



Universidad Nacional  
Abierta y a Distancia



PROCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO Y OVULACIÓN EN BOVINOS EN  
COLOMBIA

MONOGRAFIA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROGRAMA: ZOOTECNIA

2.017





Universidad Nacional  
Abierta y a Distancia



PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO Y OVULACIÓN EN BOVINOS EN  
COLOMBIA.

GILBERTO MEZA CONTRERAS

CC 5480004

CEL: 3132947731

CORREO: [gilbertomeza59@hotmail.com](mailto:gilbertomeza59@hotmail.com)

MONOGRAFIA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROGRAMA: ZOOTECNIA

2.017



Nota De Aceptación

---

Jurado 1

---

Jurado 2

Pamplona, 2018



## Agradecimientos

Agradezco a Dios por cumplir mi sueño de culminar mi carrera profesional como zootecnista, a mi familia por el apoyo brindado y su tiempo que no he podido compartir por dedicarme a este sueño realizado.

A la UNAD por ser la institución en donde pude realizar mi sueño y por darnos las herramientas para la vida profesional.

Al Doctor LUIS ERNESTO QUINTERO VILLAMIZAR, médico veterinario que me aportó su conocimiento para crecer profesionalmente y prestarme su asesoría.

Al Doctor DIXON FABIÁN FLÓREZ DELGADO por ser mi asesor en la monografía y por el apoyo en este proyecto.

A la UNIVERSIDAD DE PAMPLONA y al doctor DENNIS QUINTERO por su aporte al crecimiento profesional.

A los protocolos que se están aplicando en la región de Norte De Santander.

A los compañeros que compartieron durante el transcurso de esta mi carrera de zootecnia.



## Tabla De Contenido

Resumen.....	12
Introducción .....	13
1. Planteamiento del problema.....	14
1.1. Descripción: .....	14
1.2. Formulación: .....	15
1.3. Justificación .....	15
2. Objetivos .....	17
2.1. General.....	17
2.2. Específicos .....	17
3. Marco Referencial .....	18
4. Anatomía Reproductiva De La Hembra.....	20
4.1. Ovarios.....	23
4.2. Folículos.....	24
4.3. Cuerpo Hemorrágico.....	25
4.4. Cuerpo Lúteo .....	25
4.5. Cuerpo Albicans.....	26
4.6. Útero .....	27
4.7. Cérvix.....	29
4.8. Vagina .....	30
4.9. Genitales Externos .....	31
5. Fisiología Reproductiva del Bovino.....	32
5.1. Foliculogénesis .....	32
5.2. Desarrollo del Folículo. ....	33
5.3. Reclutamiento Folicular.....	35
5.4. Selección y Discrepancia del Folículo Dominante .....	36
5.5. Hormonas Gonadotróficas .....	40
5.6. Desarrollo folicular en la etapa “folicular” y “de cuerpo amarillo” .....	41
5.7. Maduración del óvulo .....	41
5.8. Ovulación.....	41
5.9. Gestación Y División.....	45
5.10. Desarrollo De Pronúcleos Y Singamia .....	48



5.11.	Segmentación .....	52
5.12.	Acondicionamiento uterino, transporte e inicio de segregaciones del cigoto.....	53
5.13.	Blastocisto, crecimiento y surgimiento.....	56
6.	Endocrinología .....	59
6.1.	Endocrina Estral.....	59
6.2.	Fisiología del periodo estral de la vaca.....	63
6.3.	Hormonas de la Reproducción.....	66
7.	Biotecnologías Reproductivas.....	70
7.1.	Evolución en ganado bovino.....	70
7.2.	Técnica de Reproducción In Vitro De Embriones.....	75
7.2.1.	Técnica y Procedimientos de la Producción In Vitro De Embriones .....	75
7.3.	Protocolos de Sincronización de Celo.....	76
7.4.	Presupuesto de Protocolo .....	90
	Conclusiones del trabajo .....	92
	Recomendaciones.....	94
	BIBLIOGRAFIA.....	96



## Tabla De Tablas

TABLA 1: PERÍODOS DEL CICLO ESTRAL DEL BOVINO.....	18
TABLA 2: CARACTERÍSTICAS DE LOS ÓRGANOS REPRODUCTORES DE LAS HEMBRAS EN LAS DIFERENTES ESPECIES DOMÉSTICAS. ....	22
TABLA 3: CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS, MORFOLÓGICOS, Y BIOQUÍMICAS DEL FOLÍCULO OVÁRICO. ....	33
TABLA 4: PARALELO DE LA CANTIDAD DE FOLÍCULOS RECEPTORES DE LAS HORMONAS FSH Y DE LH DEL AUMENTO FOLICULAR EN EL INTERVALO DEL DÍA 2 Y 4. ....	38
TABLA 5: ESTE AUTOR TAMBIÉN PROPONE QUE LAS HORMONAS HIPOTALÁMICAS RECONOCIDAS SON: .....	67
TABLA 6: NUEVAS TÉCNICAS PARA LA REPRODUCCIÓN BOVINA .....	70
TABLA 7: RESULTADOS OBTENIDOS DE UN ESTUDIO DE TRASFERENCIA.....	71
TABLA 8: PRESUPUESTO, LABORATORIO OUROFINO, BRASILEIRO.....	90
TABLA 9: PRESUPUESTO PARA PROTOCOLO: LABORATORIO OVER ARGENTINO.....	91



## Tabla De Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1: ESQUEMA DE LA POSICIÓN ANATÓMICA DE LOS ÓRGANOS REPRODUCTIVOS DE LAS HEMBRAS DOMÉSTICAS. ....	21
ILUSTRACIÓN 2: OVARIOS DE LAS HEMBRAS DOMÉSTICAS. ....	23
ILUSTRACIÓN 3: ESQUEMA DE LAS ESTRUCTURAS OVÁRICAS. ....	25
ILUSTRACIÓN 4: ESTRUCTURAS OVÁRICAS EN LAS DIFERENTES ESPECIES DOMADAS. ....	26
ILUSTRACIÓN 5: ETAPA DEL CICLO ESTRAL Y ESTRUCTURAS OVÁRICAS DE LA HEMBRA BOVINA ...	27
ILUSTRACIÓN 6: ESQUEMA DE LAS ESTRUCTURAS ANATÓMICAS DE LAS HEMBRAS DOMESTICAS CON ÚTERO BICORNUAL DE ALTA FUSIÓN ENTRE LOS CUERNOS. ....	28
ILUSTRACIÓN 7: ESQUEMA DE LAS ESTRUCTURAS ANATÓMICAS DE LAS HEMBRAS DOMESTICAS CON ÚTERO BICORNUAL MODERADA FUSIÓN ENTRE LOS CUERNOS. ....	28
ILUSTRACIÓN 8: ESQUEMA DE LAS ESTRUCTURAS ANATÓMICAS DE LAS HEMBRAS DOMESTICAS CON ÚTERO BICORNUALES DE BAJA FUSIÓN ENTRE LOS CUERNOS. ....	29
ILUSTRACIÓN 9: DIFERENCIAS EN LA CONFORMACIÓN DEL CÉRVIX ENTRE LAS HEMBRAS DOMÉSTICAS. ....	30
ILUSTRACIÓN 10: DIFERENCIAS EN LAS CONFORMACIÓN DE LA VULVA ENTRE LAS HEMBRAS DOMÉSTICAS. ....	31
ILUSTRACIÓN 11: COMPORTAMIENTO FOLICULAR EN LA FASE ESTRAL BOVINO. ....	36
ILUSTRACIÓN 12: RETRAIMIENTO DEL CRECIMIENTO FOLICULAR SUBORDINADO A LA HORMONA FSH, DE LOS ELEMENTOS INSULÍNICOS DE AUMENTO Y DE LOS ESTRÓGENOS. GDF9; FACTOR DE CRECIMIENTO Y DIFERENCIACIÓN, AMH; HORMONA ANTIPARAMESONÉFRICA, BMPs; PROTEÍNAS MORFOGENÉTICAS ÓSEAS. ....	38



ILUSTRACIÓN 13: COMPORTAMIENTO DEL PROCESO DEL FOLICULO OVÁRICO Y LA LIBERACIÓN DE GONADOTROPINAS DURANTE ETAPAS DE DOS Y TRES ONDAS. ....	39
ILUSTRACIÓN 14: FORMA DEL FOLÍCULO PREEVULACIÓN .....	42
ILUSTRACIÓN 15: COMPONENTES EN LA OVULACIÓN.....	43
ILUSTRACIÓN 16: IMPORTANCIA DE LA PROSTAGLANDINA SOBRE EL CUERPO LÚTEO Y SU INFLUENCIA.....	44
ILUSTRACIÓN 17: PROCESO HORMONAL OCURRIDO DURANTE LA ETAPA DE LA LUTEÓLISIS.....	45
ILUSTRACIÓN 18: ÓVULO RECIÉN FECUNDADO .....	46
ILUSTRACIÓN 19: ESQUEMA DE ILUSTRACIÓN ENTRE LA CÉLULA SEXUAL MASCULINA (ESPERMATOZOIDE) Y LA ZP .....	48
ILUSTRACIÓN 20: FORMACIÓN DE NÚCLEO DE LOS GAMETOS DEL MACHO Y HEMBRA, NÚCLEO DE GAMETOS DESARROLLADOS (RESPECTIVAMENTE) QUE SE DAN EN CADA PROCESO. ....	50
ILUSTRACIÓN 21:FUSIÓN DE LOS PRONÚCLEOS .....	50
ILUSTRACIÓN 22: FORMACIÓN DE LA DIVISIÓN DEL HUEVO .....	51
ILUSTRACIÓN 23: CREACIÓN DE 2 BLASTÓMERAS .....	51
ILUSTRACIÓN 24: BOSQUEJO DE LAS FASES QUE REPRESENTAN EL DESARROLLO EMBRIONARIO TEMPRANO. ....	54
ILUSTRACIÓN 25: FASE INICIAL DE LA ETAPA ESTRAL DÍA 0 AL 7 POSESTRO.....	54
ILUSTRACIÓN 26:CORRELACIÓN ETAPA EMBRIONARIA LOCALIZACIÓN DEL ÚTERO .....	55
ILUSTRACIÓN 27:SEGUNDA FASE DEL CICLO ESTRAL DÍA 7 AL 14 POSESTRO .....	58
ILUSTRACIÓN 28:CICLO REPRODUCTIVO DE LA VACA. ESQUEMA DE REPRODUCCIÓN, GESTACIÓN, LACTANCIA Y BIENESTAR DE LA VACA .....	66
ILUSTRACIÓN 29: PROTOCOLOS BENZOATO DE ESTRADIOL Y GnRH.....	76



ILUSTRACIÓN 30: PROTOCOLO 2 UTILIZADO. ....	77
ILUSTRACIÓN 31: BENZOATO DE ESTRADIOL (BE).....	78
ILUSTRACIÓN 32.- MÉTODO 2 (M2).....	78
ILUSTRACIÓN 33: PORCENTAJE DE PREÑEZ.....	79
ILUSTRACIÓN 34: PROCEDIMIENTO CRESTAR.....	80
ILUSTRACIÓN 35: PROCEDIMIENTO GPG O SISTEMA OVSYNCH.....	81
ILUSTRACIÓN 36: PROCEDIMIENTO GPE.....	81
ILUSTRACIÓN 37: PROCEDIMIENTO CIDR B.....	82
ILUSTRACIÓN 38: TASA DE PREÑEZ.....	83
ILUSTRACIÓN 39: PROTOCOLO UTILIZADO.....	84
ILUSTRACIÓN 40: B.E+PGF2 A + ECG.....	85
ILUSTRACIÓN 41: B.E+PGF2 A + ECG.....	86
ILUSTRACIÓN 42: PROTOCOLO PRELOBAN®.....	87
ILUSTRACIÓN 43:PROTOCOLOS CON GnRH, CON RESINCRONIZACIÓN.....	89
ILUSTRACIÓN 44:PROTOCOLOS CON DISPOSITIVOS INTRAVAGINALES PROGESTERONA Y ESTRADIOL. SIN RESINCRONIZACIÓN.....	89
ILUSTRACIÓN 45: PROTOCOLO SANIGRAL DE OUROFINO.....	90



## TABLA DE REFERENCIAS

IATF: INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO

IEP: INTERVALO ENTRE PARTOS

CL: CUERPO LÚTEO

BE: BENZOATO DE ESTRADIOL

CPE: CIPIONATO DE ESTRADIOL

P4: PROGESTERONA

CIDR: DISPOSITIVO INTRA VAGINAL PARA LA REGULACIÓN DEL CICLO ESTRAL

FSH: HORMONA FOLÍCULO ESTIMULANTE

LH: HORMONA LUTEINIZANTE

GnRH: HORMONA LIBERADORA DE GONADOTROPINA

IA: INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

PGF<sub>2A</sub>: PROSTAGLANDINA FACTOR 2 ALFA

ECG: GONADOTROPINA CORIÓICA EQUINA

MGA: ACETATO DE MELENGESTROL

DIB: DISPOSITIVO INTRAVAGINAL BOVINO

T1: TRATAMIENTO NÚMERO 1

T2: TRATAMIENTO NÚMERO 2



## Resumen

Para generar diferentes grados de sincronización del ciclo estral en bovino se necesitan de distintos tratamientos para que este sea modificado. Para lograr estos beneficios se deben aplicar ciertos protocolos que van a ayudar a disminuir los días abiertos, facilitando entrar las hembras en celo en determinado tiempo, mejorando la ovulación para aplicar la inseminación artificial a término fijo. Estos procedimientos facilitan la sincronización del estro en vaca ovulando, la inducción de este en novillas peri púberes y la hembra que presentan el anestro después del parto, permitiendo mejorar los índices reproductivos.

