. Las arterias están dispuestas en una espiral bien definida. La corteza ovárica contiene folículos ováricos, cuerpos amarillos o ambos, en diferentes etapas de desarrollo o regresión.

El patrón vascular del ovario cambia con los diferentes estados hormonales. Variaciones en la arquitectura vascular permiten que el riego sanguíneo se adapte a las necesidades del órgano. La distribución intraovárica de la sangre experimenta notables cambios durante el periodo preovulatorio. El flujo de sangre arterial hacia el ovario cambia de manera proporcional con la actividad del cuerpo amarillo o cuerpo lúteo (*corpus luteum*, CL). Los cambios hemodinámicos parecen ser importantes para regular el funcionamiento y la duración del CL (Cuerpo lúteo). De este modo, al decrecer la secreción de progesterona, va precedido por cambios en el flujo sanguíneo, mientras que la restricción del riego ovárico causa regresión prematura del cuerpo lúteo (1).

3.1.4. Cuerpo lúteo

El cuerpo lúteo se desarrolla después de la ruptura del folículo en la ovulación. En la pared folicular interna se forman pliegues macroscópicos y microscópicos que penetran en la cavidad central. Tales pliegues consisten en un núcleo central del tejido de estroma y grandes vasos sanguíneos que se distienden. Las células se desarrollan poco días antes de la ovulación y experimentan regresión con rapidez; a las 24 h de la ovulación todas las células de la teca restantes se encuentran en avanzado estado de degeneración. Tras la ovulación comienzan la hipertrofia y luteinización de las células de la granulosa.

La progesterona es secretada en forma de gránulos por las células luteínicas. En la oveja, este proceso parece alcanzar su punto máximo el décimo día del ciclo, y comienza a declinar notablemente el día 12. La actividad secretoria disminuye gradualmente hasta el día 14.

En la vaca, referente a la constitución morfológica y funcionalismo, no existe ninguna diferencia fundamental entre el cuerpo lúteo de gestación y el cuerpo lúteo periódico (metaéstrico). La luteinización del folículo se produce regularmente después de la ovulación, pero excepcionalmente pueden luteinizarse también folículos indehiscentes (folículos persistentes), provocándose luego el bloqueo del ciclo sexual. La persistencia del cuerpo lúteo en la vaca se presenta también por estímulos que afectan a la mucosa uterina.

Zemjanis, R. (2); nos dice que el cuerpo lúteo metaéstrico tiene en la vaca una duración funcional muy exacta. En caso de concepción, con la emigración del cigoto a la matriz, el cuerpo lúteo metaéstrico se transforma en cuerpo lúteo de gestación. Si la gestación se interrumpe, entonces perdura la función incretora (no segrega) del cuerpo lúteo de gestación hasta que regresa la evolución gravídica del endometrio. En este tiempo, a partir del cuerpo lúteo de gestación se produce un *corpus luteum pseudogaviditatis*.

En hembras viejas, el funcionamiento del cuerpo lúteo disminuye como resultado de una incapacidad de las células foliculares (granulosa y teca interna) de responder plenamente a los estímulos hormonales; cambios en la cantidad, calidad de la secreción hormonal, o ambas, y una reducción del estímulo para la secreción hormonal.

- a) Desarrollo.** El aumento de peso del cuerpo amarillo es rápido al principio. En general, el periodo de crecimiento es ligeramente más largo que la mitad del ciclo estrual. En la vaca, el peso y contenido de progesterona del cuerpo lúteo (CL). Aumentan con rapidez entre los días 3 y 12 días del ciclo y permanecen relativamente constantes hasta el día 16, en que comienza la regresión. En la oveja y la cerda, peso y contenido de progesterona aumentan rápidamente en los cuerpos lúteos desde el día 2 hasta el 8vo día, y permanecen relativamente constantes hasta el día 15, en que se inicia la regresión. El diámetro del cuerpo lúteo maduro es mayor que el de un folículo de Graff maduro, excepto en la yegua, en la que es menor (1).

b) Regresión. Si no hay fecundación, el cuerpo lúteo sufre regresión, lo cual permite que otros folículos ováricos grandes maduren. A medida que sus células se degeneran, el órgano completo disminuye de tamaño, adquiere color blanco o pardo pálido, y recibe el nombre de *corpus albicans*. Después de dos o tres ciclos, queda una cicatriz apenas visible de tejido conectivo. En los bovinos persisten restos del cuerpo blanco durante varios ciclos sucesivos. El cuerpo amarillo del ciclo estrual de los bovinos comienza a experimentar regresión 14 a 16 días después del estro, y su tamaño suele disminuir a la mitad en unas 36 horas (3).

c) Luteólisis. La luteólisis inducida por estrógeno, probablemente mediada por estimulación de la prostaglandina uterina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) durante el ciclo estrual en la vaca, es la causa de la regresión normal del cuerpo amarillo, para que éste se mantenga en dicho animal, debe haber un embrión en su útero los días 12 y 13 después del apareamiento. Este tiempo representa el estado en el cual el útero inicia los pasos que conducen a la luteólisis. Los cambios en el riego sanguíneo del tejido ovárico en la etapa lútea pueden atribuirse a cambios en el flujo de sangre al CL, que recibe la mayor parte del aporte sanguíneo. El flujo sanguíneo al CL participa en la regulación de esta glándula y en el control de la actividad de las gonadotropinas a nivel de las células luteínicas.

d) Cuerpo lúteo y preñez. Los progestágenos son necesarios para mantener la preñez. Algunos progestágenos actúan como precursores inmediatos de otros esteroides que también son necesarios durante la preñez. Excepto en la

yegua, en las otras especies domésticas existe el requerimiento estricto de que la actividad secretoria del Cuerpo lúteo (CL) se mantenga durante toda la preñez, porque en ellas, la placenta no secreta progesterona. La ovariectomía de la cerda en cualquier momento de la preñez da por resultado el aborto en 2 o 3 días. Después de extirpar un ovario o los cuerpos amarillos de cada ovario el día 40 de la gestación, se requiere un mínimo de cinco cuerpos amarillos para mantenerla (3).

e) Reconocimiento de la preñez por la madre. Entre el embrión y la madre se establece un diálogo mediado por la secreción de diferentes sustancias. La etapa crítica de la comunicación materno-embriónica ocurre cuando el embrión debe establecer los mecanismos que inhiben la secreción de prostaglandina ($\text{PGF}_{2\alpha}$), de origen uterino y con ello se evita la degeneración del cuerpo lúteo. El mantenimiento del cuerpo lúteo, y en consecuencia de los niveles altos de progesterona (P_4), es un requisito indispensable para promover un ambiente uterino que permita el establecimiento de la gestación. El mecanismo por el cual se evita la regresión lútea es diferente en las especies domésticas.

En la vaca el mecanismo que protege al cuerpo lúteo es promovido por una proteína de origen embrionario conocida como interferón-t. Esta proteína se produce en el trofoectodermo, y bloquea la secreción de la prostaglandina ($\text{PGF}_{2\alpha}$) a través de la inhibición de la síntesis de receptores de oxitocina en el endometrio. El interferón-t se sintetiza entre los días 10 a 25 post-fertilización y alcanza sus niveles máximos en los días 16 – 18, cuando

fisiológicamente comenzaría la secreción pulsátil de prostaglandina (PGF2 α). Este proceso es favorecido por la expansión del trofoblasto, el cual cambia de una forma esférica a una filamentosa, lo que permite mejor contacto del interferón-t con el endometrio (3).

3.1.5. Anatomía del Oviducto

Existe una íntima relación anatómica entre el ovario y el oviducto. En los mamíferos domésticos, el ovario se encuentra en una bolsa ovárica abierta, a diferencia de lo que ocurre en otras especies (como rata y ratón), en las que se halla en un saco cerrado. En los animales domésticos dicha bolsa consiste en un delgado pliegue peritoneal del mesosálpinx, que está unido a un asa suspendida en la porción superior del oviducto. En bovinos y ovinos, la bolsa ovárica es ancha y abierta. En cerdas está bien desarrollada, y aunque esté abierta, encierra la mayor parte del ovario. En la yegua es angosta y en forma de hendidura, y contiene sólo la fosa de ovulación.

La longitud y el grado de arrollamiento del oviducto varían entre los mamíferos domésticos. El oviducto puede dividirse en cuatro segmentos funcionales: las *fimbrias*, en forma de olán; el *infundíbulo*, abertura abdominal en forma de embudo cerca del ovario; la *ampolla*, dilatada y más distal, y el *istmo*, la porción proximal estrecha del oviducto, que conecta a éste con la luz uterina. Las fimbrias se encuentran libres excepto en un punto del polo superior del ovario, esto asegura una estrecha aproximación de las fimbrias y la superficie ovárica.

La ampolla, que ocupa aproximadamente la mitad de la longitud del oviducto, se fusiona con la sección constreñida llamada *istmo*. El istmo se conecta directamente con el útero; en la yegua, entra en el cuerno del útero en la forma de una pequeña papila. Sin embargo, en la cerda, esta unión está bordeada por largos procesos mucosas digitiformes. En vaca y oveja hay un pliegue en la unión uterotubárica, en especial durante el estro. El espesor de la musculatura aumenta desde el extremo ovárico del oviducto hacia el extremo uterino (4).

3.1.6. Funciones del útero

Según **McDonald LE y Capen CC (2)**, el útero consta de dos cuernos uterinos, un cuerpo y un cuello. Las proporciones relativas de las distintas partes, así como la forma y disposición de los cuernos uterinos, varían con la especie. En la cerda, el útero es bicorne. Los cuernos están flexionados o enrollados y pueden medir hasta unos 120 o 150 cm de longitud, mientras que el cuerpo del útero es corto. Dicha longitud es una adaptación anatómica para la producción exitosa de camadas grandes.

En vacas, ovejas y yeguas, el útero es bipartido. Estos animales tienen un tabique que separa los dos cuernos, y un cuerpo uterino prominente (que en la yegua es más grande). En rumiantes, el epitelio uterino tiene varias carúnculas. Ambos lados del útero están unidos a las paredes pélvica y abdominal por el ligamento ancho.

El útero realiza varias funciones. El endometrio y sus líquidos tienen funciones importantes en el proceso reproductivo:

a) Transporte de espermatozoides. Tras el apareamiento, la contracción del miometrio es esencial para el transporte de los espermatozoides desde el sitio de la eyaculación hacia el de la fecundación. Gran número de espermatozoides se agregan en las glándulas endometriales. Cuando las células espermáticas son transportadas por la luz uterina a los oviductos, experimentan “capacitación” en las secreciones endometriales.

b) Mecanismos luteolíticos. Existe un ciclo uteoovárico local en el que el cuerpo amarillo (CL) estimula al útero para que produzca una sustancia que a su vez destruye al cuerpo amarillo. El útero es importante en la regulación del funcionamiento de dicho cuerpo. Los cuerpos lúteos (CL) son mantenidos en estado funcional por largos periodos después de histerectomía en vacas, ovejas y cerdas. Si quedan pequeñas cantidades de tejido uterino *in situ*, ocurre regresión del cuerpo lúteo (CL) y vuelven a presentarse los ciclos después de periodos variables. Después de la histerectomía unilateral, los cuerpos amarillos adyacentes al cuerno uterino extirpado suelen mantenerse mejor que los adyacentes al cuerno intacto.

La administración intramuscular o intrauterina de prostaglandina causa regresión completa del cuerpo amarillo en la vaca y la oveja. El cuerno uterino grávido tiene un efecto antiluteolítico a nivel del ovario adyacente. Este efecto es ejercido por una vía local de comunicación venoarterial entre el útero y el ovario.

c) Implantación y gestación. El útero es un órgano altamente especializado adaptado para recibir y nutrir los productos de la concepción desde el momento de la implantación hasta el parto. Se da una “diferenciación” uterina, la cual es regida por las hormonas esteroides ováricas. Este proceso debe avanzar hasta alguna etapa crítica en que el útero queda preparado para aceptar selectivamente el blastocito. Sólo si ocurre tal diferenciación el útero será apto para permitir la implantación.

Después de la implantación, el desarrollo del embrión depende de un suministro vascular adecuado dentro del endometrio. Durante toda la gestación, las propiedades fisiológicas del endometrio y su aporte sanguíneo son importantes para la supervivencia y el desarrollo fetales. El útero es capaz de experimentar tremendos cambios de tamaño, estructura y posición para satisfacer las necesidades del producto en crecimiento (3).

3.1.7. Funciones de la Cérvix.

El cérvix es una estructura parecida a un esfínter que se proyecta caudalmente hacia el interior de la vagina. Es un órgano fibroso formado predominantemente por tejido conectivo con pequeñas cantidades de tejido muscular liso. El cérvix se caracteriza por una pared gruesa y una luz estrecha. Aunque los detalles de su estructura difieren entre los mamíferos domésticos, su conducto presenta varias prominencias. En los rumiantes éstas tienen la forma de bordes transversales o alternados en espiral que se conocen como *anillos cervicales*, y que se desarrollan en distintos grados en

las diferencias especies. Son especialmente notables en la vaca (por lo general cuatro anillos).

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 mucosa del cuello uterino se expulsa por la vulva (3).

El cuello uterino tiene varias funciones en el proceso reproductivo: facilita el transporte de los espermatozoides por el moco cervical hacia la luz del útero; actúa como depósito de espermatozoides; y puede participar en la selección de espermatozoides viables, impidiendo de este modo el transporte de células espermáticas no viables y defectuosas.

a) Transporte de espermatozoides. Tras ser eyaculados, los espermatozoides se orientan hacia la abertura interna. Conforme el flagelo se mueve y vibra, la cabeza espermática es impulsada hacia adelante en los conductos de menor resistencia. Las propiedades macrorreológicas y microrreológicas del moco cervical tienen una función importante en la migración de los espermatozoides. La capacidad de penetración de éstos aumenta con la limpieza del moco, puesto que detritos celulares y leucocitos demoran la migración espermática. Los espacios acuosos entre las micelas permiten el paso de los gametos masculinos (del macho) así como la difusión de sustancias solubles. Enzimas proteolíticas hidrolizan el esqueleto proteínico o algunas de los enlaces cruzados de la mucina, y

reducen la red a una trama menos resistente con más espacios abiertos para la migración de espermatozoides. Cuando se ponen en contacto *in vitro* moco cervical y semen, inmediatamente se forman entre caras entre los dos líquidos. Pronto aparecen columnas de células espermáticas que organizan altos grados de arborización; el aspecto final es el de canales a través de los cuales pueden pasar uno o dos espermatozoides (3).

Después del apareamiento o la inseminación artificial, en las complicadas criptas cervicales se depositan grandes cantidades de espermatozoides. El cuello uterino puede actuar como un depósito y de este modo proporcionar dosis subsecuentes de ellos a las vías superiores del aparato reproductor femenino. También es posible que los espermatozoides atrapados en las criptas cervicales nunca sean liberados, lo cual impediría que cantidades excesivas de tales células llegaran al sitio de la fecundación.

b) Almacenamiento. En rumiantes, la supervivencia prolongada de espermatozoides en el cuello uterino respecto a la que se observa en otras partes del aparato reproductor femenino sugiere que aquella estructura actúa como depósito de gametos masculinos. En el cuello uterino de vacas y cabras, la mayor parte de los espermatozoides no están distribuidos al azar, sino que se localizan entre las criptas cervicales. La penetración de las células espermáticas en estos sitios depende de su viabilidad y de la estructura y, en consecuencia, de las propiedades reológicas del moco cervical.

c) Protección. Durante la preñez, el conducto cervical está ocluido por un moco turbio, espeso, altamente viscoso y no arborizante, que actúa como una barrera eficaz contra el transporte de espermatozoides y la invasión de la luz uterina por bacterias, lo cual impide la infección del útero. A parte del momento de la fecundación, la única vez en que el cuello uterino está abierto es antes del parto. En este momento el tapón cervical es licuado y el cuello uterino se dilata para permitir la expulsión del feto y las membranas fetales.

3.1.8. Anatomía de la Vagina

La pared vagina consta de epitelio superficial, una capa muscular y una serosa. Su capa muscular no está tan bien desarrollada como las partes externas del útero; consiste en un estrato circular interno grueso y otro longitudinal externo delgado; este último se continúa alguna distancia en el interior del útero. La capa muscular es rica en vasos sanguíneos, paquetes nerviosos, grupos de células nerviosas y tejido conectivo laxo y denso. La vaca es la única que presenta un esfínter muscular anterior, además del esfínter posterior presente en los demás mamíferos domésticos.

Hay diferencias interespecíficas en los cambios vaginales del ciclo estrual. Estas diferencias probablemente reflejan distintas tasas de secreción de estrógeno y progesterona y, en última instancia, de gonadotropinas. Sin embargo, los frotis vaginales no son útiles para diagnosticar la fase del ciclo o anomalías hormonales.

La superficie de las células vaginales está constituida por numeroso microbordes dispuesto longitudinalmente o en círculos. En este epitelio estratificado de capas múltiples, las células se encuentran acunadas una sobre otra mediante microbordes sujetos entre sí, formando de esta manera una superficie firme. La morfología y disposición de estos microbordes, que influyen en la firmeza del epitelio, varían en el transcurso del ciclo reproductivo.

La vagina tiene múltiples funciones en la reproducción. Es el órgano copulatorio en el que se deposita y coagula el semen hasta que los espermatozoides son transportados a través de las macromoléculas de la columna de moco cervical. La vagina bulbosa dilatada constituye un depósito de semen después del coito que suministra espermatozoides a los depósitos cervicales. Los pliegues vaginales y la disposición romboide a manera de valla de la musculatura permiten la distensión del órgano durante el apareamiento y el parto. Aunque es una estructura carente de glándulas, sus paredes son humectadas por trasudados a través del epitelio vaginal (incorrectamente llamado *mucosa*), por moco cervical y por secreciones endometriales.

Después de la eyaculación, el plasma seminal no es transportado hacia el interior del útero; la mayor parte es expelida o absorbida a través de las paredes vaginales. Cuando son absorbidos en la vagina, algunos de los componentes bioquímicos del plasma seminal provocan respuestas fisiológicas en otras partes del aparato reproductor femenino.

El pH de la secreción vaginal es desfavorable para los espermatozoides. Una compleja interacción de moco cervical, secreción vaginal y plasma seminal forma un sistema amortiguador que protege a los espermatozoides hasta que son transportados a través de las micelas del moco cervical. Algunos estados patológicos que causan amortiguamiento insuficiente del depósito seminal (como bajo volumen eyaculado, escaso moco cervical espeso y escurrimiento de semen) pueden causar rápida inmovilización de los espermatozoides. La vagina actúa como conducto excretor para las secreciones de cuello uterino, endometrio y oviductos; también funciona como canal del parto. Estas funciones son posibles gracias a diversas características fisiológicas, primordialmente contracción, expansión, involución, secreción y absorción (3).

3.1.9 Genitales externos.

El vestíbulo, los labios mayores, labios menores, el clítoris y las glándulas vestibulares constituyen los genitales externos.

a) Vestíbulo

La unión de vagina y vestíbulo está marcada por el orificio uretral externo y a menudo por un borde (el himen vestigial). En algunas vacas, el himen puede ser tan prominente que interfiere en la cópula.

El vestíbulo de la vaca se extiende hacia el interior unos 10 cm, hasta el sitio donde el orificio uretral externo se abre en su superficie ventral. Los tubos de Gartner (restos de los conductos de Wolff) desembocan dentro del vestíbulo, en posición posterior y lateral respecto a los conductos de Gartner. Las

glándulas de Bartholin, que secretan un líquido viscoso-más activamente en el estro- tienen estructura tuboalveolar semejante a las glándulas bulbouretrales del macho (3).

b) Labios mayores y labios menores.

El integumento de los labios mayores está ricamente poblado por glándulas sebáceas y tubulares. Contiene depósitos de grasa, tejido elástico y una capa delgada de músculo liso; en su superficie exterior tiene la misma estructura que la piel externa. Los labios menores tienen un núcleo de tejido conectivo esponjoso (3).

c) Clítoris

La comisura ventral del vestíbulo oculta el clítoris, que tiene el mismo origen embrionario que el pene en el macho. Está compuesto de tejido eréctil cubierto de epitelio escamoso estratificado, con abundantes terminaciones nerviosas sensoriales. En la vaca, la mayor parte del clítoris está enterrada en la mucosa vestibular. Sin embargo, en la yegua está bien desarrollado, y en la cerda es largo y sinuoso y termina en una pequeña punta o cono.

Se han realizado extensas investigaciones sobre anatomía comparada de los órganos reproductores femeninos en mamíferos domésticos (3).

3.2. Fisiología de la reproducción

3.2.1. Hormonas, factores de crecimiento y reproducción

Con el paso del tiempo, el control de la reproducción en los mamíferos ha cambiado del sistema nervioso central (SNC) a su regulación por dos sistemas separados, el sistema nervioso central (SNC) y el sistema endocrino. Después, se descubrió que el hipotálamo une los dos sistemas a través del sistema porta hipotalámico-hipofisario para coordinar las funciones de las gónadas. Sin embargo, muchos fenómenos no podrían explicarse únicamente por un control neuroendocrino. Así, el último decenio ha sido testigo del descubrimiento de mensajeros químicos (factores de crecimiento) y la presencia de sistemas de regulación autocrina/paracrina dentro de las gónadas. Estos avances ayudaron a comprender fenómenos que hasta ahora no podían ser explicados a través de un control únicamente.

El sistema endocrino y el sistema nervioso funcionan para iniciar, coordinar o regular las funciones del sistema reproductor. A diferencia del sistema nervioso, que controla las funciones del cuerpo a través de impulsos nerviosos eléctricos rápidos, por ejemplo, sistema musculoesquelético, el sistema endocrino utiliza mensajeros químicos u hormonas para regular procesos corporales lentos, como el crecimiento y la reproducción (5).

3.2.2. Glándulas endocrinas

Antes de hablar de hormonas de la reproducción, es conveniente revisar brevemente la anatomía funcional del hipotálamo, hipófisis y gónadas (5).

a) Hipotálamo

El hipotálamo ocupa solo una pequeña parte del cerebro. Esta consiste en la región del tercer ventrículo, que se extiende desde el quiasma óptico hasta los cuerpos mamilares. Existen conexiones neurales entre el hipotálamo y el lóbulo posterior de la hipófisis a través del tracto hipotalámico-hipofisario y conexiones vasculares entre el hipotálamo y el lóbulo anterior de la hipófisis. La sangre arterial entra en la hipófisis a través de las arterias hipofisarias superior e inferior. La superior forma asas capilares en la eminencia media y las par nervosa. De estos capilares fluye la sangre hacia el sistema porta hipotalámico-hipofisario, que empieza y termina en capilares sin pasar a través del corazón. Parte del flujo venoso de salida de la hipófisis anterior es de tipo retrogrado, que expone al hipotálamo a altas concentraciones de hormonas de la hipófisis anterior. Este flujo sanguíneo le da a la glándula hipófisis el mecanismo de retroalimentación negativo para regular las funciones del hipotálamo. Tal variante de retroalimentación se ha denominado retroalimentación de vía corta (5).

b) Hipófisis (glándula pituitaria)

La hipófisis se localiza en la silla turca, una depresión ósea en la base del cerebro. La glándula se subdivide en tres partes anatómicas distintas: lóbulos anterior, intermedio y posterior. Entre las diferentes especies, existen notables

variaciones en la anatomía de la hipófisis. Por ejemplo, la parte intermedia está bien desarrollada en la hipófisis del ganado bovino y caballos.

Los tipos de células existentes en el lóbulo anterior de la hipófisis se han clasificado, de manera tradicional, con base en sus características de tinción, en cromófilas granulares y agranulares. Las cromófilas se dividen en acidófilas y basófilas. Sin embargo, con el advenimiento de la química inmunológica y la microscopía electrónica, se ha revisado esta clasificación.

La hipófisis anterior tiene cinco diferentes tipos de células que secretan seis hormonas. Según el tipo de célula, las somatotrópicas secretan hormona del crecimiento; las corticotrópicas secretan la hormona adenocorticotropica (ACTH); las mamotrópicas, prolactina; las tirotrópica secretan la hormona estimulante de la glándula tiroides (TSH), y las gonadotrópicas, la hormona foliculoestimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) (5).

c) Gónadas.