Los protocolos de sincronización estral, brindan una serie de ventajas como: programación del estro en un tiempo determinado, proporcionando innovación en practicas reproductivas como IA y transferencia de embriones, mejora las tasas de concepción, programación de partos en épocas con gran oferta forrajera y permite obtener un progreso genético en las ganaderías, siendo este representado en mejores indicadores reproductivos y productivos, que conllevan a la sostenibilidad de la empresa ganadera.



## Introducción

Para Alvares y Restrepo, (2006) para iniciar un programa reproductivo ya sea de carne o leche, es primordial tener conocimiento del ciclo estral de la hembra y los factores que pueden afectar en este. con el transcurso de los años se ha venido en la aplicación de nuevas biotecnologías reproductivas y la aplicación de un número determinado de protocolos para hacer entrar en celo una hembra y bajar los días abierto en una vaca con la aplicación de protocolos para mejorar la explotación y la rentabilidad bovina ya sea de carne o de leche.

según Lamb et al., (2009). para conseguir una mejora genética se puede hacer uso de las distintas biotecnologías reproductivas, como lo son: la IA, el semen sexado, la ecografía y la reproducción in-vitro. El éxito o fracaso de estos programas depende de la complejidad de la aplicación de estas biotecnologías, se un seguimiento riguroso de los protocolos para que sean eficientes y efectivos en cada una de sus aplicaciones produciendo los mejores resultados posibles para que la labor sea más eficiente.

Para Guáqueta, (2009). el ciclo estral de la vaca en promedio dura 21 días, pero puede variar entre 17 a 24 días, en los cuales se da un proceso llamado celo o calor. cuando se da por debajo de este rango se considera anormal y cuando se dan ciclos estrales más largos, son fallas en la detección del celo según DUBY y Prange, (2004).



## 1. Planteamiento del problema

### 1.1. Descripción:

La eficiencia reproductiva en las ganaderías es difícil de conseguir (González, 1985), sin embargo, este manejo reproductivo comprende algunas estrategias que permiten optimizar este aspecto: como lo es mejorar las tasas de preñez, usando protocolos de IA e identificando de manera temprano las vacas postservicio (no preñadas) llevándolas rápidamente a un nuevo servicio. Sin embargo, uno de los problemas reproductivos en una ganadería, está asociado principalmente a las fallas en la detección oportuna del celo (Marcantonio, 1998), generan un retraso en el desarrollo de la industria ganadera del país, además de afectar negativamente la economía del productor y de la región. El uso de productos químicos en la sincronización del celo en bovinos, como los fármacos, son indispensables para la baja eficiencia reproductiva en las ganaderías (Velázquez, 2010). La principal falla en las ganaderías colombianas, es la relacionada con la detección del celo de forma idónea y precisa (Gallegos, 2002), traducándose en bajos índices de concepción y por ende un aumento en los días abiertos de las hembras bovinas (Latorre, 2001). Existen reportes de una alta correlación entre un intervalo de partos y las fallas en la detección adecuada del celo (0.92), mientras que la correlación entre este parámetro y la tasa de concepción es de 0.32, mostrando la eficiencia y el papel que juega la detección del celo en procesos reproductivos y de mejoramiento genético.



## 1.2. Formulación:

Analizando los diferentes protocolos de sincronización de celo, más usados en Colombia ¿Cuál de éstos es el más adecuado para lograr una mejor eficiencia en el estro y la ovulación en bovinos?

## 1.3. Justificación

En Colombia el estudio de las biotecnologías reproductivas como lo son. la IA, la transferencia de embriones, fertilización in-vitro, ha evolucionado paulatinamente en la última década, siendo una herramienta eficaz para mejorar una explotación bovina ya sea de carne o leche y poderla hacer más rentable y productiva. (Rodríguez, Vallejo, Batista y Espasandín, 2011). Restrepo, (2007) considera que para acortar el tiempo en la formación de un hato de excelentes condiciones y en plazos más cortos es rentable aplicar la transferencia de embriones que permite optimizar la capacidad reproductiva y genética de los bovinos.

El desarrollo de la ganadería, siendo ésta una actividad económicamente productiva e importante para el progreso del país (Cuenca, Chavarro y Díaz, 2008), debe incorporar todos aquellos adelantos tecnológicos producto de investigaciones, que permitan optimizar el uso racional de los recursos. La aplicación de estos conocimientos científicos ha dado un adelanto significativo de los procesos productivos en este renglón de la economía (Greco, 2002). Un aspecto clave en toda ganadería, es la sincronización del celo, a través del uso de protocolos que mejoren la eficiencia reproductiva, mejoren las tasas de preñez, disminuyan los días abiertos y garanticen la obtención de una cría año por hembra bovina (Stevenson, 2009). La adopción de protocolos de sincronización de celos ha estado creciendo debido a la necesidad de ser competitivos en un mercado cada vez más exigente (López, 2013). Estos protocolos son mayormente utilizados en

regiones tropicales que presentan dificultades en la detección del celo (Martínez, 2009).

El desarrollo futuro de la sincronización del estro basados en protocolos para la sincronización del celo, puede contribuir en gran medida con los avances de la biotecnología reproductiva (Yamada, 2005). También se espera que el uso de la hormona secretoras de gonadotropina en los programas de sincronización de la ovulación aumente la tasa de uso de la IA (López, 2013). Por otro lado, existen diferentes protocolos de sincronización y resincronización que han demostrado ser muy efectivos para la utilización de la IATF<sup>1</sup> en ganado *Bos taurus* y *Bos indicus* (Oyuela y Jiménez, 2010), gran parte de ellos se realizan con dispositivos intravaginales de liberación controlada y en el trópico han demostrado ser una herramienta altamente efectiva para evitar la detección de los celos y aumentar la eficiencia reproductiva (Ferré y Cattaneo, 2013).

Esta monografía despliega en detalle los protocolos hormonales frecuentados para la sincronización del estro en bovinos, contribuyendo a ser más eficientes en la aplicación de las hormonas y aplicaciones de dispositivos intravaginales, para que estos actúen y se presente el celo o estro en un tiempo menor y eficiente para que la hembra pueda ser inseminada a término fijo colocada a un macho para que sea cubierta.

---

<sup>1</sup> IATF: inseminación artificial a tiempo fijo.



## 2. Objetivos

### 2.1.General

Realizar una revisión bibliográfica sobre los principales protocolos de sincronización de celo en bovinos como instrumento para optimizar la eficiencia reproductiva en las ganaderías colombianas.

### 2.2.Específicos

- ✓ Describir los principales protocolos utilizados en la sincronización del estro en bovinos.
- ✓ Comparar los principales programas de sincronización del estro en bovinos.
- ✓ Evaluar los programas de sincronización del estro en bovinos.



### 3. Marco Referencial

#### El ciclo estral de la hembra bovina

Cada 21 días en promedio, las vacas presentan un ciclo estral, por lo cual se le llaman hembras poliéstricas, en el año se pueden presentar 16 estros en promedio. se pueden montar los machos o inseminar la hembra en un periodo entre las 6 a 30 horas, siendo más eficiente las 15 horas de iniciado el estro, en donde la vaca está más apta de recibir el macho o ser inseminada artificialmente, (Ramírez y Vieras, 2006). la gestación de una hembra dura aproximadamente nueve meses, en promedio la vaca debe dar una cría al año, pero esto depende de una buena alimentación, un buen manejo sanitario, un bienestar eficiente y la raza del animal (Veneciano y Frasinelli, 2014).

La hembra está preparada para recibir el macho dependiendo de un buen desarrollo corporal debido a su buena alimentación donde ha podido desarrollar su sistema reproductivo y fisiológico, también depende de la raza del bovino ya que las razas en el caso de la Jersey son más precoces y pueden recibir al macho a una temprana edad. (Evans y Rawlings, 2010). En el caso de otras razas que tardan más tiempo en alcanzar su madurez sexual no se recomienda servir las a temprana edad ya que no han alcanzado la fisiológica ni reproductiva esperada.

**Tabla 1: Períodos del ciclo estral del bovino**

Período	Día	Tiempo	Suceso
<b>Estro</b>	0	10-12 hrs	Maduración folicular, niveles elevados de estrógeno y tope de LH <sup>2</sup>
<b>Metaestro</b>	1-3	5-7 días	Ovulación (entre 12-18 hrs), creación del cuerpo lúteo

<sup>2</sup> LH: *Hormona* Luteinizante.

			que no responde a las $PGF_{2\alpha}^3$
<b>Diestro</b>	5-18	10-15 días	Finalización del cuerpo lúteo, elevados porcentajes de progesterona
<b>Proestro</b>	19-21	3 días	Reversión del cuerpo lúteo, finalización del ciclo del folículo y aumento de estrógenos

Fuente. Adaptado de Shearer, 2003.

Según, Charmandarian, Krupick y Haümuller, (2013). Para optimizar la vida productiva de las vacas, se debe tener en cuenta que cada ciclo estral ocurre cada 21 día en promedio y la vacas se deben servir entre los 80 y 90 días después del parto, para en promedio obtener una cría por año, y hacer más productiva la vaca. en caso de que la vaca no entre en celo en este lapso el recomendado aplicar un protocolo de sincronización de celos para que la vaca sea inseminada o se aplique la monta natural. en caso contrario la vaca podrá producir una cría cada 12.5 a 12.8 meses. (Catalano y Callejas, 2001). es importante llevar registros de celos, parto, monta y cubriciones para poder monitorear las vacas, mejorar la explotación y la producción y vida productiva de la vaca.

### **Detección del celo en el ganado**

Para detectar una vaca en celo, estas se están quietas y se dejan montar por las demás vacas o el toro calentador, también presentan conductas de montar a otras vacas, se agitan, se ponen inquietas, su temperatura corporal se eleva, empiezan a orinar despaciosos dando signos de que quieren que el macho las cubra, la vulva cambia de tamaño y cambia su color, secreta un limo para permitir ser cubierta y expeler hormonas que facilitan que el macho las detecte y lo estimulan(Becaluba y Becaluba, 2006).

---

<sup>3</sup>  $PGF_{2\alpha}$ : Prostaglandina.



Según Ramírez (2005), las características para identificar una vaca en celo son:

- ✓ Permanecer quietas cuando es montada.
- ✓ Bramidos parecidos a los de un toro.
- ✓ Presentan ciertos nervios.
- ✓ Inquietas y cambia su comportamiento
- ✓ Se agreden y cabecean con otras vacas.
- ✓ Husmeo de la vulva o de la orina de otros animales.
- ✓ la Vulva cambia de tamaño y de un color pálido a rosado y presenta un moco cervical

Características secundarias según Montero, (2013), como son:

- ✓ Pérdida del apetito y la producción de leche se disminuye
- ✓ Se desordenan en su comportamiento y presentan suciedad en su piel
- ✓ Presenta maltratos debido a su comportamiento brusco por su conducta de presentación del celo.

#### **4. Anatomía Reproductiva De La Hembra**

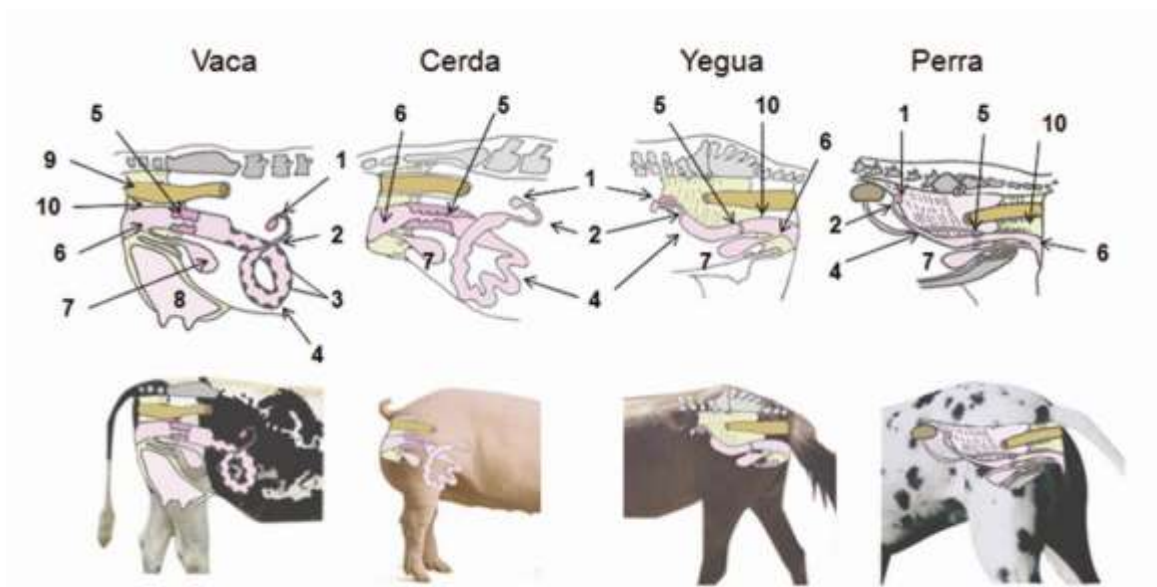
En la hembra bovina, los órganos genitales están clasificados en genitales internos (ovarios, oviductos, útero, cervix, vestíbulo y vagina), y los genitales externos (labios vulvares y clítoris) (Ghezzi, Castro, Domínguez, Islas y Carrica, 2011), tal como se describe en el cuadro 1. En su parte interna, los genitales están sostenidos por el ligamento ancho, formado a partir del peritoneo



(Quitero, 1993), dividiéndose de la siguiente manera: mesovario (sostiene el ovario), mesosálpinx (sostiene el oviducto) y mesonterio (sostiene el útero).