En ambos sexos las gónadas desempeñan una doble función la producción de células germinales (gametogénesis) y la secreción de hormonas gonadales. Las células intersticiales que se localizan entre los túbulos seminíferos se llaman células de Leydig. Estas últimas secretan testosterona en el macho, mientras que las células de la teca interna del folículo de Graaf son la fuente primaria de estrógenos circulantes. Después de la rotura del folículo (ovulación), las células de la granulosa y de la teca son remplazadas por el cuerpo lúteo (*corpus luteum*, CL), que secreta progesterona (5).

d) Glándula pineal

La glándula pineal (epífisis) se origina como una evaginación neuroepitelial de la parte superior del tercer ventrículo debajo del extremo posterior del cuerpo calloso. La glándula pineal en los anfibios es un fotorreceptor que envía información al cerebro, mientras que en los mamíferos es una glándula endocrina.

La actividad hormonal de la glándula pineal está influenciada por los ciclos de luz-oscuridad y estacional, causando así que su función sea muy importante en el control neuroendocrino de la reproducción. La glándula convierte la información neural de los ojos relacionada con la duración de la luz del día en una producción endocrina de melatonina, que es secretada al torrente sanguíneo y al líquido cefalorraquídeo (5).

3.2.3 Hormonas

Las hormonas pueden clasificarse según su estructura bioquímica o su forma de acción. La estructura bioquímica de las hormonas incluye glucoproteínas, polipéptidos, esteroides, ácidos grasos y aminas (3).

a) Estructura de las hormonas.

Según su estructura química, las hormonas de la reproducción se dividen en cuatro grupos:

- **Proteínas.** Hormonas polipépticas con un peso molecular que varía de 300 a 70 000 daltons, por ejemplo, oxitocina, FSH y LH.

- **Esteroides.** Derivan del colesterol y tienen un peso molecular de 300 a 400 daltons, por ejemplo, testosterona.
- **Ácidos grasos.** Derivan del ácido araquidónico y tienen un peso molecular de alrededor de 400 daltons.
- **Aminas.** Derivan de tirosina o triptófano, por ejemplo, melatonina.

b) Formas de comunicación intercelular.

Anteriormente se consideraba que al SNC era el coordinador de todos los sistemas corporales, hasta el descubrimiento de las glándulas endocrinas. Después predominó la idea de que la regulación de la reproducción era compartida por dos sistemas separados, con el hipotálamo como interconector entre los dos sistemas. En la actualidad, se ha descubierto que ciertos mensajeros químicos que no pertenecen a ninguno de estos sistemas: los factores de crecimiento, actúan en el control de la reproducción (3).

Las células se comunican entre sí a través de mensajeros químicos, como las aminas, los aminoácidos, esteroides y polipéptidos. Hay cuatro formas de comunicación intercelular:

- **Comunicación neural,** en la que ciertos neurotransmisores se liberan en las uniones sinápticas de células nerviosas y actúan como neurotransmisores entre las hendiduras sinápticas estrechas.

- **Comunicación endocrina**, en la cual las hormonas son transportadas por la circulación sanguínea, típica de la mayor parte de las hormonas.
- **Comunicación paracrina**, en la cual los productos de las células se difunden a través del líquido extracelular para afectar células vecinas que se encuentran a cierta distancia, por ejemplo, prostaglandinas.
- **Comunicación autocrina**, en la que las células secretan mensajeros químicos que se unen a receptores en la misma célula que secretó el mensajero.

c) Regulación de la secreción hormonal

El sistema nervioso desempeña una función esencial en la regulación de la actividad de las gónadas por medio de mecanismos de retroalimentación endocrina, vías neurales y control inmunoendocrino (3).

- **Retroalimentación endocrina.**

Una hormona secretada por una glándula blanco (p. ej., estrógeno) puede influenciar la secreción de la hormona que estimuló su liberación (p. ej., FSH). El control de retroalimentación ocurre a nivel del hipotálamo y de la hipófisis. Dependiendo de su concentración en la sangre, las hormonas esteroideas pueden ejercer una retroalimentación estimuladora (positiva) o inhibitoria (negativa).

- **Retroalimentación inhibitoria o negativa.** Este sistema involucra interrelaciones recíprocas entre dos o más glándulas y los órganos blancos. Por ejemplo, mientras que la estimulación del ovario aumenta la secreción de estrógeno, las concentraciones de FSH disminuyen. De la misma manera cuando las hormonas hipofisarias alcanzan cierto nivel, algunos núcleos hipotalámicos responde disminuyendo la producción de su hormona liberadora particular, un descenso en la secreción de hormona trópica hipofisaria, y un nivel más bajo para la función de la glándula blanco.
- **Retroalimentación positiva o estimuladora.** En este sistema, concentraciones crecientes de una hormona causa incrementos subsecuentes de otra hormona. Por ejemplo, un incremento en las concentraciones de estrógeno durante la fase preovulatoria activa una liberación abrupta de LH hipofisaria. Estos dos eventos están sincronizados con exactitud ya que es necesaria una oleada de LH para la ruptura del folículo ovárico.

d) Clasificación de las hormonas

La división clásica de las hormonas está basada en su estructura química: así, podemos citar las peptídicas, esteroides, compuestos derivados de aminoácidos y ácidos grasos. Ejemplos de cada tipo se encuentran indicados en la tabla 1.

Además de la clasificación por estructura química también podemos clasificarlas de acuerdo con las **acciones primarias** que producen. Así tenemos dos grandes grupos: el primer grupo está representado por **aquellas hormonas liposolubles que atraviesan fácilmente la membrana celular y reaccionan con receptores internos** (esteroides, hormonas tiroideas). Por lo tanto actúan directamente sobre la maquinaria genética de las células blanco y sus efectos suelen ser lentos y duradero (6).

El segundo grupo lo componen las **hormonas peptídicas hidrosolubles**, que no pueden entrar en la célula por su pequeña liposolubilidad; éstas **interaccionan con proteínas receptoras de membrana** iniciando reacciones en cascada que producen como punto final una respuesta celular rápida.

Otra forma de clasificar las hormonas es por su **origen**, así tenemos hormonas hipotalámicas, hormonas hipofisarias, hormonas tiroideas, hormonas gonadales, etc. (6).

Tabla 1. Clasificación de las hormonas reproductivas por su estructura química.

Hormonas	Lugar de origen
Peptídicas	
Hormona folículo estimulante (FSH)	Adenohipófisis
Hormona luteinizante (LH)	Adenohipófisis
Prolactina	Adenohipófisis
Oxitocina	Neurohipófisis
Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH)	Hipotálamo
Gonadotropina coriónica humana (hCG)	Placenta
Esteroides	
Estrógenos	Gónadas
Progesterona	Gónadas
Testosterona	Gónadas
Aminas	
Dopamina	Médula adrenal, SNC
Hormonas derivadas de ácidos grasos (o eicosanoides)	
Prostaglandinas	Tejidos

Fuente: Gill GN (6)

3.2.4 Endocrinología del ciclo estral

La hembra bovina presenta ciclos estrales a intervalos de 19 a 23 días, los cuales sólo son interrumpidos por la gestación o debido a alguna patología. El estro es el período de aceptación de la copula y tiene una duración de 12 a 18 horas. Durante el metaestro ocurre la ovulación y se desarrolla el cuerpo lúteo a partir del folículo ovulatorio, El diestro es la etapa más duradera del ciclo y se caracteriza por la presencia de un cuerpo lúteo. Si la gestación no se establece, el endometrio secreta prostaglandina (PGF2 α) lo que resulta en la regresión del cuerpo lúteo, reiniciándose un nuevo ciclo. (6).

a) Etapas del ciclo estral

El ciclo estral se divide en cuatro etapas bien definidas:

- **Estro:** En esta etapa la hembra acepta la cópula o la monta de una compañera de hato. Esta conducta es determinada por un incremento significativo de las concentraciones de estradiol producido por un folículo preovulatorio y por la ausencia de un cuerpo lúteo.

La conducta estral tiene como fin llamar la atención del macho para el apareamiento. Por efecto de los estrógenos la hembra está inquieta, camina más, interactúa con sus compañeras y acepta la monta de otra hembra (conducta homosexual). También los estrógenos provocan turgencia del útero, edema en los genitales externos y producción de moco cervical. La duración del estro es de 12 a 18 horas y es afectada por el tipo de ganado y por las condiciones ambientales. El inicio del estro guarda una relación temporal con la secreción ovulatoria de la Hormona luteinizante (LH) (pico de LH), ya que los estrógenos al mismo tiempo que provocan la conducta estral también desencadena el pico de la Hormona luteinizante (LH). Entre el inicio del estro y pico de la Hormona luteinizante (LH) transcurren de 2 a 6 horas, y en algunos casos estos dos eventos ocurren simultáneamente. La ovulación mantiene una relación temporal constante con el pico de la Hormona luteinizante (LH), en general, la ovulación ocurre de 28 a 39 horas después del pico de la Hormona luteinizante (LH), o visto de otra manera, de 30 a 36 horas después del inicio del estro (6).

- **Metaestro:** El metaestro es la etapa posterior al estro y tiene una duración de 4-5 días. Durante esta etapa ocurre la ovulación y se desarrolla el cuerpo lúteo. Después de la ovulación se observa una depresión en el lugar ocupado por el folículo ovulatorio (depresión ovulatoria) y posteriormente aparece el cuerpo hemorrágico, el cual es el 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. Un evento hormonal que se destaca en este período consiste en la presentación del pico pos-ovulatorio de la Hormona foliculoestimulante (FSH) que mantiene una relación directa con el inicio de la primera onda de desarrollo folicular. Algunas vacas presentan un sangrado conocido como sangrado metaestral (6).
- **Diestro:** El diestro es la etapa de mayor duración del ciclo estral (12 a 14 días). Durante esta etapa el cuerpo lúteo mantiene su plena funcionalidad, lo que se refleja en niveles sanguíneos de progesterona mayor de 1 ng/ml. Además, en esta fase se observan las ondas de desarrollo folicular, por lo cual se pueden observar folículos de diferente tamaño. Después de 12 – 14 días de exposición a progesterona el endometrio comienza a secretar prostaglandina (PGF₂α) en un patrón pulsátil, el cual termina con la vida del cuerpo lúteo y con el diestro. En términos endocrinos cuando el cuerpo lúteo pierde su funcionalidad, es decir, cuando las concentraciones de progesterona (P4) disminuyen por

debajo de 1ng/ml, termina el diestro y comienza el proestro. Cabe mencionar que, **GILL G.N.** (6); dice que durante esta etapa la Hormona luteinizante (LH) se secreta con una frecuencia muy baja, y la Hormona foliculoestimulante (FSH) tiene incrementos que coinciden con el inicio de las ondas de desarrollo folicular.

- **Proestro:** 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 en promedio de 2 a 3 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, lo cual se refleja en un incremento de las concentraciones de estradiol. Cuando los niveles de estradiol alcanzan su nivel máximo provocan el estro y desencadena el pico preovulatorio de LH, completándose así el ciclo estral.

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. Aunque no es muy usual es conveniente conocerla (6).

b) Desarrollo folicular

La hembra bovina nace con aproximadamente 200 000 folículos primordiales, de los cuales muy pocos (500-1500) inician su crecimiento en algún momento de su vida. El folículo primordial está formado por un ovocito desprovisto de la

zona pelúcida y rodeado por una capa de células epiteliales planas (pregranulosa). El crecimiento de estos folículos se inicia con la división de las células de la pregranulosa y la diferenciación del tejido conectivo que rodea al folículo, el cual da origen a la teca interna. El mecanismo que estimula el crecimiento de los folículos primordiales se desconoce; se sabe que este desarrollo inicial es independiente del estímulo de la Hormona folículo estimulante (FSH) y la Hormona luteinizante (LH) y que es modulado por sustancias producidas en el mismo ovario (sustancias parácrinas y autócrinas).

Conforme el folículo crece, se forma la capa que recubre al ovocito (zona pelúcida), la cual se origina a partir de un depósito de glicoproteínas. Posteriormente, comienza a secretarse líquido que se acumula entre las células de la granulosa con lo que se inicia la formación del antro. Una vez que el folículo se distiende por acumulación de líquido (líquido folicular), el ovocito se fija a la pared del folículo mediante el *cumulus oophorus*, el cual es un grupo de células derivadas de las células de la granulosa. Este proceso juega un papel importante en la fisiología del folículo, ya que el líquido folicular permite que las diferentes células se comuniquen por medio de hormonas y sustancias parácrinas o autócrinas. Además, el ovocito mantiene una comunicación estrecha con los diferentes compartimientos foliculares, lo cual regula su proceso de maduración.

El desarrollo folicular se ha clasificado en dos etapas: basal y tónica. La etapa basal comprende el crecimiento del folículo desde las primeras etapas hasta

que alcanza 3-4 mm de diámetro y este proceso es independiente de las gonadotropinas. La etapa tónica comprende el desarrollo del folículo a partir de 3-4 mm de diámetro hasta que se convierte en preovulatorio y es regulada por gonadotropinas. Esta última etapa se presenta en forma de oleadas constituidas por fases de reclutamiento, selección, dominancia y atresia. Durante el ciclo estral de la vaca se presentan entre 2 y 3 ondas foliculares. Las vacas que presentan 3 ondas foliculares tienden a tener un ciclo estral más largo (22 a 23 días) que las vacas que tienen 2 ondas (19 a 21 días). .

Las oleadas foliculares comienzan cuando hay un aumento en los niveles de la Hormona folículo estimulante (FSH), lo cual promueve el crecimiento de un grupo de 5 a 6 folículos antrales (3-4 mm diámetro), este proceso es conocido como reclutamiento. Posteriormente un folículo continúa creciendo y se separa del grupo (folículo dominante), mientras que sus compañeros (subordinados) sufren atresia. El folículo seleccionado ejerce dominancia mediante la inhibición de la diferenciación y crecimiento de los folículos subordinados. Así, el folículo dominante produce estrógenos e inhibina, hormonas que suprimen la secreción de la Hormona folículo estimulante (FSH), lo cual bloquea el crecimiento de los folículos subordinados, ya que ellos dependen totalmente del estímulo del folículo estimulante (FSH). En contraste, el folículo dominante continúa creciendo a pesar de haber concentraciones bajas de la Hormona folículo estimulante (FSH), debido a que cuando alcanza un diámetro de 9-10 mm adquiere receptores para la Hormona luteinizante (LH), y es esta hormona la que se encarga de estimular su crecimiento. El folículo dominante ejerce dominancia fisiológica de 4 a 6

días y si no llega a ovular, sufre atresia. Con la atresia del folículo dominante, los niveles de estradiol e inhibina disminuyen, lo que permite un incremento en las concentraciones de la Hormona Folículo estimulante (FSH), iniciándose una nueva oleada folicular. El folículo dominante se convierte en ovulatorio cuando ocurre la regresión natural del cuerpo lúteo, lo cual le permite terminar su maduración.

La atresia del folículo dominante, después de un periodo fisiológico de dominancia, depende de la frecuencia de secreción de la Hormona luteinizante (LH). Así, durante el diestro, la progesterona y los estrógenos se encargan de suprimir la frecuencia de secreción de la Hormona luteinizante (LH) (1 pulso cada 4-6 horas), lo que resulta en atresia del folículo dominante. Sin embargo, el folículo dominante que está presente cuando el cuerpo lúteo sufre regresión continúa su maduración y se convierte en ovulatorio, debido a que al disminuir los niveles de progesterona aumenta la frecuencia de secreción de la Hormona luteinizante (1 pulso cada 2-3 horas), lo cual le permite continuar con su desarrollo (7).

c) Desarrollo Folicular en Ganado Bos indicus.

El Ganado Bos indicus está ampliamente difundido en las regiones tropicales debido a su adaptación a estos ambientes. Aunque los datos sobre performance reproductivo han mostrado resultados mejores y peores que el Ganado Bos Taurus, existen muy pocas dudas de que las Vacas Bos indicus son superiores que las Bos Taurus cuando ambas se encuentran en ambientes subtropicales o tropicales, donde el estrés por altas temperaturas,

humedad, ectoparásitos y forrajes de baja calidad es mayor. Durante más de 30 años se estudiado la endocrinología reproductiva y el comportamiento del estro en las vacas *Bos indicus*, sin embargo, la aplicación de nuevas tecnologías como la ultrasonografía de tiempo real y el sistema Heat Watch en los últimos han incrementado nuestro conocimiento sobre dinámica folicular ovárica durante el ciclo estral y el momento de ovulación. La dinámica folicular ovárica de la vaca *Bos indicus* se caracteriza por la presencia de 2, 3 o 4 ondas de desarrollo folicular. Mientras que la dominancia es similar a las de vacas *Bos taurus*. El diámetro máximo del folículo dominante y del cuerpo lúteo (CL) son menores que los reportados en *Bos taurus* y probablemente se debe a una menor capacidad de secreción de la Hormona luteinizante (LH) que en las vacas *Bos taurus*. El estro dura aproximadamente 10 horas y el intervalo desde el estro a la ovulación es de alrededor de 27 horas. Sin embargo, la variabilidad en la respuesta a los tratamientos con prostaglandina ($PGF_{2\alpha}$) y la dificultad para la detección del estro en vacas *Bos indicus* han limitado la difusión de la Inseminación Artificial (IA) y enfatiza la necesidad de desarrollar tratamientos para controlar el desarrollo folicular y la ovulación.

Las vacas de raza *Bos indicus* han contribuido en forma significativa a la industria de la carne y leche en las zonas tropicales del mundo. Datos sobre la performance reproductiva tales como porcentaje de parición, supervivencia del ternero y porcentaje de destete han mostrado resultados superiores e inferiores en vacas *Bos indicus*. Sin embargo, existe poca duda de que las vacas *Bos indicus* son superiores que las *Bos taurus* cuando ambas están en ambientes tropicales o subtropicales, donde es mayor el estrés debido a altas

temperaturas, alta humedad, ectoparásitos y forrajes de baja calidad son mayores (8).

- **Características del ciclo estral en vacas *Bos indicus*.**

Se han reportado que la duración del ciclo estral es más corto en vacas *Bos indicus* que en vacas *Bos taurus* **Randel et al.**, (9). La duración promedio de celo en *Bos indicus* es de alrededor de 10 horas, con una variación entre 1,3 a 20 horas **Galina CS et al.**, (8). Aunque reportes anteriores y más recientes coinciden sobre la duración del estro, los datos sobre el intervalo desde el comienzo del celo hasta la ovulación difieren. Mientras que **Randel** (9) reportó un intervalo de aproximadamente 19 horas entre el comienzo del celo y la ovulación en vaquillonas Brahman, reportes más recientes han mostrado un intervalo de 25 a 29 horas **Pinhero OL et al.**, (10). No se conoce la razón de esta discrepancia. Sin embargo, puede haber diferencias en la precisión de la determinación de la ovulación, ya que en los estudios más nuevos se utilizó ultrasonografía y en los anteriores palpación transrectal.

También se han estudiado las características del pico preovulatorio de la Hormona luteinizante (LH) y el intervalo entre este pico y la ovulación. La concentración de la Hormona luteinizante en sangre durante el pico preovulatorio natural, inducido por estradiol o por Hormona liberadora de gonadotropina, fue más bajo en razas Brahman que en razas Británicas. El intervalo desde el aumento de estrógeno o la inyección de estradiol hasta el pico de la Hormona luteinizante fue significativamente más corto

en vaquillonas Brahman que en vaquillonas Brahman x Hereford o Hereford **Rhode RC et al., (11)**. En forma similar, **Randel (9)** reportó que las hembras Brahman tuvieron el aumento preovulatorio de la Hormona luteinizante (LH) más temprano en relación al estro y ovularon antes, después del pico preovulatorio de la Hormona luteinizante (LH) que las vaquillonas Hereford y cruza Brahman. Sin embargo, en dos estudios recientes el intervalo desde el aumento de la Hormona luteinizante (LH) a la ovulación (detectado por ultrasonografía) fue de $23,3 \pm 2.2$ horas (rango de 8 horas a 31 horas) y $25,9 \pm 6$ horas. Nuevamente, las diferencias, entre los estudios pueden ser debidas al método utilizado para determinar el momento de la ovulación, palpación transrectal en el primer estudio y ultrasonografía en el más reciente.

También se ha reportado que la estacionalidad afecta la ciclicidad en vacas *Bos indicus*. **Randel (9)** reportó que el invierno tiene una incidencia negativa sobre el pico preovulatorio de la Hormona luteinizante (LH) y las células luteales tienen menor respuesta a la Hormona luteinizante (LH) in vitro. Además, el porcentaje de concepción de las vacas Brahman fue mayor durante el verano (61%) que en otoño (36%; 39), y McGowan (12) también reportaron la ocurrencia de anestro y estros anovulatorios en hembras Brahman durante el invierno.

d) Desarrollo y control de la función del cuerpo lúteo

Cuando el folículo dominante completa su maduración produce niveles de estrógenos suficientes para provocar la liberación máxima de la hormona

liberadora de gonadotropinas (GnRH), lo cual desencadena el pico preovulatorio de la Hormona luteinizante (LH). Esta secreción de la hormona luteinizante (LH) provoca la ovulación e inicia los cambios necesarios para que el folículo se transforme en un cuerpo lúteo, proceso conocido como luteinización.

La luteinización consiste en todos los cambios morfológicos, endócrinos y enzimáticos que ocurren en el folículo ovulatorio hasta que este se transforma en un cuerpo lúteo. La luteinización comienza a partir de la elevación preovulatoria de la Hormona luteinizante (LH), aún antes de la ovulación.

La ovulación ocurre en promedio 30 horas después del pico preovulatorio de la Hormona luteinizante (LH); esta hormona regula los cambios a nivel de las paredes foliculares que conducen a la ruptura folicular (dehiscencia). Después de la ovulación, las células de la teca interna y de la granulosa migran y se distribuyen en las paredes del folículo. Las células de la teca interna se multiplican y diferencian en células lúteas chicas mientras que las células de la granulosa se hipertrofian y dan origen a las células lúteas grandes. Estos cambios son facilitados por la ruptura de la membrana basal que separa la capa de células de la granulosa de la teca interna. Concomitantemente comienza la formación de una amplia red de capilares que se distribuyen en todo el cuerpo lúteo en formación, y llegan a constituir hasta 20% del volumen del cuerpo lúteo maduro (6).

El cuerpo lúteo es uno de los órganos que muestran uno de los mayores índices de crecimiento. Así, en el segundo día después de la ovulación las concentraciones de progesterona en sangre comienzan a incrementarse, y en el quinto día ya se detectan concentraciones mayores de 1 ng/ml, lo que indica que el cuerpo lúteo ha adquirido su plena funcionalidad.

La progesterona es principalmente producto de secreción del cuerpo lúteo; ésta hormona actúa básicamente sobre los órganos genitales de la hembra, siendo responsable de la preparación del útero para el establecimiento y mantenimiento de la gestación. En la mucosa del oviducto y del útero, estimula la secreción de sustancias que nutrirán al embrión hasta que éste comience a nutrirse a través de la placenta. La progesterona suprime la respuesta inmune del útero, lo cual es necesario para evitar el rechazo del embrión. Además, la progesterona evita las contracciones del útero, cierra el cérvix y modifica las características del moco cervical, volviéndolo más viscoso, evitando el paso de agentes extraños al interior del útero. En la glándula mamaria estimula el desarrollo del sistema alveolar, preparándola para la síntesis y secreción de leche (6).

e) Regresión del cuerpo lúteo

El cuerpo lúteo es de los pocos órganos que tienen una fase de crecimiento, desarrollo y regresión. La regresión lútea es ocasionada por la secreción de prostaglandina (PGF₂α) de origen uterino, la cual actúa en las células lúteas promoviendo apoptosis (muerte celular programada).

El mecanismo por el cual se inicia la síntesis y secreción de la prostaglandina (PGF2 α) depende de una interacción entre el cuerpo lúteo, los folículos ováricos y el útero. Los estrógenos ováricos desempeñan un papel importante en el inicio de la secreción de la prostaglandina (PGF2 α), ya que promueven la síntesis de receptores para oxitocina. Además, los estrógenos estimulan en el endometrio la producción de la fosfolipasa A y la ciclooxigenasa, enzimas indispensables para la síntesis de prostaglandinas (PGF2 α).