En la figura 1 se describe la posición anatómica de los órganos reproductores de las hembras de domésticas, aspectos a considerar en casos de palpación rectal (bovinos y equinos).

**Ilustración 1: Esquema de la posición anatómica de los órganos reproductivos de las hembras domésticas.**



Fuente. Tomado de Rangel, Alarcón, Galina, Hernández, Porras, Valencia, Balcazar, Boeta, Flores, Páramo, 2009.

Los órganos reproductores de las hembras domésticas son esencialmente un conjunto de órganos tubulares, en los cuales se distinguen cuatro capas: mucos (capa de epitelio secretorio), submucosa (soporta a la mucosa y contiene la irrigación e inervación), muscular (dos capas de musculo liso) y serosa (capa simple de células que son continuación de las del peritoneo) (Rangel, et al., 2009). Para el caso del útero los nombres de estas capas son: endometrio (mucosa y submucosa, esta última contiene las glándulas uterinas), miometrio (muscular) y perimetrio (serosa) (Cansino, Aguilar y Peralta, 2013).



**Tabla 2: Características de los órganos reproductores de las hembras en las diferentes especies domésticas.**

Órgano	Bovino	Ovino	Equino	Porcino	Canino	Felino
Forma del ovario	Ovoide: semeja una almendra	Ovoide	Arriñona da con fosa de ovulación	Racimo de uvas	Como un frijol	Ovoide: cubierta parcialmente por la boca ovárica
Peso de los ovarios (g)	10 a 20	3 a 4	40 a 80	3 a 7	1.5	0.2
Numero de folículos que maduran	1 a 2	1 a 4	1 a 2	10 a 25	3 a 20	3 a 7
Bolsa ovárica	Ancha y abierta	Ancha y abierta	Angosta con una hendidura sobre la fosa de ovulación	Bien desarrollada, encierra al ovario completamente	Cubre completamente los ovarios	Cubre completamente los ovarios
Longitud del oviducto (cm)	25	15 a 19	20 a 30	15 a 30	---	5 a 6
Tipo de útero	Bicornual de fusión moderada	Bicornual de fusión moderada	Bicornual de fusión alta	Bicornual de fusión baja	Bicornual de fusión baja	Bicornual de fusión baja
Longitud de cuernos (cm)	35 a 40	10 a 12	15 a 25	40 a 65	4 a 10	10
Longitud del cuerpo (cm)	2 a 4	1 a 2	15 a 20	5	2 a 5	2
Características de cérvix	Muy prominente 3 a 4 anillos	Muy prominente 5 a 7 anillos	Pliegues longitudinales	En forma de tirabuzón	Forma de papila que protruye hacia la vagina	---
Longitud de cérvix (cm)	8 a 10	4 a 10	7 a 8	10	1.5 a 2	---
Longitud de la vagina (cm)	25 a 30	10 a 4	20 a 35	10 a 15	10 a 15	2
Diámetro de los folículos (mm)	12 a 19	5 a 10	25 a 70	8 a 12	6	0.5
Diámetro del cuerpo lúteo (mm)	20 a 25	9	10 a 25	10 a 15	---	4.5



Fuente. Adaptado de Galina y Valencia, 2008.

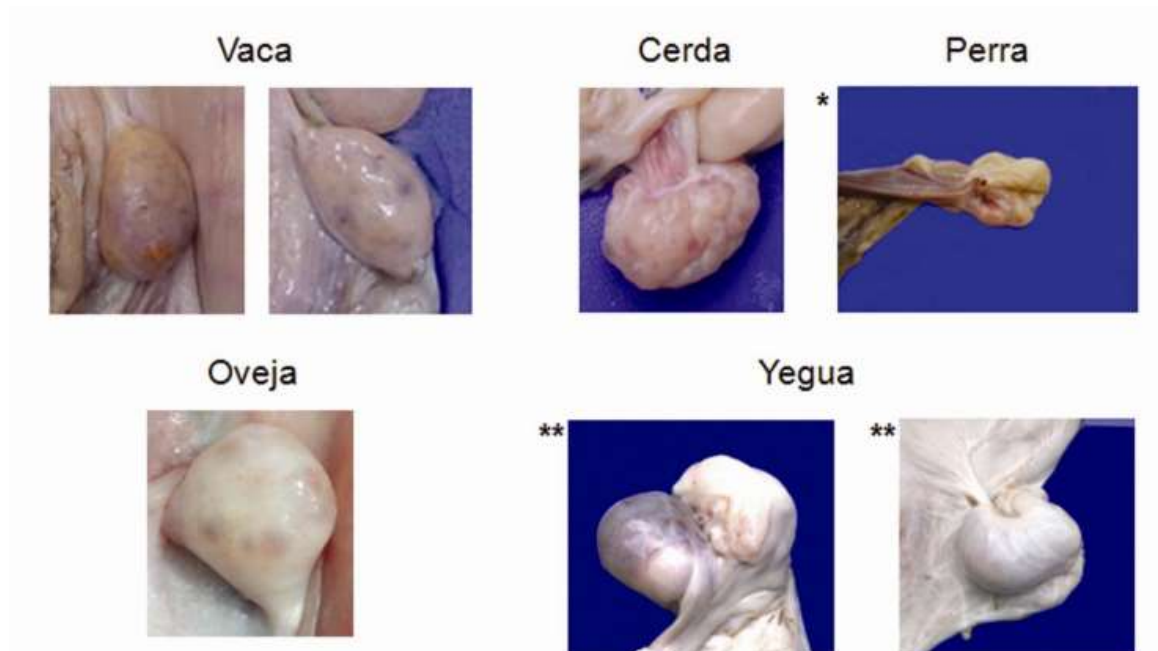
#### **4.1.Ovarios**

Los ovarios se conocen como las gónadas femeninas. Están compuesto en su parte externa por una corteza y una médula en su parte interna. Se encargan de producir los óvulos (células reproductoras femeninas). Una hembra bovina, en condiciones normales expulsa un ovulo cada 18 a 24 días, precediendo el calor o celo (Borges, Torres, y Ruas, 2001). De la misma manera, son los encargados de producir las hormonas vinculadas con el procedimiento de reproducción y desarrollo de la glándula mamaria, así como de determinar el comportamiento de la hembra (Baruselli, Gimenes, Sales, 2007).

Estas estructuras, se encuentran localizadas en la cavidad abdominal en su parte superior a un trayecto aproximado de 30 a 45 centímetros del orificio vulvar (Leyva y Barreras, 1999). Cada ovario, está compuesto por las siguientes partes: túnica albugínea, folículo maduro, folículo primario, epitelio germinal, cuerpo lúteo, cuerpo hemorrágico, hilio, cuerpo albicans y folículo atrésico (figura 2). Tienen una medida aproximada de 2 a 3 centímetros tanto de largo como de ancho (Motta, Ramos, González y Castro, 2011).

**Ilustración 2: Ovarios de las hembras domésticas.**





Fuente. Manual de prácticas de reproducción animal, universidad autónoma de México. 2009 pág. (9)

#### 4.2.Folículos

Poseen una forma esférica y están rodeados por una membrana semitransparente, además de tener consistencia de una vejiga con líquido y un tamaño de 2 a 2.5 centímetros (Motta, Ramos, González y Castro, 2011). Según Witt y Kruip (2001), los folículos se clasifican de acuerdo a su tamaño: F5, cuando su diámetro aproximado sea de 5 mm; F10, cuando sea de 10 mm, y así sucesivamente. Asimismo, se identifican en preantrales o primarios (menores de 4 mm de diámetro), antrales o secundarios (4 a 9 mm de diámetro) y terciarios o de Graaf (mayores a 9 mm).

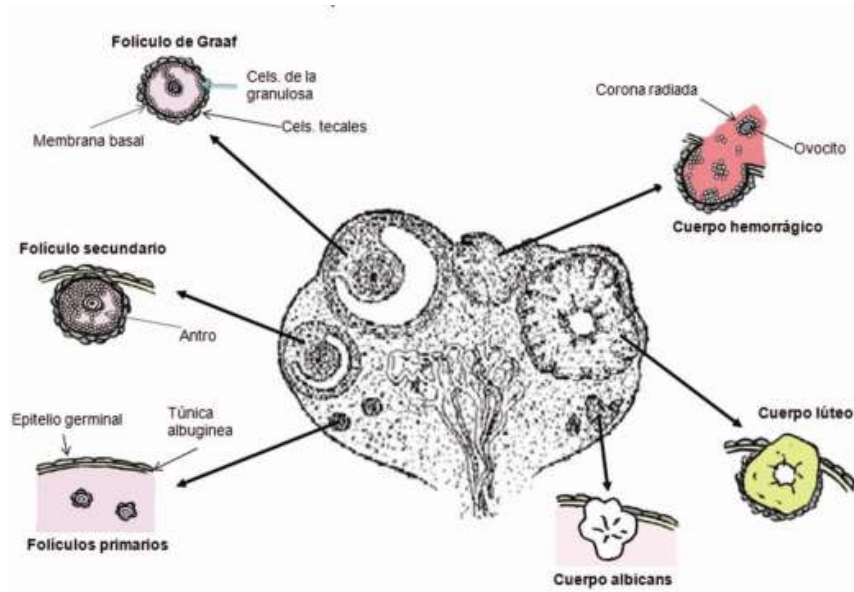
Dependiendo de la alimentación y el medio ambiente en especial, tanto en la vaca como en la yegua, se madura en cada ciclo un solo folículo, en la cerda de 10 a 20 y en los rumiantes menores de 1 a 3 (Dayan, 2001).



### 4.3. Cuerpo Hemorrágico

Una vez ocurrida la ovulación, se forma un orificio en el lugar que ocupaba el folículo, con un tamaño no mayor a un centímetro de diámetro, conocido como la fosa de ovulación en donde se formará el cuerpo hemorrágico (Sintex, 2015). Esta estructura, se denomina CH 1, 2 y 3, de acuerdo a su grado de desarrollo.

#### Ilustración 3: Esquema de las estructuras ováricas



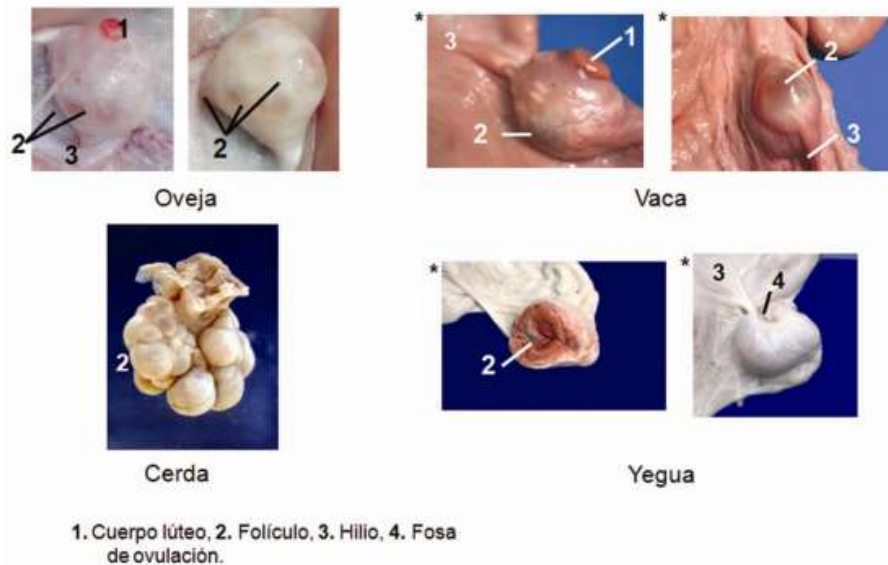
Fuente. Manual de prácticas de reproducción animal, universidad autónoma de México. 2009 pág. (11)

### 4.4. Cuerpo Lúteo

Pasada la ovulación, entre cinco a siete días después, se lleva a cabo la proliferación e hipertrofia de células lúteas, dando origen al cuerpo lúteo, una estructura más del ovario que puede estar presente en varias fases de desarrollo (a Luiz, 2002).



#### Ilustración 4: Estructuras ováricas en las diferentes especies domadas



Fuente. Manual de prácticas de reproducción animal, universidad autónoma de México. 2009 pág. (12)

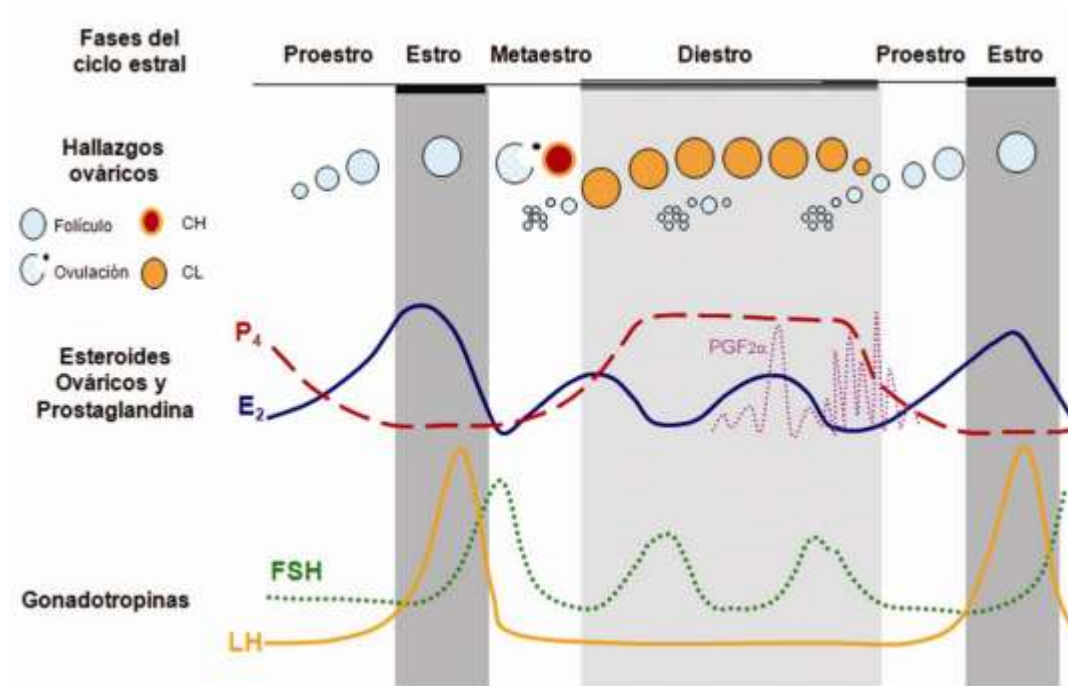
Después del quinto día del ciclo, es posible palpar el cuerpo lúteo, como una estructura firme y redonda, que sobresale del ovario. El cuerpo lúteo en las vacas posee una porción dentro del estroma ovárico; en las vaquillas a veces sobresale gradualmente del ovario (Hernández, et al., 2010). En las vacas no gestantes, el cuerpo lúteo puede alcanzar un tamaño máximo de 2.5 a 3 centímetros de diámetro y se representa como CL3; después decrecerá rápidamente hacia los días 16 y 17 del ciclo, formando un CL2 y al final un CL1 (Durán y Ortiz, 2010).

#### 4.5. Cuerpo Albicans

Una vez ocurrida la lúteolisis, el cuerpo lúteo disminuye de tamaño rápidamente, permaneciendo por algún tiempo como una estructura pequeña de color amarillo. A medida que transcurre el tiempo, su tamaño se reduce hasta quedar sólo una cicatriz blanquecina sobre la superficie del ovario, conocida como cuerpo albicans (Adams et al., 2008).

En la figura 5 se detallan las fases del ciclo estral y las estructuras ováricas presentes en una hembra bovina.

### Ilustración 5: etapa del ciclo estral y estructuras ováricas de la hembra bovina



Fuente. Manual de prácticas de reproducción animal, universidad autónoma de México. 2009 pág. (13)

#### 4.6.Útero

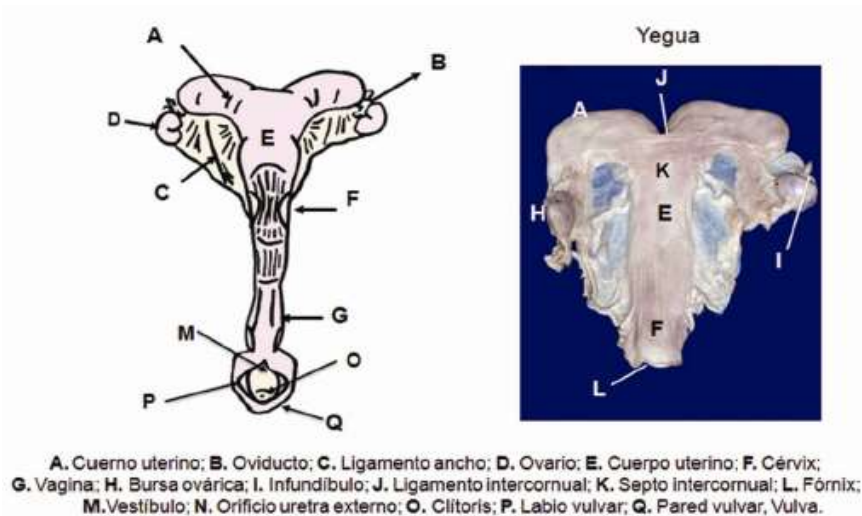
El uterino es una parte más importante de sistema reproductivo, porque es donde se va a alojar el embrión para su desarrollo durante los nueve meses, está formado por un órgano tubular y el cérvix, que sirve para que entren cuerpos extraños al útero. Está dividido por dos cuerpos y un cuerpo. en la gestación esta forrada por una placenta en donde alberga al ternero y el líquido amniótico que sirve como una barrera para amortiguar los golpes y poder mantener con vida al ternero y alojarlo durante los 9 meses sin ningún peligro de aborto. (Pardo y Saelzer, 2006).

De acuerdo al grado de unión que se presenta en los cuernos uterinos, se pueden clasificar tal como lo expresa Porras y Páramo (2009):



Úteros con alta fusión intercornual, por ejemplo, la yegua en la cual los cuernos se parecían cortos y el cuerpo uterino grande (figura 6).

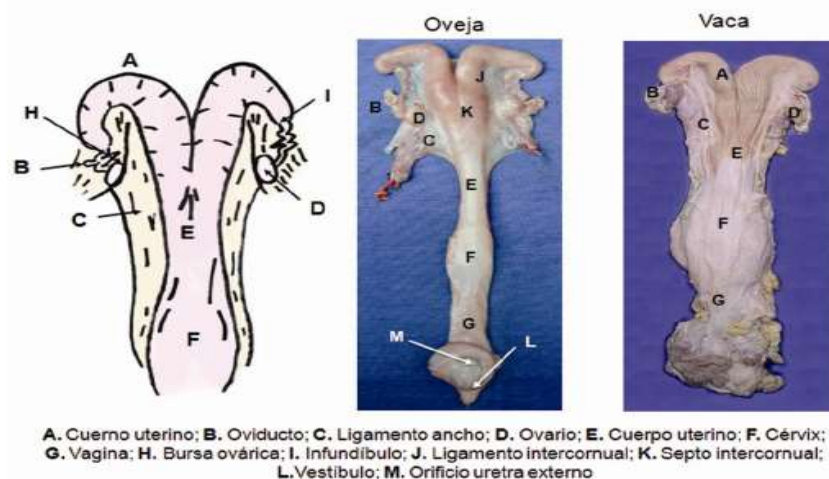
**Ilustración 6: Esquema de las estructuras anatómicas de las hembras domesticas con útero Bicornual de alta fusión entre los cuernos.**



Fuente. Manual de prácticas de reproducción animal, universidad autónoma de México. 2009 pág. (14)

Úteros con fusión intercornual moderada, como en los rumiantes, en los que los cuernos tienen una longitud media (figura 7)

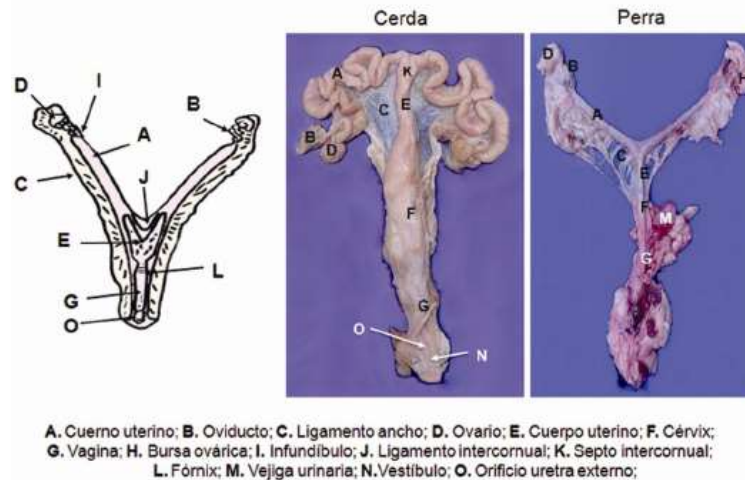
**Ilustración 7: Esquema de las estructuras anatómicas de las hembras domesticas con útero Bicornual moderada fusión entre los cuernos.**



Fuente. Manual de prácticas de reproducción animal, universidad autónoma de México. 2009 pág. (14)

Úteros de baja fusión intercornual, como la cerda, la perra y la gata, en las que los cuernos son extremadamente largos y el cuerpo corto (figura 8).

**Ilustración 8: Esquema de las estructuras anatómicas de las hembras domesticas con útero bicornuales de baja fusión entre los cuernos.**



Fuente. Manual de prácticas de reproducción animal, universidad autónoma de México. 2009 pág. (15)

La forma de los cuernos uterinos también varía entre especies. En la vaca y la oveja asemejan cuernos de carnero, en la yegua tiene forma de T y en la cerda son sumamente tortuosos y largos.

Según Hafez (2000), si se realiza el proceso de disecar un útero, se podría observar la bifurcación de los cuernos que se encuentra a nivel de la unión con el cuerpo de esta estructura. Mas craneal y externamente, se encuentra la falsa bifurcación, en el lugar donde los dos cuernos son unidos por dos hojas ligamentosas (ligamentos intercornuales). Este constituye un punto clave y de referencia para el momento del examen rectal.

#### 4.7.Cérvix

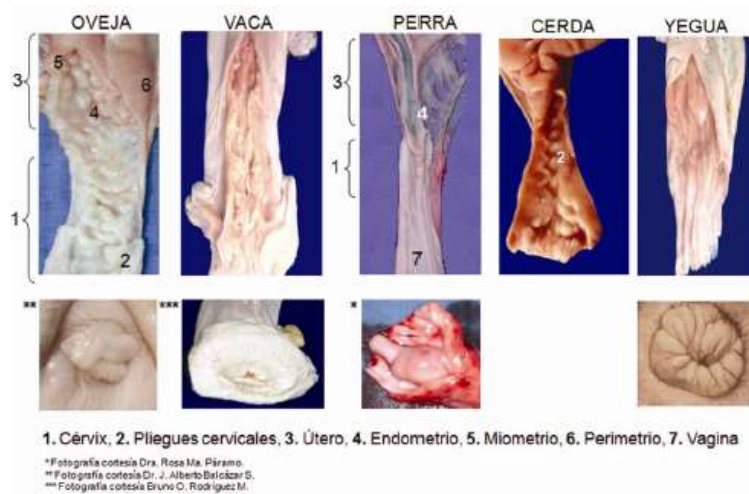
Es una estructura de forma esfínter, que se encuentra antes de la entrada del cuello del útero donde va a permitir entrar los espermatozoides en el caso de la monta natural y nos sirve como



guía para inseminación artificial. también es importante para el momento del parto donde se dilata para facilitar la salida del ternero y ser más eficiente en el momento del parto. (Ramírez, 2005).

Tiene una pared muscular gruesa, con pliegues que lo cierran herméticamente, los cuales varían en cantidad y forma dentro de las especies domésticas (figura 9). Este órgano es el punto de referencia en el momento de la IA. (Alves da Silva, et al., 2014).

**Ilustración 9: diferencias en la conformación del cérvix entre las hembras domésticas.**



Fuente. Manual de prácticas de reproducción animal, universidad autónoma de México. 2009 pág. (15)

**4.8. Vagina**

Este órgano posee la particularidad de dilatarse en el momento de la cópula, y sirve de canal en el momento del parto, al arrojar el feto y la placenta. También es el canal por donde se elimina la orina del organismo (Cruz, et al., 2014)

La parte posterior del piso de la vagina se conoce como vestíbulo, fracción particular para el sistema reproductor y sistema urinario, ya que hospeda el ojal uretral, también aloja las glándulas de Gartner, que son los desechos de los conductos de Wolff, las glándulas vestibulares, que son



las homologas de las glándulas bulbouretrales, y, en la cerda, un divertículo uretral o saco ciego (López, 2010).

#### 4.9. Genitales Externos

La vulva es la parte exterior de los genitales de la hembra tiene como función principal extraer la orina y facilitar la salida del ternero en el momento del parto, está conformado por los labios vulvares mayores y menores, en esta también se encuentra el clítoris que se estimula en el momento del celo, cambiando su tamaño. (Figura 10) La vulva hospeda en su comisura ventral el clítoris, que es el órgano estimulador de la hembra (Díaz, et al., 2009). aquí también se pueden detectar problemas de anemias como el caso de las enfermedades de la piroplasmosis y anaplasmosis.