Durante la fase lútea la progesterona inhibe la síntesis de la prostaglandina (PGF2 α), lo cual logra a través de la supresión de la síntesis de receptores a estradiol en el endometrio. Después de un periodo de 12 días de exposición a progesterona, los receptores de esta hormona se agotan y, en consecuencia, el endometrio se vuelve insensible a ella. Cuando esto ocurre, se sintetizan receptores a estradiol, lo que le permite al estradiol producido por el folículo dominante estimular la síntesis de receptores de oxitocina. En este momento el endometrio está listo para sintetizar y secretar prostaglandina (PGF2 α) en respuesta al estímulo de la oxitocina. El primer episodio de secreción de oxitocina, el cual desencadena el primer pulso de prostaglandina (PGF2 α), es de origen hipotalámico, mientras que los siguientes pulsos de prostaglandina (PGF2 α) son provocados por la oxitocina secretada por el cuerpo lúteo. La secreción de prostaglandina (PGF2 α) muestra un patrón pulsátil, es decir, se observan episodios de secreción a intervalos de 6 a 8 horas, los cuales son provocados por periodos de sensibilidad e insensibilidad del endometrio a la oxitocina. Lo anterior obedece a que se agotan los receptores de la oxitocina y toma de 6 a 8 horas su síntesis. La secreción pulsátil del prostaglandina

(PGF2 α) con el intervalo entre pulsos mencionado previamente es indispensable para provocar la luteólisis; sí el intervalo entre pulsos es mayor (14 horas) o si sólo se presenta un aumento de la secreción basal, la regresión lútea no ocurre.

Además de la prostaglandina (PGF2 α) de origen uterino, el cuerpo lúteo también produce prostaglandina (PGF2 α), la cual aumenta el efecto luteolítico de esta hormona. Resulta interesante que la falta de sensibilidad a la prostaglandina (PGF2 α) que se observa en los cuerpo lúteos inmaduros (primeros 5 días pos ovulación) obedece a que este periodo todavía no se ha establecido este mecanismo (6).

3.3. Sincronización de estros.

Los tratamientos para sincronizar el estro se basan en la destrucción del cuerpo lúteo mediante la administración de prostaglandina (PGF2 α), o en la inhibición de la ovulación a través de la administración de progestágenos (13).

a) Sincronización con Prostaglandina (PGF2 α).

La prostaglandina (PGF2 α) es una hormona producida en el endometrio, la cual provoca la regresión del cuerpo lúteo (CL), proceso que marca el fin del diestro y el inicio del proestro. La administración de prostaglandina (PGF2 α) entre los días 6 y 17 del ciclo estral produce la regresión del CL, lo que resulta en la presentación del estro en las siguientes 48 a 144 horas.

La prostaglandina (PGF₂α) se utiliza para la sincronización de los estros en grupos de vacas, y también se utiliza para la inducción del estro en forma individual en aquellas que tienen un cuerpo lúteo. La respuesta de los animales tratados es variable; en vaquillas se puede lograr hasta un 95% de animales en estro mientras que en vacas adultas, y particularmente con vacas en lactación, la respuesta fluctúa de 45 a 70%. Los factores más importantes que determinan la variación en la respuesta se tratan a continuación (14).

- **Precisión en la palpación rectal del cuerpo lúteo.**

La prostaglandina (PGF₂α) es efectiva sólo en las vacas que tienen un cuerpo lúteo funcional (CL del día 6 al 17 del ciclo). El error que se comete en mayor frecuencia, consiste en tratar a vacas que no tienen un cuerpo lúteo funcional. En pruebas realizadas con veterinarios se ha obtenido una precisión en la palpación del cuerpo lúteo (CL) de 80% lo cual significa que 20% de las vacas a las que se les diagnóstico un cuerpo lúteo (CL), no lo tienen, y, por lo tanto, no responden al tratamiento. Esto se explica, porque un cuerpo lúteo no funcional puede diagnosticarse morfológicamente como un cuerpo lúteo (CL) funcional, en la palpación rectal. Lo anterior se ha demostrado mediante estudios ecográficos de los ovarios simultáneamente con determinaciones de progesterona sanguínea, en los cuales se ha observado que algunas vacas tienen una estructura similar a un cuerpo lúteo (CL), pero no es funcional (2).

- **Efectividad de la prostaglandina (PGF2 α) para provocar regresión lútea.**

Frecuentemente se piensa que determinada prostaglandina (PGF2 α) comercial es más efectiva que otra. Se han probado diferentes marcas de prostaglandinas (PGF2 α) (naturales y análogos sintéticos), mediante la determinación de progesterona, y se ha encontrado que todas ellas destruyen con la misma eficacia el cuerpo lúteo (CL). En estos experimentos las concentraciones de progesterona alcanzaron niveles basales entre 24-36 horas después del tratamiento. Alrededor de 10% de las vacas con cuerpo lúteos funcionales no sufren regresión lútea, condición que no depende de la prostaglandina (PGF2 α), sino de las características del cuerpo lúteo (CL). Además, entre el día 4 y 5 del ciclo estral, el cuerpo lúteo (CL) no es susceptible al efecto luteolítico de la prostaglandina (PGF2 α).

En el pasado se pensó en la posibilidad de utilizar dosis reducidas de prostaglandina (PGF2 α) vía submucosa vaginal y vulvar o directamente en la luz del útero. Lo anterior obedece a que en condiciones fisiológicas, la prostaglandina (PGF2 α) llega al cuerpo lúteo (CL) en concentraciones muy bajas por una vía de circulación local. Los resultados obtenidos con estas técnicas son inconsistentes; el porcentaje de vacas con regresión lútea varía de 30 hasta 75%, lo que la hace impráctica (14).

- **Etapa del diestro en que se aplica la prostaglandina (PGF2 α).**

Después del tratamiento con prostaglandina (PGF2 α) el estro se presenta entre las 48 y 144 horas, concentrándose 75% de los estros entre 48 y 96 horas. La variabilidad en el tiempo de respuesta no depende de la rapidez con que la prostaglandina (PGF2 α) destruya el cuerpo lúteo (CL), sino de la etapa del diestro en que se administra la hormona. La causa de la variación de la respuesta, radica en las ondas de crecimiento folicular que ocurren durante el diestro; así, en la vaca se observan entre 2 y 3 ondas de desarrollo folicular; por este motivo, existe variabilidad en la población folicular entre vacas al momento del tratamiento. Se ha demostrado que si la vaca tiene un folículo de 10 mm de diámetro tarde menos tiempo (48 a 72 horas) en presentar el estro que una vaca que tiene folículos menores de 5 mm (> 72 horas). Esta condición ha limitado la utilización de la inseminación a tiempo fijo; en los trabajos realizados con este esquema los resultados de fertilidad han sido desastrosos. Actualmente hay técnicas que permiten homogenizar la población folicular para obtener una mejor sincronización del estro y de la ovulación, lo cual permite la inseminación a tiempo fijo, con buenos resultados (14).

- **Detección de estros.**

Frecuentemente las vacas tratadas con prostaglandinas (PGF2 α) tienen un cuerpo lúteo (CL) funcional y sufren luteólisis, pero no son detectadas en estro. Este es un tema que se revisa en el capítulo de inseminación artificial (2).

b) Doble inyección de prostaglandina (PGF2 α).

Además de la sincronización de las vacas seleccionadas por la presencia de un cuerpo lúteo diagnosticado mediante palpación rectal, existe otra posibilidad de sincronizar el estro sin palpación recta. En este esquema se administran dos dosis de prostaglandina (PGF2 α) con 11 o 14 días de separación. Así, en la primera inyección responden las vacas que estaban en diestro. Once o 14 días después de la primera intención, tanto las vacas que presentaron estro en la primera dosis como las que no, estarán en diestro. La elección de 11 o 14 días de separación entre las inyecciones de prostaglandina (PGF2 α) depende de las condiciones y del tipo de ganado (12).

c) Sincronización de la ovulación e inseminación a tiempo fijo.

- **Sincronización con GnRH/PGF2 α /GnRH, Tratamiento “Ovsynch”**

Hace ya mucho tiempo, se diseñó en EE UU un protocolo conocido como Ovsynch, cuya meta principal era disminuir la variación entre los animales en el momento de la ovulación luego del tratamiento con prostaglandina (PGF). Este protocolo utiliza análogos de hormona gonadotrópica (GnRH), seguido de la aplicación de prostaglandina (PGF) luego de 7 días, una segunda hormona gonadotrópica (GnRH) a las 48 h de la prostaglandina (PGF) y se realiza la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) a las 15 a 24 de la segunda hormona gonadotrópica (GnRH). La primera hormona gonadotrópica (GnRH) causa un pico de hormona luteinizante (LH) (2 h después) y esta a su vez provoca la ovulación del folículo dominante presente en el momento del tratamiento, surgiendo

una nueva onda de crecimiento folicular 2 a 3 días después. La prostaglandina (PGF) a los 7 días lisa el cuerpo lúteo (CL) y la segunda hormona gonadotrópica (GnRH) sincroniza la ovulación. Las tasas de concepción varían entre 26 a 55% en ganado Bos Taurus (15).

- **Sincronización con Progestágenos y Estradiol**

Desde hace más de 40 años se ha tratado de utilizar la progesterona (P4) para la sincronización de celos en el ganado bovino. Los animales recibían inyecciones diarias del esteroide en dosis variadas por períodos de hasta 20 días. Con el paso del tiempo fueron desarrollados otros métodos de administración y otros compuestos similares a la progesterona (P4), dentro de los cuales podemos citar los de administración oral como el acetato de melengestrol (MGA), los implantes subcutáneos de norgestomet y los dispositivos intravaginales con progesterona (P4) (16).

- **Sincronización con acetato de melengestrol (MGA) y prostaglandina (PGF2 α)**

El acetato de melengestrol (MGA) es un progestágeno de administración oral (se administra usualmente mezclado con granos) que existe en los EE UU desde hace muchos años. Entre las ventajas del acetato de melengestrol (MGA) se incluye el bajo costo y su extremadamente baja toxicidad. Los protocolos de sincronización con acetato de melengestrol (MGA) han resultado en una buena sincronización de celos pero baja fertilidad, debido al desarrollo de un

folículo persistente y la ovulación de un ovocito no viable. Por esto se desarrolló un protocolo alternativo que consiste en administrar 0.5 mg MGA/cabeza/día por 14 días, seguido de una inyección de prostaglandina (PGF₂α) 17 días después de suspenderse la administración de acetato de melengestrol (MGA). El porcentaje de preñez será óptimo si se insemina artificialmente (IA) a las 12 horas de observado el celo, pero los resultados con este esquema siguen dependiendo de la detección de celos (17).

- **Sincronización con Norgestomet y Valerato de Estradiol**

Los implantes de progestágenos que hay actualmente en el mercado (Crestar, Intervet) contienen 3 mg de norgestomet y son colocados en forma subcutánea en la oreja por un período de 9 o 10 días. Junto con la inserción del implante, se coloca una solución oleosa por vía intramuscular (IM) que contiene 5 mg de valerato de estradiol (EV, un estrógeno de vida media larga) y 3 mg de norgestomet. La solución oleosa será abreviada de aquí en adelante como NEV. El propósito original del norgestomet (NEV) era inducir la luteólisis con el Valerato de estradiol (EV) y obtener altos niveles inmediatos de progestágeno con los 3 mg de norgestomet. Luego se descubrió que el estrógeno de vida prolongada (EV) inducía también, a través de la supresión de los folículos presentes, el desarrollo de una nueva onda folicular 3 a 8 días después (10).