**Ilustración 10: Diferencias en las conformación de la vulva entre las hembras domésticas.**



Fuente. Manual de prácticas de reproducción animal, universidad autónoma de México. 2009 pág. (17)

## 5. Fisiología Reproductiva del Bovino

### 5.1. Foliculogénesis

La foliculogénesis es un procedimiento de propagación y caracterización de las células de la teca. la hormona FSH<sup>4</sup>, LH<sup>5</sup> y gonadotropas son esenciales para la generación de folículos antrales en edades tempranas. en los bovinos, el crecimiento del folículo antral, se genera por una etapa esporádica, que produce 2 a 3 ondas por ciclo. El aumento en las concentraciones de FSH permite la formación de la granulosa de proteica reguladas de la fase celular, donde permite aumentar una concertación de la hormona LH, para facilitar la ovulación y la aparición del folículo ovárico. (Ryan et al, 2008).

Las elevadas concentraciones de FSH ayuda en el desprendimiento del folículo ovárico que este compuesto por ovocitos que pueden ser liberados en el ciclo estral, para posteriormente ser fecundado por el espermatozoide para poder formar el embrión. Así mismo, proporciona las hormonas requeridas en el sostenimiento de la fase ovárica, tipologías sexuales sustitutas y acondiciona el útero para el proceso de formación (Findlay et al, 2009).

Esta fase de foliculogénesis en bovinos se muestra en ciclos de prepuberal, puberal, anestro postparto, fase estral y hembras en las primeras etapas trimestre de preñez. Donde se pueden detectar faltos celos o calores (Henaó & Trujillo, 2000). El resultado de la foliculogénesis es la obtención de folículos previos a la ovulación o de Graff comenzando con folículos principales (Palma, 2001), El folículo se genera a partir de la última semana del embarazo o después del embarazo (Findlay et al, 2009) para seguir su ciclo normal. después del parto inicia el crecimiento

---

<sup>4</sup> FSH: Hormona folículoestimulante

<sup>5</sup> LH: Hormona Luteinizante.

de los folículos que han quedado en pequeñas cantidades, su maduración y ovulación es alcanzada en esta etapa.

El folículo de mayor tamaño secreta estrógenos en el trascurso del estro, secreción se reduce muy rápido al instante del aumento de la hormona luteinizante. La hembra bovina, ovula sólo un folículo, pudiéndose identificar por su tamaño días antes del inicio del estro (tabla 2). El aumento de folículo no es dependiente de la gonadotropina en la etapa de formación del antro. (Hafez, 2002).

Los ovocitos en la etapa de maduración y prolongación de los embriones emplean ácidos grasos, antes y durante la anidación en el uterino, como fuente de energía (Fouladi et al, 2007).

### 5.2. Desarrollo del Folículo.

Desde el principio los ovocitos están inactivos en la fase G2 de la primera partición meiótica, completando el proceso de meiosis después de la fecundación. Para completar el proceso de la meiosis se requiere de manera gradual que exista un crecimiento folicular. (Albarracín, 2005).

**Tabla 3: Características fisiológicas, morfológicos, y bioquímicas del folículo ovárico.**

Componentes	Diferencias morfológicas / fisiológicas
<b>Células de la teca</b>	Se generan andrógenos como producto del aumento de las etapas basales de la hormona LH. Posteriormente del ciclo ovárico se transforman en células luteínicas o membranas que rodean el folículo maduro o célula de la teca.
<b>Estructura folicular</b>	Desarrollada por granulosa/teca apartada por la pared basal; permite variaciones en el proceso ligado a la organogénesis de la glándula endocrina /exocrina.
<b>Células de la estructura de la granulosa</b>	El folículo previo a la ovulación tiene una unión entre la célula granulosa y la pared basal rota. Después de presentarse la ovulación, el manto de granulosa es enviado por vasos/material conectivo.
<b>Corona radiada</b>	Anteriormente del ciclo ovárico, el manto se encuentra en la periferia del folículo ovárico.



	Consumido en la materia compacta de las células foliculares, se halla la colina ovárica (ovigero).
<b>Folículo primordial</b>	<p>Folículo con ovocitos delimitados en el foco/un manto que recubre las células de la granulosa.</p> <p>Se distinguen a partir de células oogonias (conocidas como germinales primordiales) y persisten a la etapa previa de las meiosis pausadas hasta que se reinicia su maduración/ovulación y atresia.</p> <p>Desarrollo del folículo, propagación de células de la granula, desarrollo del área pelúcida, distinción de cuelas de la teca.</p>
<b>Folículo secundario</b>	Aumenta la cantidad de células de la granulosa por fase de la mitosis; estas células toman la forma cubotica.
<b>Folículo vesicular</b>	Folículo donde se almacena liquido del folículo en la zona antral donde están situadas las células epiteliales.
<b>Líquido folicular (en el antro)</b>	<p>Ciertos componentes poseen la capacidad fisiológica: restringe la madurez de oocitos, restringe la unión de la hormona de LH, impide desarrollar enzimas y ácidos sulfúricos de condroitina.</p> <p>Permite el desarrollo de la formación de folículos con porcentajes altos de estradiol <math>17\beta</math> y progesterona para que se lleve a cabo la ovulación.</p>
<b>Líquido folicular (entre las células de la granulosa)</b>	<p>Viscoso/abundante en ácido hialurónico.</p> <p>Previo a la ovulación se almacena el líquido folicular.</p> <p>Los oocitos viejos se mantienen en la periferia para luego ser eliminados por las fimbrias luego de la ovulación</p>

Fuente: Hafez y Hafez (2002)

Este crecimiento y maduración folicular, implica transformaciones a nivel celular y molecular de diferentes mecanismos foliculares (tabla 2): el oocito, gránulos y teca, están regulados por elementos dentro del ovario y dentro del folículo y signos a nivel hormonal que llevan a la liberación de andrógenos y estrógenos (estradiol). Según Albarracín, (2005) el estradiol es vital para el ciclo ovulatorio y de luteinización generando el resultado de la granulosa y la teca y expresa las respuestas los signos de la gonadotropina para la formación de los folículos.

La disolución de la vesícula seminal, concentración de cromosomas y graduación a metafase I, extrusión del corpúsculo polar y bloque de la metafase de suplente división meiótica, son los principales cambios nucleares que experimenta el oocito. el aumento preovulatorio de LH, da lugar



a la meiosis. Donde luego se da una renovación de organelos citoplasmáticos, y origina una proteína y eleva la actividad quinasas, dando como resultado abundante fosforilación y desfosforilación de proteínas específicas en la maduración citoplasmáticas, según (Albarracín, 2005).

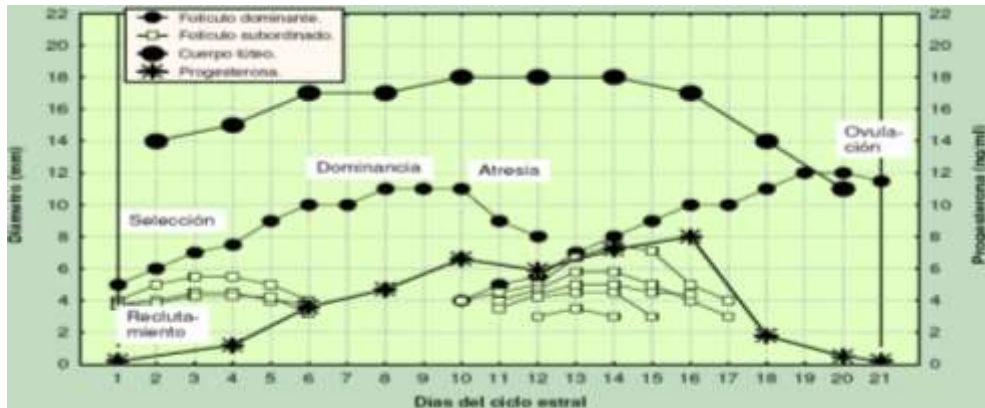
### **5.3. Reclutamiento Folicular**

Según Espinosa & Col, (2007). El reclutamiento folicular, es un proceso en donde se forma una agrupación de folículos antrales, en donde de la especie, se selecciona uno o varios folículos para la ovulación. Las concentraciones de FSH, permiten que, en cada período ovárico, se recluten un conjunto de folículos principales que inician su crecimiento. En esta fase de crecimiento inicial, se identifica por un progreso pausado de los folículos reclutados, pudiendo durar de cuatro a seis meses, hasta llegar a formarse los folículos antrales pequeños. Por el contrario, la etapa final del ciclo se caracteriza por una evolución rápida, afectado por las hormonas gonadotropinas, hasta convertirse en folículo maduro, esta fase es denominada fase folicular.

El período estral del bovino se identifica por presentar 2 o 3 ondas foliculares. Cada una de ellas comprende la etapa de reclutamiento y selección de los folículos, sin embargo, los demás sufren atrofia. El reclutamiento, es una etapa de lento crecimiento de un conjunto de folículos, que inician su desarrollo bajo la condición de la FSH en su máxima concentración. Aquí, el folículo más grande alcanza un diámetro de cuatro milímetros, doblando éste tres días más tarde, hasta que se da el proceso de selección, ocurriendo una regresión en los demás (Henaó & Col, 2000).



### Ilustración 11: Comportamiento folicular en la fase estral bovino



Fuente. Henao et al (2000)

#### 5.4. Selección y Discrepancia del Folículo Dominante

El proceso de elección del folículo dominante hace referencia al proceso que establece cuál de los folículos de la onda, es elegido para seguir con su desarrollo hasta convertirse en dominante. Durante este tiempo, se da un evento denominado divergencia, que consiste en el crecimiento a tasas diferentes de todos los folículos reclutados hasta que uno se convierte en dominante y los demás se atrofian. El folículo seleccionado, produce altas concentración de estradiol e Inhibina, impidiendo la secreción de FSH, apareciendo con un retroceso de los folículos más pequeños, cuando el folículo dominante varía su procedimiento de FSH y LH que impide su retroceso.

Las hormonas FSH y LH producen un resultado estimulador en el desarrollo celular y la esteroidogénesis por efecto de la proteína G, dando como resultado la producción de cAMP<sup>6</sup> y el desarrollo de PKA<sup>7</sup>. Generando un papel intermediador entre las hormonas gonadotrópicas, también activa signos que de las via Erk<sup>8</sup>, la via Akt<sup>9</sup>.

<sup>6</sup> proteína intercambiadora de nucleótidos de guanina activada

<sup>7</sup> PKA (proteína quinasa A)

<sup>8</sup> Erk: Proteína quinasa regulada extracelularmente

<sup>9</sup> akt: fosforilación de AKT,

Son vías de trasmisión de señales celulares, que nos aportan cambios de la actividad proteica y ayuda que su desarrollo sea normal y eficiente para seguir el procedimiento de la formación del feto (Ryan et al, 2008)

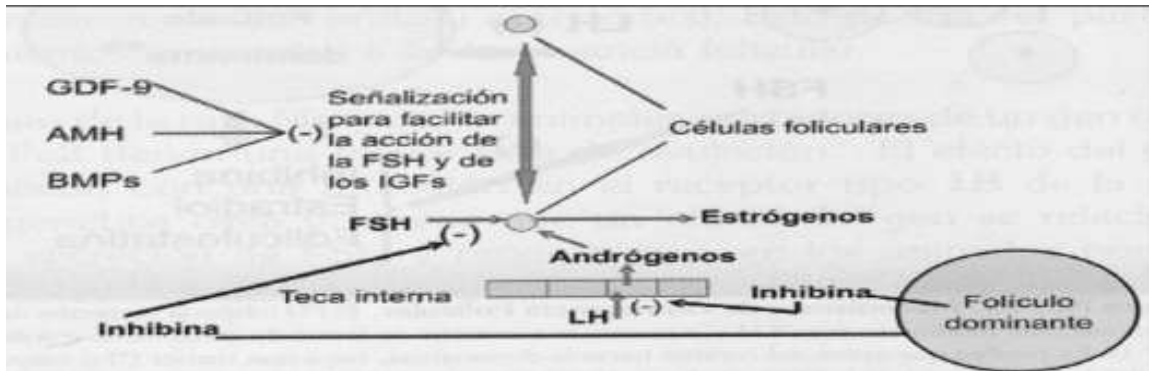
Para Henao et al (2000), el procedimiento de diferencia puede ejecutarse de tres formas:

- ✓ El diametro folicular varia de acuerdo del tiempo en que se encuentre su estado de desarrollo que pude fluctuar entre los días cero y cuatro de la onda folicula.
- ✓ Los foliculos en su estado de dominancia y subordinacion aumentan su diametro de acuerdo a sus diferencias.
- ✓ El foliculo subordinado es de menor tamaño que el foliculo dominante.

En las hembras bovinas con dos ondas foliculares, se considera que la FSH y los estrógenos aceleran el desarrollo folicular, ocurriendo cuando los niveles plasmáticos de FSH aumentan ligeramente, primeramente, al inicio de la onda folicular y nuevamente a los ocho y diez días (Henao & Col, 2000), tal como se muestra en la figura 12. Las concentraciones plasmáticas de FSH aumentan de manera espontánea y ondas inducidas, siendo liberada por los productos foliculares, dando origen a la siguiente onda del ciclo. Finalizando el periodo de dominio, las concentraciones de FSH aumentan de 1.5 a 2 veces en los dos días siguientes, entre 12 y 24 horas precedentemente de la generación de la onda. Si el folículo dominante se retira (ablación folicular), en las 12 horas siguientes se da un pico de FSH, generando una onda folicular en las 24 horas siguientes (Adams et al, 2008).