- **Sincronización con Progesterona, Benzoato de Estradiol y prostaglandina (PGF2 α).**

Existen actualmente en el mercado productos eficientes que liberan progesterona (P4) y son colocados en la vagina por un período de 7 u 8 días. El tratamiento más utilizado en ganado *Bos indicus* es igual al que se utiliza en ganado *Bos Taurus* y consiste en administrar 2 mg de benzoato de estradiol (EB) por vía intramuscular (IM) junto con la inserción del dispositivo (Día 0; para sincronizar el desarrollo folicular), remover el dispositivo y administrar prostaglandina (PGF2 α) en el Día 7 (para inducir la luteólisis), y administrar 1 mg de benzoato de estradiol (EB) en el Día 9 (para sincronizar la ovulación). Se realiza la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) entre las 30 – 50 y 60 horas después de la remoción del dispositivo. Es necesario enfatizar que es fundamental la aplicación de estrógenos en el inicio del tratamiento para 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 viable en el momento de retirar el dispositivo. Originalmente, el dispositivo era colocado en la vagina junto con una cápsula con 10 mg de benzoato de estradiol (EB), para inducir la regresión luteal y sincronizar el desarrollo folicular. Sin embargo desde el año 1996 se utiliza 2 mg de EB por vía IM porque se demostró que la cápsula de EB no es efectiva para sincronizar el desarrollo folicular y es menos eficaz que la prostaglandina (PGF2 α) para inducir la luteólisis. 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) (16).

d) Ventajas de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo.

- a. Mejoramiento genético del ganado en poco tiempo y a bajo costo a través de la utilización de semen de toros probadamente superiores para producción de carne y leche.
- b. La utilización de toros, tanto de carne como de leche, que no ocasionan problemas de parto.
- c. Pequeños productores tienen acceso a estos toros “superiores”, diversificando inclusive el uso de los mismos.
- d. En rodeos de carne, gracias a la inseminación artificial, podemos aprovechar los beneficios (vigor híbrido) del cruzamiento, sin tener la necesidad de contar con rodeos de diferentes razas.
- e. Podemos aumentar la cantidad de vientres productivos del establecimiento, al eliminar un porcentaje de los toros del rodeo (servicio natural).

- f. Control de enfermedades venéreas. Se definen a éstas como aquellas que se transmiten por la monta de los toros. Al eliminar a los toros del rodeo, hacemos un corte en la vía de transmisión de estas dolencias.
- g. Gracias a la inseminación artificial es posible la aplicación de programas de sincronización de celos y de sistemas de inseminación artificial a tiempo fijo.
- h. Concentración de los partos.
- i. Un manejo reproductivo más eficiente y ordenado en cuanto al manejo de los vientres vacíos.
- j. Nos permite obviar el inconveniente de la detección de celos.
- k. Permite el mejoramiento genético de un rodeo por la utilización de toros con DEP (diferencia esperada entre progenie).
- l. Producir un gran impacto genético en el rodeo por la posibilidad de incluir vacas con cría en programas de IA.
- m. Reducir el número de toros en cada servicio.
- n. Aumentar significativamente la cabeza de parición.
- o. Producir terneros más pesados y lotes homogéneos al destete.

- p. Control sobre enfermedades que pueden ser transmitidas sexualmente por los machos.

e) Factores que determinan la fertilidad en los programas de inseminación artificial.

- a. Momento de inseminación.
- b. Manejo de Semen
- c. Sitio de depósito del semen
- d. Salud reproductiva de las vacas inseminadas.
- e. Nutrición
- f. Estrés calórico

3.4 Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación es una práctica imprescindible en los programas de manejo reproductivo en el ganado bovino. Una vez que la vaca a sido inseminada es necesario saber, lo más rápido posible, si está gestante; en realidad, el diagnóstico de gestación está encaminado a encontrar a las vacas vacías, ya que éstas deben ser programadas nuevamente para ser inseminadas (18).

Existen diferentes opciones para el diagnóstico de gestación:

a) Retorno al estro

El retorno al estro después de la inseminación, es el primer signo que muestra la vaca cuando no queda gestante. Este signo es de mucha utilidad en el manejo del hato, ya que permite identificar fácilmente a las vacas que no gestaron después del servicio. No significa, sin embargo, que las vacas que no regresan al estro, están gestantes. En las condiciones de los hatos lecheros, en los cuales se detecta 50% de las vacas elegibles para presentar estro, el no retorno al estro post-inseminación sólo debe ser considerado como un signo sugerente de gestación. Estas vacas deben ser sujetas a métodos objetivos de diagnóstico de gestación.

b) Determinación de las concentraciones de progesterona

La medición de las concentraciones de progesterona en los días 20 a 24 post-inseminación permite saber con mayor objetividad el retorno al estro. Así, concentraciones basales indican que ha ocurrido la regresión lútea, lo que permite asumir con 100% de precisión que la vaca está vacía. En contraste, concentraciones altas (>1 ng/ml), permiten concluir con una precisión de 75 a 85%, que la vaca está gestante.

Los falsos positivos se deben a diferencias en la longitud del ciclo estral entre vacas, a quistes luteinizados, piómetra y a la inseminación de vacas durante el diestro.

c) Palpación del útero por vía rectal

Esta técnica es la más práctica y puede ser realizada con alta precisión por métodos veterinarios entrenados. Éste procedimiento se puede realizar con seguridad a partir de los 35 días post-inseminación. En ésta etapa de gestación se debe identificar la vesícula amniótica o el deslizamiento de las membranas corioalantoideas. Cualquiera de estos dos signos son positivos de gestación.

Conforme la gestación avanza, se deben encontrar otros signos positivos; así después del día 65 post-inseminación es posible palpar el feto y posterior al día 75 ya se pueden palpar los placentómas. Estos dos signos también son considerados positivos de gestación.

La confirmación de la gestación al momento del secado es importante, ya que permite identificar vacas que pudieron haber perdido la gestación (aborto o momificación fetal). En estos casos, estas vacas pueden seguirse ordeñando mientras se intenta preñarlas nuevamente. Si las vacas siguen abiertas y ya están secas, se puede inducir la lactancia artificial (2).

d) Ecografía

La ecografía de tiempo real es una técnica inocua, la cual ofrece excelentes ventajas para el diagnóstico precoz de gestación. Con el equipo de ecografía es posible diagnosticar una gestación a partir del día

20 post-inseminación; sin embargo, es más práctico y tiene menos falsos negativos cuando se hace en el día 30 post-inseminación.

El ecógrafo debe estar equipado con un transductor lineal de 5 o 7,5 MHz, el cual se protege con un guante y se introduce por vía rectal. En el día 30 se puede observar sin dificultad la vesícula amniótica y el latido cardiaco. Un aspecto que se debe considerar es que con el diagnóstico precoz de gestación se estará encontrando un número mayor de vacas gestantes, algunas de las cuales perderán irremediablemente la gestación y regresarán a estro. Esta condición es frecuente y se puede decir que es hasta normal; sin embargo, el ganadero debe estar informado que con esta técnica aumentará el diagnóstico de pérdidas embrionarias, las cuales no eran observadas cuando el diagnóstico se hacía en el día 40 a 45, mediante palpación rectal.

La ventaja del diagnóstico de gestación en el día 30 post-inseminación, radica en que se identifican a las vacas vacías cuando muchas de ellas están en el diestro temprano (días 6-8 del ciclo). Esto, permite sincronizarlas con técnicas convencionales, como la inyección de prostaglandina (PGF₂α) o se puede sincronizar la ovulación e inseminar a tiempo fijo (IATF) (2).

e) Pérdida de la gestación

- **Muerte embrionaria temprana.**
 - Antes de los días 16-19 post-servicio.

- Ocurre en 40-60% de los ovocitos fertilizados.
- Comprende 70-80% del total de pérdidas de las gestaciones.

- **Muerte embrionaria tardía.**
 - >16-19 días y antes de la organogénesis completa (~ día 42).
 - Comprende 5-15% del total de pérdidas de gestaciones.

- **Muerte fetal.**
 - Después del día 42.
 - Comprende 5-15% del total de pérdidas de gestaciones.

3.5. Chi cuadrado.

3.5.1. Prueba de homogeneidad

Estamos interesados en determinar si los datos correspondientes a dos o más muestras aleatorias provienen de la misma población. Nuevamente el conjunto de posibles valores de las observaciones se divide en k conjuntos disjuntos: A_1, A_2, \dots, A_K ; clasificando en ellas las observaciones de cada muestra. Si n_{ij} representa el número de observaciones de la muestra i que pertenecen al conjunto A_j , los datos pueden tabularse en lo que se denomina una tabla de contingencia.

Tabla 2. Tabla de contingencia.

<i>Muestra</i>	A_1	A_2	...	A_k	<i>Total</i>
1	n_{11}	n_{12}		n_{1k}	n_1
2	n_{21}	n_{22}		n_{2k}	n_2
...					
m	n_{m1}	n_{m2}		n_{mk}	n_m
<i>Total</i>	$n_{.1}$	$n_{.2}$		$n_{.k}$	n

Fuente: Monge (2000).

La hipótesis de que las m poblaciones son homogéneas, se traduce en que cada conjunto A_j debe tener una probabilidad teórica P_j , desconocida, pero que no varía de la población i a la población i' . Esto debe verificarse para todas las categorías, i.e., las categorías deben ser homogéneas en las diversas muestras (19).

a) Conceptos fundamentales.

Del mismo modo que la Prueba de Bondad de Ajuste, en este caso debemos comparar las frecuencias observadas en cada una de las muestras y para cada categoría con la frecuencia bajo el supuesto de homogeneidad en las poblaciones. En este caso las frecuencias observadas corresponden al número de individuos de la muestra i en la clase j , i.e., n_{ij} .

Es estadístico de contraste será
$$\chi^{2*} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$$

Donde e_{ij} es la frecuencia esperada bajo el supuesto de homogeneidad, que puede representarse como $n_i p_j$, es decir, el número de individuos en la muestra i por la probabilidad de que ocurra la característica j en la población.

Para el cálculo de las probabilidades de pertenecer un individuo a cada una de las categorías podemos utilizar:

$$\text{Por lo tanto: } e_{ij} = n_i * n_j / n$$

Observar que este valor será la suma de $n \cdot k$ números no negativos. El numerador de cada término es la diferencia entre la frecuencia observada y la frecuencia esperada **(19)**.

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODO (S)

4.1 Materiales

4.1.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se ejecutó del 05/06/2014 al 05/11/14 en el Fundo “El troncal”, de propiedad del Sr. Humberto Manosalva, en el Distrito de Rumizapa, provincia de Lamas, departamento San Martín.

Ubicación geográfica:

Latitud Sur : 06°28'50”
Longitud Oeste : 76° 29' 30”
Altitud : 340 m.s.n.m.m.

Ubicación política

Fundo : El Troncal
Distrito : Rumizapa
Provincia : Lamas
Región : San Martín

4.1.2 Vías de acceso

La principal vía de acceso al campo experimental es la carretera Fernando Belaunde Terry a la altura del km 12, con un desvío al margen derecho a 200 mts de la ciudad de Tarapoto.

4.1.3 Características edafoclimáticas

a. Características climáticas

Ecológicamente el lugar donde se desarrolló el presente trabajo de investigación es una zona de vida caracterizada por el Bosque Seco Tropical (bs-T), (Holdridge, 1970).

En el Cuadro 6 se muestra los datos meteorológicos reportados por SENAMHI (2012), que a continuación se indican.

Tabla 3. Datos meteorológicos.

Meses	Temperatura media mensual (°C)	Precipitación Total mensual (mm)	Humedad Relativa (%)
Enero	24.1	127.4	84
Febrero	23.2	70.2	86
Marzo	23.0	282.7	87
Total	70.3	480.3	257
Promedio	23.4	160.3	85.6

Fuente: SENAMHI (2014).

4.1.4 Materiales y equipos para Inseminación Artificial a Tiempo Fijo

- CIDR (DIB).
- Lutalyse.
- Estrovet.
- Pistola Universal para Inseminación Artificial.
- Corta pajillas de plástico moderno.
- Fundas plásticas descartables.
- Termómetro de tarjeta.
- Tubo porta fundas de plástico.
- Guantes al hombro de Inseminación.
- Regla plástica para medir nitrógeno.

4.2 Metodología

4.2.1 Antecedentes del campo

En el Fundo Ganadero “El Troncal”, se viene desarrollando una ganadería de bovinos de carne, con la finalidad de potenciar las buenas prácticas ganaderas y el comercio de la ganadería de carne, con la raza Brahman como pie de cría, cuenta con un aproximado de 100 hectáreas.

4.2.2 Diseño experimental

En la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó el Diseño Estadístico de chi cuadrado en 3 tratamientos.