**Ilustración 12: Retraimiento del crecimiento folicular subordinado a la hormona FSH, de los elementos insulínicos de aumento y de los estrógenos. GDF9; factor de crecimiento y diferenciación, AMH; hormona antiparameonéfrica, BMPs; proteínas morfogenéticas óseas.**



Fuente. Hernández, et al (2008)

La vacuolización del nucléolo de las células foliculares, es uno de los cambios que sufren los folículos dominantes antes de su maduración, en el tiempo de la luteólisis y la visión de un aumento de LH (Assey et al, 1994, Citado Por: Hernández et al, 2008).

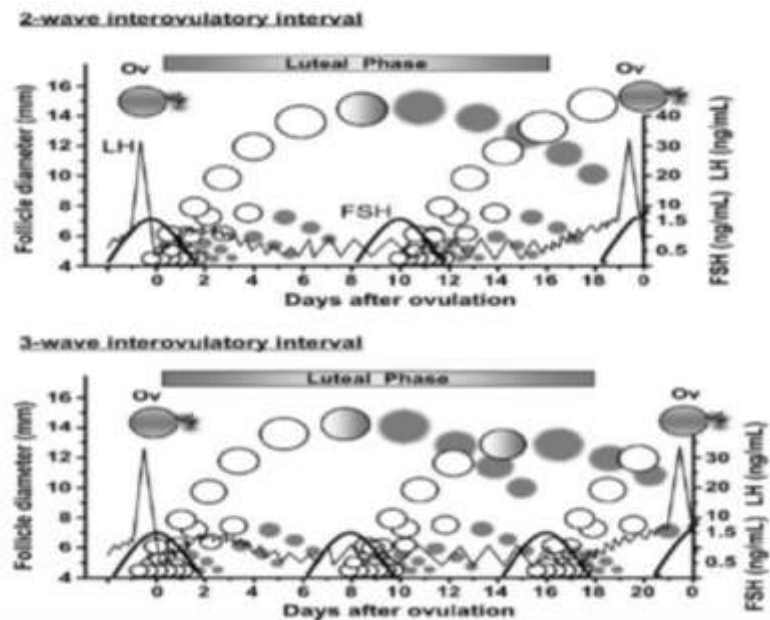
**Tabla 4: Paralelo de la cantidad de folículos receptores de las hormonas FSH y de LH del aumento folicular en el intervalo del día 2 y 4.**

Características	Día 2		Día 4	
	Folículo más amplio	Segundo folículo más amplio	Folículo más amplio	Segundo folículo más amplio
<b>Diámetro folicular (mm)</b>	8.5 ± 0.5	7.3 ± 0.7	13 ± 0.9	8.9 ± 0.5**
<b>Estradiol (ng/ml)</b>	373 ± 151	42 ± 26**	265 ± 23	6 ± 2*
<b>Estradiol (ng/ml)</b>	12.2 ± 2.3	20.1 ± 8.6	17.1 ± 1.6	21.1 ± 13.3
<b>Estradiol / progesterona</b>	26 ± 13.9	9.5 ± 8.8	15.2 ± 2.9	0.98 ± 0.5
<b>Células de la granulosa/folículo (10<sup>6</sup>)</b>	26 ± 5	16 ± 4	30 ± 7	10 ± 3**
<b>FSH-R/célula</b>	6011 ± 711	8925 ± 2246	14196 ± 8045	4322 ± 953
<b>FSH-R/folículo (10<sup>6</sup>)</b>	15.8 ± 3.8	12.5 ± 1.4	34.9 ± 14.6	3.6 ± 0.7**
<b>LH-R/célula</b>	2344 ± 1790	3013 ± 1234	7521 ± 3112	712 ± 361*
<b>LH_R/Folículo (10<sup>6</sup>)</b>	6.8 ± 5.4	4.9 ± 2	19.3 ± 6.8	0.97 ± 0.5*
** (P<0.05) * (P<0.01)				

Fuente: Henao, et al (2000).

En el día cero del ciclo estral, se genera una onda folicular resultado del inicio de la ovulación, la segunda ronda entre los días nueve o diez, y para los ciclos de tres ondas entre el día 15 y 16. Cuando se tienen concentraciones altas de progesterona, los folículos principales de las ondas continuas sufren una atrofia. El cuerpo lúteo inicia su retroceso antes (día 16) en etapas de dos ondas y el día 19 en etapas de tres ondas (figura 13). (Adams et al, 2008).

**Ilustración 13: Comportamiento del proceso del folículo ovárico y la liberación de gonadotropinas durante etapas de dos y tres ondas.**



Fuente: Adams, et al (2008).

En el estro del bovino se efectúan dos o tres ondas en desarrollo folicular y la secreción donde interviene la FSH y LH. Para que pueda aparecer la formación del cuerpo lúteo. En este procedimiento aparecen los folículos dominantes y subordinados donde se abren para liberar la formación de las proteínas necesarias para este procedimiento. Las hormas FSH se conoce por línea gruesa y las hormonas LH se identifica con la línea delgada. el aumento de LH en un periodo aumenta la frecuencia de los pulsos de LH y bajaba las concentraciones de progesterona, (conocidos como: el ciclo de luteólisis y luteogenesis, proporcionalmente).



Para Hernández et al., (2008), La formación del cuerpo lúteo, se da en el lugar que ocupa el folículo ovulado, y se dan antes del proceso de ovulación por acción de las células interna de la teca y las células foliculares y la concentración de la hormona LH, que nos muestra la elaboración de progesterona.

El desarrollo, madurez, ovulación y luteinización del folículo de Graaf difiere de los esquemas adecuados de liberación, agrupación abundantes y ritmos apropiadas de FSH y LH en suero. Entre las hormonas que intervienen se agrupan los esteroides, prostaglandinas y glucoproteínas. La prioridad de la FSH es la agrupación del antro. Esta gonatropina promueve la mitosis de las células de la granulosa y el desarrollo del líquido folicular. La FSH interviene en la sensibilidad de células granulosa hacia la LH permitiendo el incremento del número de receptores de LH, según (Hafez, 2002).

### **5.5.Hormonas Gonadotróficas**

La hormona FSH y LH tienen glicoproteínas fabricadas por la hipófisis, similar a la hormona gonadotropina coriónica humana (eCG) y la tirotrófina (TSH), estas dos hormonas se unen y se encuentran conformadas por dos divisiones  $\alpha$  y  $\beta$ . Forman la especie muy parecida a la hormona glicoproteína mencionada, según Gigli, et al., (2006). presentan las siguientes características:

- La hormona FSH es primordial para la recuperación de los folículos antrales
- El principal objetivo de la hormona LH es estimular el proceso de meiosis en el folículo previo a la ovulación.



### **5.6. Desarrollo folicular en la etapa “folicular” y “de cuerpo amarillo”**

La actividad comprende dos partes: inicia con la apertura del folículo principal hasta el folículo terciario, posteriormente se da la formación del antro gonadotropina sin depender de las hormonas FSH y LH. (Gigli, et al., 2006).

### **5.7. Maduración del óvulo**

Para la maduración del ovocito se deben presentar dos fases: un lapso de crecimiento que comienza con la liberación del folículo primordial. Y finaliza con preparación nuclear y citoplasmática, y es una condición primordial para que se efectúe la fecundación y el desarrollo normal del ovocito. en el proceso de meiosis se da la maduración del ovulo y la maduración citoplasmática, según Hafez (2002).

### **5.8. Ovulación**

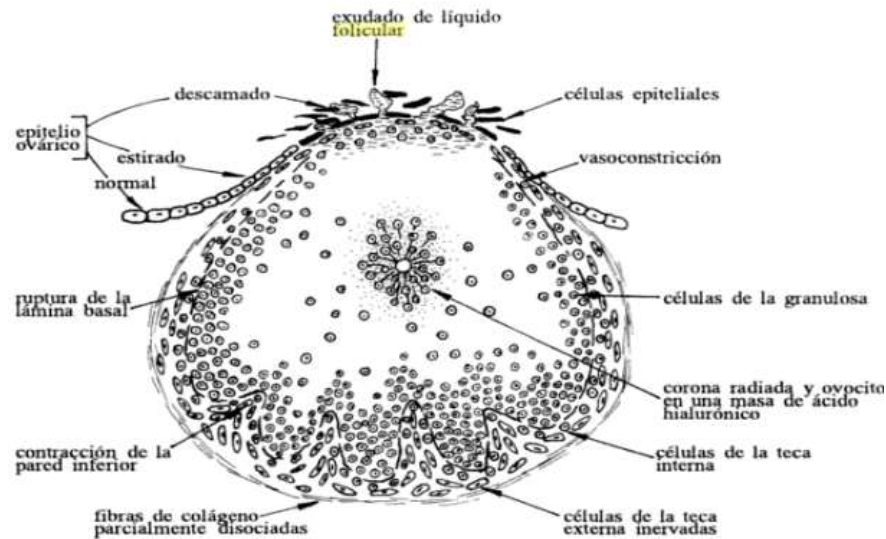
Para Hernández et al., (2008), esta fase es primordial ya que es donde se presenta la ruptura de la pared folicular y la formación de la estructura que lo distancia de la zona ovárica, y tiene un lapso de duración de 25 y 36 horas después de iniciado el estro. Este requisito es muy importante conocerlo para la realización de la IA para la colocada del macho para que la hembra sea cubierta o para que el macho realice la copula con la hembra.

En esta etapa se dan 3 cambios en los folículos preovulatorios, que son:

1. Maduración citoplasmática
2. Perdida de agrupación de las células de la capa granulosa
3. Debilitamiento de la pared folicular externa



### Ilustración 14: Forma del folículo preovulación

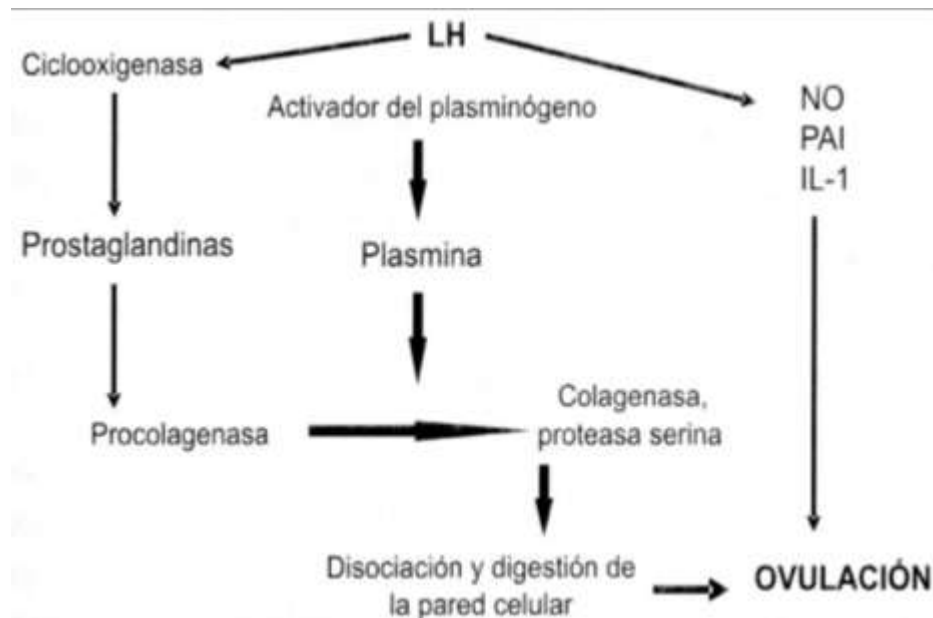


Fuente: principios de reproducción y alimentación (1995)

Hay una presencia de derrame sanguíneo hacia la parte del folículo ovulatorio, según (Brannstromm y col., 1998 citado por: Hernández et al., 2008). Una vez finalizado el crecimiento del folículo maduro, éste tiene la capacidad de responder a las descargas de LH y FSH, liberando el ovocito fértil a través del estigma, produciendo así la ruptura de su pared celular (Buxadé & Angulo, 1995).



### Ilustración 15: Componentes en la ovulación



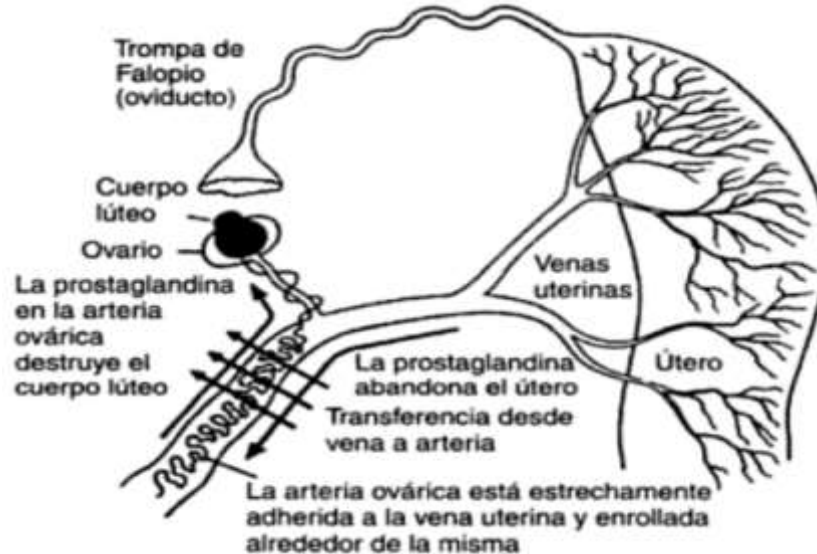
NO: Óxido Nítrico; LH: Hormona luteinizante; TIMP: inhibidor de la metaloproteínas; PAI: Inhibidor del activador del plasminógeno.