4.2.3 Componentes estudiados

a. Raza

Brahman: Bovino *bos indicus*.

b. Progesterona

CIDR (Eazi-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health): Liberación de progesterona (P4) (1 ng/ml), insertado en la vagina por 7 días.

c. Estrógenos

Estrovet: Estrógeno sintético, inyección intramuscular en los días 0 y 8 (2mg – 1mg).

d. Prostaglandina

Lutalyse (Lutalyse, Pfizer Animal Health): Prostaglandina sintética, inyección intramuscular en el día 7 pos retiro del dispositivo intravaginal (DIB) (25 mg).

4.2.4 Detalle del campo experimental

a. Campo experimental

Tabla 4. Tratamientos estudiados

Tratamientos	Descripción
To	20 bovinos de Inseminación Artificial (IA) a celo natural.
T1	20 vacas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF)
T2	20 vaquillas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF).

4.2.5 Conducción del experimento

a. Acondicionamiento del hato ganadero

Se seleccionó y verifico el estado de los potreros en los cuales se iban a separar los bovinos de acuerdo a al tratamiento (T1: vaca y T2: vaquillas).

b. Selección de vacas a sincronizar estros.

Se realizó el 05/08/2014, seleccionando así a través de la palpación transrectal en 20 vacas de la raza Brahman, para determinar el estado de los ovarios, si no existía gestación ya que algunas de estas habían estado con toro, además se evaluó la Condición corporal (CC) fue evaluada del 1 a 5 **(20)**, por lo que se determinó que la mejor condición corporal (CC) es de 3 – 3.5, con un peso promedio de 250 – 300 Kg. PV al inicio de la investigación.

c. Protocolo 1 (IATF en vacas)

En el día cero (0), en 20 vacas, se colocó el dispositivo intravaginal CIDR (Eazi-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health) así como también 2 mg (0,7 ml) de Estrovet (Benzoato de estradiol, MONTANA SAC) por vía intramuscular (IM).

Se retiró el dispositivo CIDR en el día 7 y se aplicaron 25 mg (5ml) de PGF2 α (Lutalyse, Pfizer Animal Health) por vía intramuscular (IM). Al día 8 se aplicó 1 mg (0.4 ml) de Estrovet (Benzoato de estradiol, MONTANA SAC) por vía intramuscular (IM), según recomendaciones y criterio del profesional. Este procedimiento se realizó el 05/08/2014.

d. Selección de vaquillas a sincronizar estros.

Se realizó el 05/09/2014, seleccionando así a través de la palpación transrectal en 20 vaquillas de la raza Brahman, para determinar el estado de los ovarios, además se evaluó la condición corporal (CC) fue evaluada del 1 a 5, por lo que se determinó que la mejor CC es de 3 – 3,5 con un peso promedio de 250 – 300 kg PV, en éstas se tuvo en cuenta la edad, de 19 – 31 meses, por ser el inicio de la etapa reproductiva que mejores resultados a dado en el trópico.

e. Protocolo 2 (IATF en vaquillas)

En el días cero (0), en 20 vaquillas, se colocó el dispositivo intravaginal CIDR (Eazi-Breed CIDR®, Pfizer Animal Health) así como también 2 mg (0.7 ml) de Estrovet (Benzoato de estradiol, MONTANA SAC) por vía intramuscular (IM).

Se retiró el dispositivo CIDR en el día 7 y se aplicaron 25 mg (5ml) de PGF2 α (Lutalyse, Pfizer Animal Health) por vía intramuscular (IM). Al día 8 se aplicó 1 mg (0.4 ml) de Estrovet (Benzoato de estradiol, MONTANA SAC) por vía intramuscular (IM), según recomendaciones y criterio del profesional. Este procedimiento se realizó el 05/09/2014.

4.3 Variables evaluadas

a. Porcentaje de fertilidad

Tanto a las vacas como vaquillas se les realizó una palpación transrectal 45 días post inseminación artificial, para determinar si hay cambios

macroscópicos del aparato reproductor (cuello, útero y ovarios) y darnos un diagnóstico de preñez, ya que tras este examen rectal se obtiene un 90% de certeza en animales preñados entre los días 40 y los cinco meses de gestación y un 100% en animales vacíos normales (21). Sin embargo, el porcentaje de certeza disminuye a medida que aumenta el número de partos del animal.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Resultados:

5.1.1. GRUPO 1: Vacas, vaquillas, testigo.

Tabla 5. Promedio – Porcentaje de fertilidad para Vacas, Vaquillas y Testigo.

Muestra	Preñadas	No preñadas	Porcentaje de Fertilidad (%)
Vaquillas	10	10	50
Vacas	14	6	70
Testigo	16	4	80
Promedio	13,33	6,67	

Tabla 6. Prueba de homogeneidad.

Muestra	Preñadas	No preñadas	Chi Observado
Vaquillas	0,83	1,67	4,20
Vacas	0,03	0,06	
Testigo	0,53	1,06	
Suma	1,4	2,8	
Chi Tabular	5,99		

Como nuestro Chi observado (4,2), es menor que nuestro Chi tabular (5,99), aceptamos nuestra hipótesis nula H_0 .

Por lo tanto concluimos que: Existe homogeneidad en los grupos, entonces no existe diferencia en el diagnóstico de preñez al aplicar el tratamiento.

5.1.2. GRUPO 2: Vacas, testigo.

Tabla 7. Promedio – Porcentaje de fertilidad para Vacas y Testigo.

Muestra	Preñadas	No preñadas	Porcentaje de Fertilidad (%)
Vacas	14	6	70
Testigo	16	4	80
Promedio	15	5	

Tabla 8. Prueba de homogeneidad.

Muestra	Preñadas	No preñadas	Chi Observado
Vacas	0.067	0,2	0,53
Testigo	0.067	0,2	
Suma	0.133	0,4	
Chi Tabular	3,84		

Como nuestro Chi observado (0,53), es menor que nuestro Chi tabular (3,84), aceptamos nuestra hipótesis nula Ho.

Por lo tanto concluimos que: Existe homogeneidad en los grupos,

entonces no existe diferencia en el diagnóstico de preñez al aplicar el tratamiento.

5.1.3. GRUPO 3: Vaquillas, testigo.

Tabla 9. Promedio – Porcentaje de fertilidad para Vaquillas y Testigo.

Muestra	Preñadas	No preñadas	Porcentaje de Fertilidad (%)
Vaquillas	10	10	50
Testigo	16	4	80
Promedio	13	7	

Tabla 10. Prueba de homogeneidad

Muestra	Preñadas	No preñadas	Chi Observado
Vaquillas	0.692	1,285	3,96
Testigo	0.692	1,285	
Suma	1.384	2,571	
Chi Tabular	3,84		

Como nuestro Chi observado (3,96), es menor que nuestro Chi tabular (3,84), aceptamos nuestra hipótesis alternante H1.

Por lo tanto concluimos que: No existe homogeneidad en los grupos, entonces existe diferencia en el diagnóstico de preñez al aplicar el tratamiento.

5.2. Discusiones:

5.2.1. Porcentaje de fertilidad

En el GRUPO 1 donde se compararon el Testigo (To), Tratamiento 1 (T1) y Tratamiento 2 (T2), el análisis de investigación de Chi cuadrado, estadísticamente nos dice que, existe homogeneidad dentro de los tratamientos debido a que el Chi observado 4,20 es menor al Chi tabular 5,99.

Traduciéndose que la no diferencia entre tratamientos se debió a las condiciones intrínsecas propias de la raza de bovino estudiada, así como a la condición corporal y la alimentación (12%), trayendo como consecuencia una serie de cambios fisiológicos y metabólicos propios del organismo animal, que pudo intervenir en la recepción y funcionamiento normal, o por acción propiamente dicha de las hormonas, argumento que son corroborados por (22).

En el GRUPO 2 donde se compararon Testigo (To) y Tratamiento (T1); el análisis de investigación de Chi cuadrado, estadísticamente nos demuestra que existe homogeneidad dentro de los tratamientos debido a que el Chi observado 0,53 es menor al Chi tabular 3,84.

Interpretándose que la no diferencia entre tratamientos se debió a las condiciones intrínsecas propias de la raza de bovino estudiada, así como a la condición corporal y la alimentación (12%), trayendo como consecuencia una serie de cambios fisiológicos y metabólicos propios del organismo animal, que

pudo intervenir en la recepción y funcionamiento normal, o por acción propiamente dicha de las hormonas, indicio que son ratificados por (22).

En el GRUPO 3 donde se compararon Testigo (To) y Tratamiento 2 (T2), el análisis de investigación de Chi cuadrado, estadísticamente podemos decir que existe diferencia significativa por los resultados y que el testigo es por elección el de mejor rendimiento, debido a que el Chi observado 3,96 es mayor al Chi tabular 3,84.

A pesar de que fisiológicamente todos los procesos que se dan de manera natural son de mejores resultados, al momento de la elección del mejor tratamiento, para aumentar la eficiencia reproductiva en el hato ganadero, hay que tener en cuenta, las grandes ventajas de implementar protocolos de sincronización de celos, estos nos permiten inseminar vacas sin la necesidad de observar el celo, tener terneros más homogéneos al momento del destete, aumentar significativamente la cabeza de parición, etc., en el presente proyecto quedó demostrado que el protocolo de sincronización de estros, obtuvo mejores resultados en vacas, y que en vaquillas se puede manejar, en menor número, manifiesto que es reafirmado por (13).

Entonces se deduce, que el Chi cuadrado, detectó que el porcentaje de preñez de mayor rendimiento es el testigo con 80% de gestación, pero en los objetivos específicamente se necesita saber cuál es el mayor porcentaje de vientres preñados; después de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF). Por lo tanto, a pesar de que el chi cuadrado nos muestra los resultados

independientemente de ellos mismos, descriptivamente, podemos notar, una diferencia significativa en cuanto al porcentaje de preñez, entre vacas y vaquillas.

Determinando así que el de mayor porcentaje de preñez fueron las vacas con un 70% y un 50% de las vaquillas, permitido gracias a la técnica de palpación transrectal que se da a los 45 días post-inseminación artificial.

Esto se puede deber a que la condición corporal estaba bajo 3 ($CC > 3$), independientemente del tratamiento elegido, la condición corporal es un factor excluyente en los resultados de preñez a Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF). Los resultados pueden variar alrededor del 30% en vacas con condición corporal ($CC < 2,5$) hasta un 65% en vaquillas en una condición corporal ($CC > 3$) (escala del 1 al 5) (20).

Finalmente, la selección del programa más adecuado dependerá de otros factores no fisiológicos como la eficiencia de la detección de celos, destreza del veterinario en la palpación rectal, presupuesto disponible por hembra para gastar en tratamientos, costo de la dosis de semen, disponibilidad de mano de obra calificada, instalaciones disponibles y fundamentalmente de los objetivos del programa de mejoramiento genético del establecimiento, como fisiológicamente de la alimentación y condición corporal del animal.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

De los resultados del trabajo realizado se concluye lo siguiente:

- 7.1** Al evaluar la eficiencia de los dispositivos intravaginales (progestágenos-EB), como único protocolo, donde el Tratamiento 1 (20 vacas) con 70 % de fertilidad obtuvo mejor rendimiento sobre el tratamiento 2 (20 vaquillas) con 50% de fertilidad, indicando que se debe manejar en menor número las vaquillas al momento de la selección.

- 7.2** El testigo (20 bovinos, celo natural) logró el mayor rendimiento con 80% de Fertilidad, sobre el Tratamiento 1 (20 vacas) con 70% de fertilidad y el Tratamiento 2 (20 vaquillas) con 50% de fertilidad; esto va depender tanto de factores fisiológicos (Condición corporal, Enfermedades reproductivas, etc.), como de factores no fisiológicos (Alimentación, clima, destreza del veterinario, etc.).

- 7.3** La inclusión de la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo, nos permite alcanzar un progreso genético, para tener una mejora en la calidad de nuestros hatos ganaderos, sería de mucha importancia en San Martín, que se caracteriza por tener una producción semi-extensivo con problemas de detección de celos y poco personal técnico calificado.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- 8.1** En los programas de sincronización, utilizar el que mejor se adecue al tipo de explotación ganadera (leche y carne); en este caso hay que tener cuidado en la utilización de las hormonas, para ello al momento de la selección de los animales a sincronizar, tenemos que palpar ovarios y a través de ellos identificar estructuras, tamaño; estas características evitan que los animales puedan quedar en anestro o alguna anomalía en estos y no queden preñadas.

- 8.2.** Respetar mucho los horarios, ya que cuando se trabaja con hormonas se deben hacer a horas idénticas, y no generar anomalías en el funcionamiento del aparato reproductor de la hembra, obteniendo eficacia en el protocolo de sincronización de estros.

- 8.3.** Principalmente el efecto y el éxito de estos programas de sincronización de estros se debe a la salud reproductiva (Sin Metritis, Mastitis, etc.), buena nutrición y ahora en día más que la edad de los animales se debe hacer cuando la hembra alcanza el peso ideal (250 kg).

CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFIA

1. **Ostrowski J.E.B.** Teriogenología IV, Temas sobre Fisiopatología de la Reproducción en Bovinos, ovinos y porcinos. Buenos Aires: Hemisferio Sur; 1987.
2. **Zemjanis R.** Reproducción Animal, Diagnóstico y Técnicas terapéuticas. México: Ed. Limusa; 1987.
3. **McDonald L.E, Capen C. C.** Introducción en: Endocrinología Veterinaria y Reproducción. México, Interamericana; 1991.
4. **Spörri H, Stünzl H.** Fisiopatología Veterinaria. Zaragoza: Acribia; 1977.
5. **CAPEN CC, Martin SL.** Endocrinología y Reproducción Veterinaria. México: Interamericana; 1989.
6. **GILL G.N.** Sistema endocrino, En: Bases Fisiológicas de la práctica médica. Buenos Aires: Panamericana; 1986.
7. **ROBERTS S.J.** Obstetricia Veterinaria y Patología de la Reproducción. Teriogenología. 1a. ed. Buenos Aires: Hemisferio sur; 1979.
8. **GALINA C.S, Arthur GH.** Revisión sobre la reproducción de ganado en los trópicos. Part 4. Ciclo estral. Anim. Raza. Abstr. 58, 697-707; 1990.
9. **RANDEL R.D.** LH y la ovulación en Brahman, Brahman x Hereford y Hereford heifers. J. Anim. Sci. 43, 300; 1976.
10. **PINHEIRO O.L, Barros C.M, Figueredo R.A, Valle E.R, Padovani C.R.** El comportamiento estral y el estro a la ovulación interna en ganado Nelore (*Bos indicus*) con estro natural o estro inducido con prostaglandina o Norgestomet y Valerato de estradiol. Teriogenología 49, 667-681; 1998.

11. **RHODE R.C. III, Randel R.D, Harms P.G.** Estudios de reproducción de ganado Brahman. IV. Niveles de Hormona luteinizante en ovariectomizadas en Brahman, Brahman x vacas Hereford y Hereford después de una dosis de 20 mg de estradiol - 17β . Teriogenología 10, 429-437; 1978.
12. **McGOWAN M.R.** Sincronización de celos y programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado *Bos indicus* y cruce *Bos indicus*. Buenos Aires: Hemisferio Sur; 1999.
13. **BARROS, C.M.** Sincronización del estro y ovulación en cebuinos. Quinto Congreso Argentino de Reproducción Animal, CABIA, Argentina; CD; 2000.
14. **XU, Z. Z., I. J. Burton and K.L. Macmillan.** Comportamiento reproductivo de vacas lecheras en lactancia después de regimenes de sincronización del estro con prostaglandina $PGF2\alpha$ y progesterone. Teriogenología. 47: 687-701; 1997,
15. **BARUSELLI, P.S, Madureira, E.H., Marques, M.O.** Programas de IA a tiempo fijo en *Bos indicus*. Resúmenes. Cuarto Simposio Internacional de Reproducción Animal. Argentina: Huerta Grande, Córdoba 95-116; 2001.
16. **BÓ, G.A., Cutaia, L., Brogliatti, G.M., Medina, M., Tríbulo, R., Tribulo, H.** Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en Ganado bovino utilizando progestágenos y estradiol. Resúmenes Cuarto Simposio Internacional de Reproducción Animal. Argentina: Huerta Grande, Córdoba; 117-136; 2001.
17. **BARBUJO J.P.** Sincronización de la ovulación con GnRH o benzoato de estradiol después del tratamiento con MGA/17beta-estradiol+progesterone/ $PGF2\alpha$ en novillas Nelore (*Bos Taurus indicus*). [Tesis de Maestría]. Brazil: Universidad de Sao Paulo – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; 2000.

18. **DERIVAUX L, PERUSSIA O.** Fisiopatología de la Gestación y Obstetricia Veterinaria. Zaragoza: Acribia; 2002.
19. **MONGE J. F, Ivars Ángel A. J. Pérez,** Estadística no paramétrica; 2000.
20. **LEMASTER J.W, J. V. Yelich, J. R. Kempfer, F. N. Schrick.** Características de la ovulación y el estro en novillas mestizas Brahman tratados con progesterona intravaginal, y la liberación de injerto en combinación con prostaglandina F2-alfa y benzoate de estradiol. Zaragoza: Acribia; 1999.
21. **WISE T.H, Caton D, Thatcher W.W, Barron DH, Fields M.J.** La función ovárica durante el ciclo estral de la vaca: El flujo sanguíneo del ovario y la velocidad de liberación de la progesterona. Argentina: Cordova; 1982.
22. **BARROS, C.M., Moreira, M.B.B., Figueiredo, R.A., Teixeira, A.B., Trinca, L.A.** La sincronización de la ovulación en vacas de carne (*Bos indicus*), el uso de GnRH, PGF2 α y benzoato de estradiol, *Teriogenología*; 53: 1121-34; 2000.
23. **CARCEDO, J., Alonso, N., Menajovsky, J., Alvarez, C.** Comparación de dos métodos de sincronización de celos e inseminación de celos e inseminación artificial a tiempo fijo en vaquillonas cruzas cebú. Resúmenes Tercer Simposio Internacional de Reproducción Animal, Carlos Par, Argentina; 189 abstracto; 1990.
24. **COLE H. H, Cupps P.T.** Reproducción e inseminación artificial en animales. Zaragoza: Acribia; 1984.
25. **ERB R.E, Randel R.D, Callahan C.J.** Cambios de esteroides sexuales femeninos durante el ciclo reproductivo. Buenos Aires: Hemisferio Sur; 1980.

26. **GRIFFIN J.L, Randel R.D.** Estudios de reproducción de ganado Brahman. II Hormona luteinizante patrones en vacas Brahman y Hereford ovariectomizadas, antes y después de la inyección de la Hormona liberadora de gonadotropina. Teriogenología 9, 437-446; 1978.

27. **MANUAL REPRODUCTIVO EN BOVINOS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CARNE.** México: Libro electrónico-UNAM-FMVYZ; 2000.

28. **STHRINGER R.C, Neuendorff D.A, Randel R.D.** Variaciones estacionales en la característica de ciclos de estro en novillas Brahman puberal. Teriogenología 34, 407-415; 1990.

29. **TAYA K, Kaneko H, Takedomi T, Kishi H, Watanabe G.** Papel de la inhibina en la regulación de la secreción de FSH y folicogénesis de vacas. Anim Reprod Sci 42: 563-570; 1996.

ANEXO

ANEXO 1: Datos de evaluaciones realizadas.

Cuadro 11. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en vacas, diagnóstico de preñez.

#ARETE O NOMBRE	FECHA DE IA	FECHA DE PALPACION TRANSRECTAL	DIAGNOSTICO DE PREÑEZ O VACIA**	PAJILLA UTILIZADA
195-095	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
104-004	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
150-150	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
167-163	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
164-164	05/08/2014	19/09/2014	V	MR. JS 515/1 MAXIMUS
165-005	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
165-165	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
169-169	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. V8 380/6
171-171	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
178-178	05/08/2014	19/09/2014	V	LA INDALIA 993/0
101-181	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
184-184	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
201-201	05/08/2014	19/09/2014	V	MR. V8 380/6
202-202	05/08/2014	19/09/2014	V	MR. JS 515/1 MAXIMUS
208-206	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. chorro
221-221	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
227-227	05/08/2014	19/09/2014	V	MR. V8 240/8
241-244	05/08/2014	19/09/2014	V	MR. V8 240/6
236-236	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. V8 240/7
245-245	05/08/2014	19/09/2014	P	MR. V8 240/8

**** Resultados que nos permiten realizar el análisis estadístico de chi cuadrado**

Cuadro 12. IATF en vaquillas, diagnóstico de preñez

#ARETE O NOMBRE	FECHA DE IA	FECHA DE PALPACION TRANSRECTAL	DIAGNOSTICO DE PREÑEZ O VACIA	PAJILLA UTILIZADA
113-083	05/09/2014	20/10/2014	P	MR. chorro 2656
151-151	05/09/2014	20/10/2014	P	MR. V8 380/6
153-	05/09/2014	20/10/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
160-168	05/09/2014	20/10/2014	V	SHORTHORN DIAMOND
161-	05/09/2014	20/10/2014	V	MR. JS 515/1 MAXIMUS
162-	05/09/2014	20/10/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
172-	05/09/2014	20/10/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
173-173	05/09/2014	20/10/2014	V	MR. V8 380/6
174-	05/09/2014	20/10/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
194-	05/09/2014	20/10/2014	V	MR. JS 515/1 MAXIMUS
195-	05/09/2014	20/10/2014	V	MR. V8 240/6
196-	05/09/2014	20/10/2014	P	SHORTHORN
190-190	05/09/2014	20/10/2014	V	MR. V8 380/6
199-	05/09/2014	20/10/2014	V	MR. HH 080 MOSHO
213-	05/09/2014	20/10/2014	P	MR. chorro
214-	05/09/2014	20/10/2014	P	MR. V8 240/7
215-	05/09/2014	20/10/2014	V	MR. V8 240/8
216-	05/09/2014	20/10/2014	V	MR. V8 240/6
218-	05/09/2014	20/10/2014	V	MR. V8 240/7
219-	05/09/2014	20/10/2014	P	MR. V8 240/8

Cuadro 13. IA con celo natural, diagnóstico de preñez

# Arete o Nombre	Fecha de inseminación	Fecha de palpación transrectal	Diagnóstico de Preñez o vacía	Pajilla utilizada
121-021	14/08/2014	28/09/2014	P	MR. chorro 2656
O57-057	25/08/2014	09/10/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
O58-058	10/09/2014	25/10/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
O62-062	21/08/2014	05/10/2014	P	MR.V8 380/6
O74-074	11/09/2014	26/10/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
O77-077	14/09/2014	29/10/2014	P	MR. V8 380/6
O82-082	26/08/2014	10/10/2014	P	MR.V8 380/6
O36-096	12/09/2014	27/10/2014	V	MR.V8 380/7
O37-098	20/08/2014	04/10/2014	P	MR.V8 380/8
O99-059	07/09/2014	22/10/2014	P	SHORTHORN DIAMOND
101-101	08/08/2014	22/09/2014	V	MR. JS 515/1 MAXIMUS
A2-102	13/09/2014	28/10/2014	P	MR. JS 515/1 MAXIMUS
129-	14/08/2014	28/09/2014	V	MR. V8 240/6
136-136	24/08/2014	08/10/2014	P	SHORTHORN DIAMOND
154-	15/08/2014	29/09/2014	P	SHORTHORN DIAMOND
155-	14/08/2014	28/09/2014	P	LA INDALIA 993/0
156-	10/09/2014	25/10/2014	P	SHORTHORN DIAMOND
157-	05/09/2014	20/10/2014	V	LA INDALIA 993/0
190-198	09/09/2014	24/10/2014	P	MR. V8 240/6
151-158	03/08/2014	27/09/2014	P	MR. V8 240/7

ANEXO 2: Costo de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo.

Cuadro 14. Costo por unidad (Vaca y/o vaquilla) de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo.

Producto y/o Servicio	Presentación	Costo Unitario	Costo Total
CIDR	Unidad	60	60
Lutalyse	Unidad	15.84	15.84
Estrovet	Unidad	1.1	1.1
Semen Importado (Brahman)	Unidad	80	80
Servicio IA	Unidad	40	40
Costo Total			196.94