Fuente: Hernández, et al (2008)

#### 5.8.1. Regresión lútea (lúteolisis)

La importancia de la regresión lútea, radica en que la hembra no gestante pueda entrar nuevamente en un periodo y estado potencialmente fértil lo antes posible. La vida del cuerpo lúteo pasada la ovulación, debe garantizar la síntesis y liberación de factores que permitan mantener una posible gestación, o lo bastante corta para que el animal inicie un nuevo ciclo. La etapa luteínica tiene una duración de 14 días aproximadamente sin la presencia de la gestación, esto da vida a que se presente cada 21 días en promedio, lo que corresponde a 3 semanas, el ciclo estral en las hembras bovinas (Cunningham, 2003).

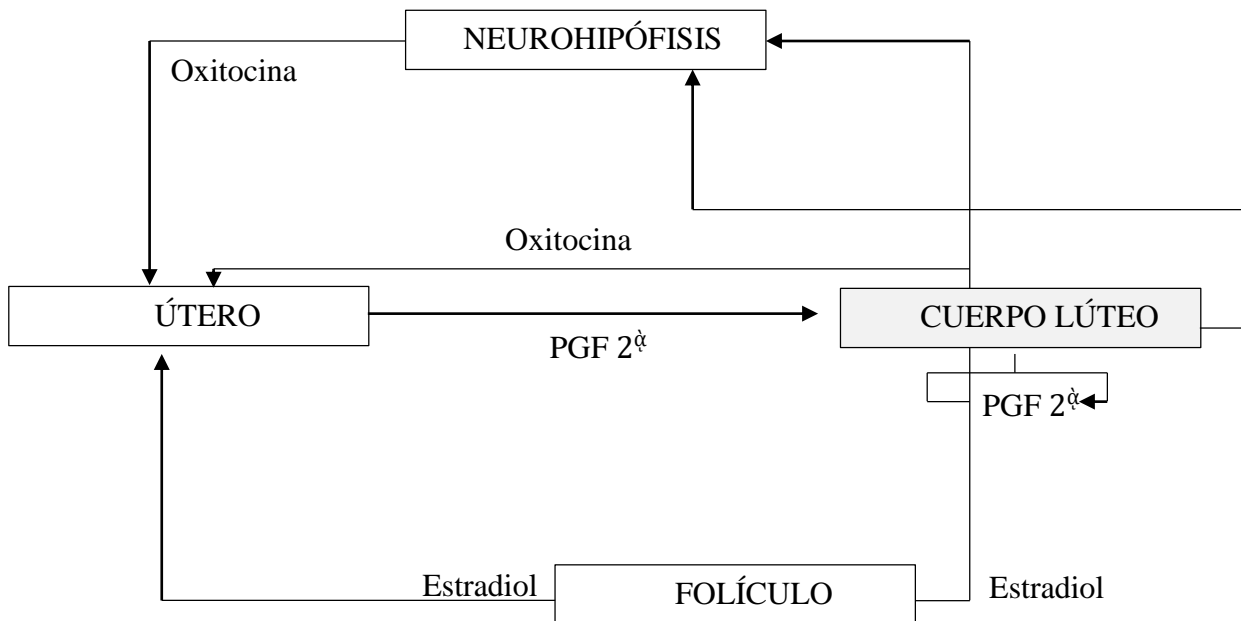


**Ilustración 16: importancia de la prostaglandina sobre el cuerpo lúteo y su influencia.**

Fuente: Cunningham (2003)

En las grandes especies, el cuerpo lúteo da origen a la síntesis uterina y secreción de  $PGF_{2\alpha}$  aproximadamente 14 días posteriormente a la ovulación (figura 16) (Cunningham, 2003). Si al día 16 no hay reconocimiento del inicio de una gestación, estos niveles empiezan a descender los niveles de progesterona permitiendo el comienzo de un nuevo ciclo. Este descenso, es ocasionado por la segregación de prostaglandina del útero. (Convey & Hansel, 1983, Citado Por: Hernández et al., 2008). Podemos observar la importancia de la prostanglandina en la ayuda del ciclo ovulatorio y la predisposición del útero para que se realice la fecundación con éxito. el proceso de luteólisis, da inicio después de 16 y 17 días en los bovinos. La secreción se inicia con pequeños pulsos aumentado en la misma magnitud que el proceso lueolítico (figura 17). (Mann & Lamming, 2006, citado por: Hernández et al., 2008).

### Ilustración 17: Proceso hormonal ocurrido durante la etapa de la luteólisis



Fuente. Reproducción en la Vaca Fisiología y Aplicaciones (2008)

## 5.9. Gestación Y División

La gestación es un etapa donde ya se ha presentado la fecundación el ovulo y está preparada para seguir su desarrollo durante un ciclo de nueve meses en los bovinos, para luego presentarse el parto de terminado este tiempo y dar como resultado una nueva cría. Comprende el espacio entre la fertilización hasta el parto. Se presume que su inicio se da en el momento de la unión del espermatozoide con el óculo eclosionado (González, 2002).

### 5.9.1. Periodo ovular

Este periodo está comprendido entre la fertilización y el doceavo día de gestación. Se conoce como la etapa en la que se conserva el cigoto en su fase original. excepto la cantidad de células de partición mitótica. La primera ovulación se presenta en el oviducto que es un conducto que conecta al útero con el ovario. según Schroeder, (1999). en este oviducto se presentan cuatro fases: la fertilización, el transporte oviductual, el flotamiento intrauterino y la sujeción endometrial.

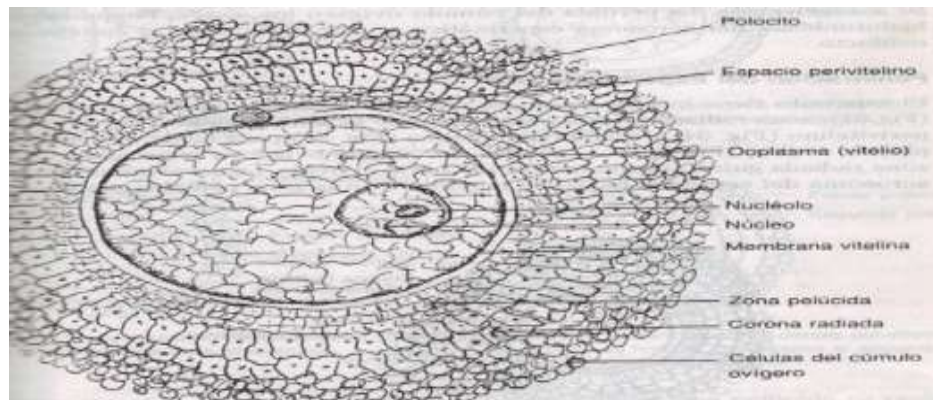
### 5.9.2. Fertilización

Este proceso de la fertilización se realiza en tres etapas:

Inicia con el recubrimiento extracelular del ovulo y finaliza con el revestimiento plasmático del ovulo. (Janice, 2009).

Posteriormente de realizarse esta etapa el ovulo cae en el infundíbulo donde se efectúa la fecundación (figura 18). La denudación del óvulo se debe a la hialuronidasa presente en el acrosoma del espermatozoide, desdoblado el ácido hialurónico, componente del cemento celular del cúmulo ovígero en partes equimoleculares por Nacetilglucosamina y ácido glucorónico (Schroeder, 1999).

#### Ilustración 18: Óvulo recién fecundado



Fuente Schroeder (1999)

### 5.9.3. Limpieza del óvulo eclosionado

La denudación o limpieza ovárica es efectuado con el fin de que el espermatozoide efectúe intercambios metabólicos y gaseosos para su subsistencia según, Buffone et al, (2009). de lo contrario este muere.

#### 5.9.4. *Penetración del espermatozoide*

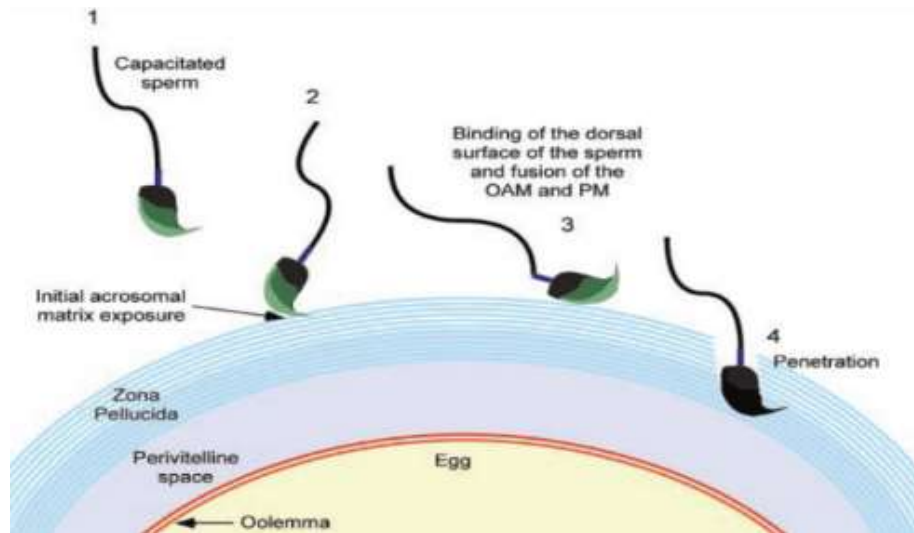
Después de que el espermatozoide ha ganado su competencia con los demás, el más fuerte atraviesa por las células del cumulo ovífero en disgregación, la corona radiada, la zona pelúcida, el espacio perivitelinio y la membrana vitelina para que se unan en una sola célula y empiece el proceso que se efectúa en un tiempo aproximado de 30 minutos. Para que así se dé inicio a una nueva vida y se realicen las etapas correspondientes a la formación del embrión. . (Schroeder, 1999).

Los espermatozoides inician una carrera maratónica en el tracto de la hembra, lo que se conoce como ZP (zona pelúcida), esto en el caso de manta natural, pero cuando es inseminación artificial los espermatozoides deben pasar la barrera del segundo anillo del cérvix para que inicien su recorrido en busca del ovulo para ser fecundado. la entrada de los espermatozoides ocurre en un tiempo de 5 a 15 minutos aproximadamente después de la copula o la inseminación artificial. se experimentan dos momentos: el primer momento es cuando el espermatozoide por empuje del movimiento de su cabeza, cola y cuerpo llegan a la búsqueda del ovulo y la segunda es la liberación de encima que permiten la apertura de la zona pelúcida para que el espermatozoide pueda penetrar y se realice la fecundación. (figura 19) (Galina, 2006).

Después de realizar esta unión se presenta una reacción Inter cromosómica entre la cabeza del espermatozoide y el ovulo que va a hacer fecundado. según, Hafez, (2002).



### Ilustración 19: Esquema de ilustración entre la célula sexual masculina (espermatozoide) y la ZP



Fuente: Buffone et al (2009).

Después de la entrada del espermatozoide a la ZP se secreta la acrosina, que presenta propiedades que le ayudan a mantener la vida del embrión fecundado, según (Galina, 2006).

#### 5.10. Desarrollo De Pronúcleos Y Singamia

Para González, (2002), a medida que avanza el tiempo se generan eventos bioquímicos y biofísicos característicos de la formación de un nuevo ser. al ingresar la célula sexual masculina de la fecundación en el revestimiento vitelino se inicia el proceso de meiosis que es característico de la transformación de la célula sexual que se acaba de formar. Después de este proceso se inicia una serie a acoplamiento entre los cromosomas femeninos y masculinos para mejoras esqueléticas del ovulo que ha sido fecundado.

Cuando el espermatozoide entra al ovoplasma, inicia la separación del código nuclear. se une el material genético contenido en el ovulo y el espermatozoide para dar inicio a la formación de

un nuevo ser, con características de los dos y se empieza a determinar el sexo y las características del ADN desaparecen, pero de acaba individuo y empieza a reflejarse los nuevos rasgos del individuo que se acaba de formar. (Alonso & Caccia, 2007)

Se inicia la división unicelular dando origen a cada una de las fases que integran esta etapa. En donde se organizan los cromosomas y se determina el sexo. (Alonso & Caccia, 2007).

Después de que el espermatozoide ha entrado su cabeza se presentan una serie de cambios que dan origen a la singamia que es la última etapa de la fecundación, en donde la parte superior del espermatozoide se hincha y pierde su forma convirtiéndose en gel. A su alrededor aparecen nucléolos y se forma una membrana nuclear donde se da origen a un nucléolo masculino. El desarrollo de los dos pronúcleos (femenino y masculino) se realiza simultáneamente. La cromatina masculina empieza a cambiar de forma en forma progresiva (liberación y aumento) primero que la cromatina femenina, por esta razón el pronúcleo masculino es más voluminoso que el núcleo femenino (hembra), (figura 20). (González, 2002).

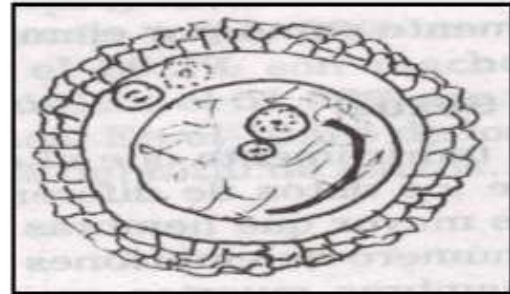
La membrana y el núcleo empiezan a desaparecer, donde tienen una vida de 10 a 15 horas, dando como resultado la creación de las estructuras de los cromosomas tanto masculinos como femeninos, inicia la primera etapa de la mitosis o profase, en donde su código genético ya está formado y determinado. (figura 22). (Schroeder, 1999)



**Ilustración 20: Formación de núcleo de los gametos del macho y hembra, núcleo de gametos desarrollados (respectivamente) que se dan en cada proceso.**



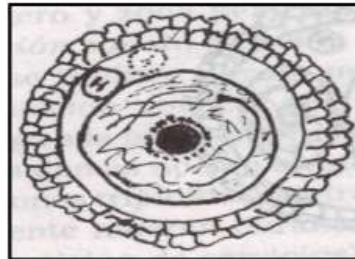
Desarrollo de los pronúcleos masculino y femenino. La mitocondria se reúne alrededor del pronúcleo masculino. Se inicia la singamia.



Pronúcleos desarrollados. El masculino es mayor que el femenino.

Fuente: Schroeder (1999)

**Ilustración 21: Fusión de los pronúcleos**



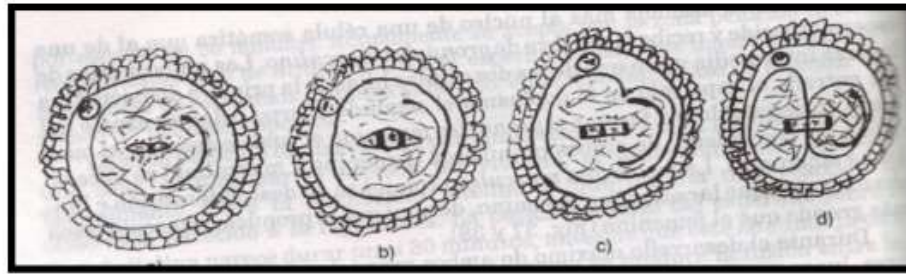
Unión de los pronúcleos. Finaliza la singamia y con esto la fertilización (fecundación)

Fuente: fisiología reproductiva de la vaca (19999)

En este proceso que se realiza en un tiempo entre 11 a 39 horas, se efectúa el intercambio genético de padre y madre y se determina la formación del código genético, dando origen a la formación del sexo. Se siguen presentando las fases de la división meiótica de la célula para así completar su etapa final, que tiene una duración de 12 a 30 horas en los bovinos. según (figura 22). (Schroeder, 1999)



### Ilustración 22: Formación de la división del huevo

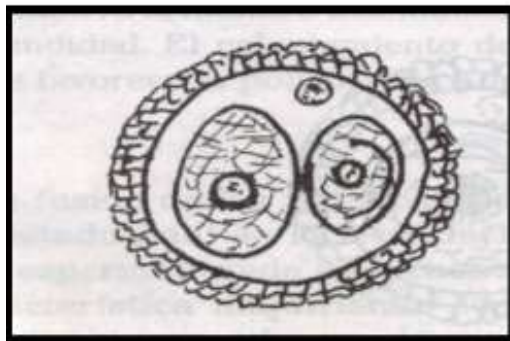


- a) Formación del uso acromático (anafase)
- b) Mitosis (anafase y telofase)
- c) Mitosis (anafase y telofase)
- d) División del ooplasma (vitelio)

Fuente. Schroeder (1999)

Una vez finalizada la fertilización, aparecen dos células llamadas blastómeras estas continúan sufriendo el proceso de mitosis en la vaca, un cambio por día, según (Winters y col., 1952, citado por: Hernández et al., 2008).

### Ilustración 23: Creación de 2 blastómeras



Embrión de dos células

Fuente: Schroeder (1999)



### **5.11. Segmentación**

Posterior a la etapa del cigoto, los embriones sufren cambios míticos en su estructura mítica. el cigoto presenta una serie de cambios en los cuales se caracteriza por ser grande y tener reducida proporción de núcleo/citoplasma. en la siguiente etapa de división llamada segmentación se presenta una serie de cambios en donde las células se dividen sin existir un aumento en su masa molecular. en esta etapa es considera negativo el crecimiento celular ya se disminuye la masa celular en la vaca de 20% y en la oveja del 40%. el ácido nucleico aumenta de tamaño y los cromosomas se conservan intactos, según (Hafez, 2002).

En los animales domésticos la interacción de la célula sexual masculina con el ovulo empieza un proceso químico y físico, consolidado por una sola célula después de un proceso de divisiones da origen a un individuo. Este ser en formación crea una interacción con la madre por medio del cordón umbilical donde comparte con la madre un mecanismo metabólico donde recibe alimento y expulsa sus residuos, permitiendo así continuar su desarrollo hasta el momento de efectuarse el parto que es de aproximadamente 9 meses. Después del nacimiento recibe el alimento a través del calostro y continua con su alimentación consumiendo la leche que esta le suministra. (Alonso & Caccia, 2007).

El núcleo se reprograma debido a la transformación de su nuevo entorno en donde cambia su código genético, donde se da un sistema haploide de un par de células distintas en los gametos del citoplasma del ovulo. La principal función del embrión fertilizado es cambiar a un estado totipotente (Duranton & Col, 2008).



### 5.12. Acondicionamiento uterino, transporte e inicio de segregaciones del cigoto

El desarrollo embrionario se da posteriormente a la singamia. la división celular identifica esta etapa. al descender por el oviducto el cigoto se fracciona en un lapso de 24 horas, la masa celular no presenta cambios, por lo que cada fracción origina células hijas de tamaño inferior. El traslado del cigoto al útero dura aproximadamente de 3 a 4 días, el óvulo fecundado finaliza con contenido general de 16 a 32 células en blastómeras. (Alonso & Caccia, 2007)

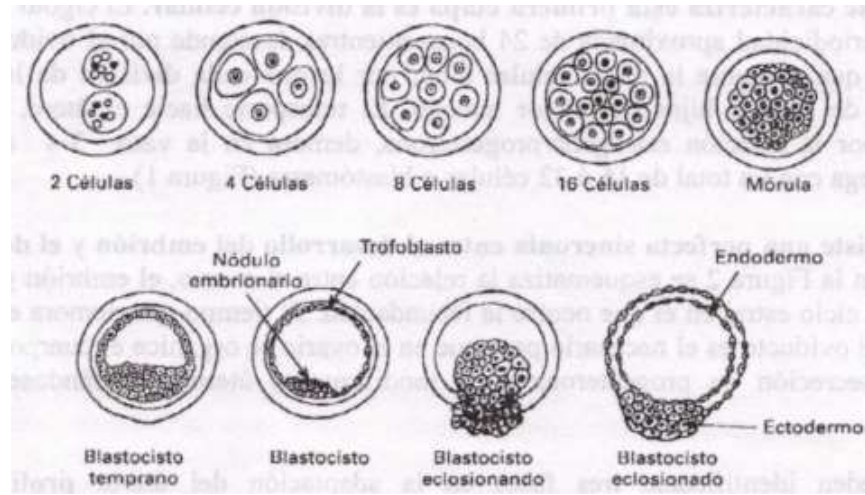
La comunicación intercelular es el primer paso para la diferenciación. la consolidación es diferenciada por el incremento de la relación célula a célula y se origina el blastómero. La etapa final da inicio a la formación de 8 células en el ratón, pero esto depende de la especie de estudio. como resultado se da la formación de la mórula, (figura 24), (Duranton & Col, 2008). En el caso del bovino se presenta una división, dando lugar a 2 – 4 – 8 – 16 células, en el cuarto día donde se denomina Blastómera en la que contiene igual cantidad de citoplasma que en el cigoto. (Manual de reproducción bovina, 2015)

Para Swales y Spears, 2005 citado por: Hernández et al., (2008). El desdoblamiento de la mórula requiere de la presencia del genoma para que se desarrolle la etapa de blastocisto. La huella genética (‘‘Gene imprinting’’) es un suceso por medio del cual los alelos del padre y de la madre de un gen se muestran, en donde muestran su dominancia y el pronunciamiento de los genes dominantes opacan el pronunciamiento de los genes recesivo, el resultando es una expresión mono-alélica de los genes del genoma.

El embrión en fase de mórula es independiente ya que esta fuera del útero, esto debido a que en la totalidad de las especies animales se aloja en el oviducto. La zona pelúcida ayuda a desplazar el embrión del oviducto al útero (Dey y col, 2004 citado por: Hernández et al., 2008).



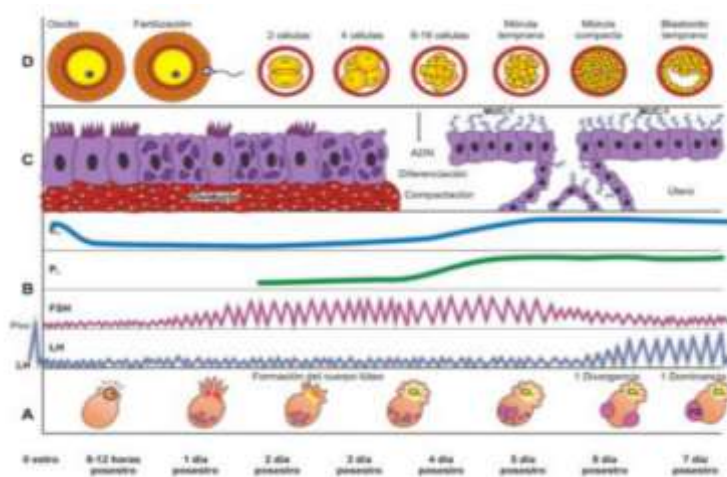
**Ilustración 24: Bosquejo de las fases que representan el desarrollo embrionario temprano.**



Fuente: fisiología veterinaria (2003)

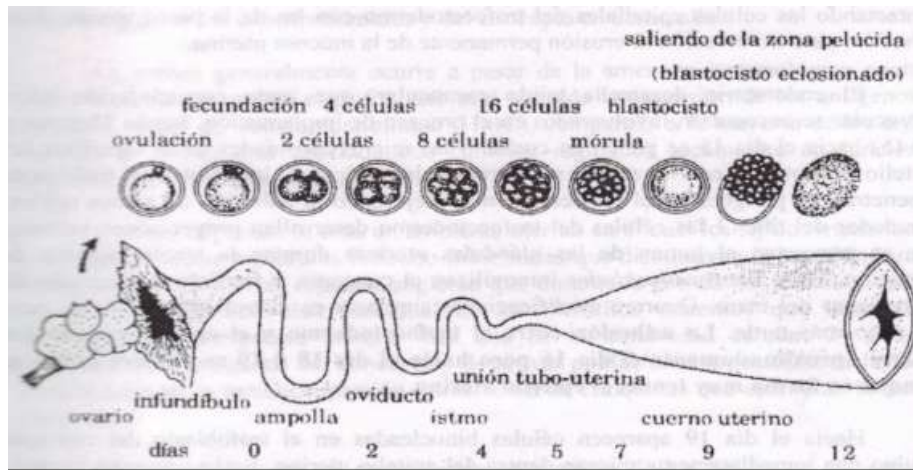
Existiendo un enlace entre la formación del embrión y la formación uterina. El lapso que transcurre entre el oviducto y el útero es el apropiado para que el útero se prepare para anidar el embrión, secretando progesterona para su buena gestación y desarrollo hasta el momento del parto. (Figura 25 y 26).

**Ilustración 25: fase inicial de la etapa estral día 0 al 7 postestro**



Fuente. López Cardona, Reconocimiento materno de la preñez e implantación del embrión (2008)

## Ilustración 26: Correlación etapa embrionaria localización del útero



Fuente Teoría y práctica de la fecundación in vitro (2005)

Se pueden clasificar 3 etapas en la fijación del embrión al útero:

- Proliferación
- Crecimiento
- Distensión

En la etapa de proliferación se caracteriza por la bajada de la mucosa uterina por el aumento los estrógenos, aumentando la vascularización y la difusión celular, a lo que se denomina (acción miogénica). En el día 0 se caracteriza por el aumento de secreción celular de la periferia del epitelio, en donde se genera un lívido viscoso de tipo holocrino. en la etapa del metaestro se aprecia una ondulación en el epitelio endocrino donde está cubierto de moco para facilitar el paso, esto se da del día 2 al 5 del ciclo. Se caracteriza por presentar una disminución en la secreción y numerosas mitosis en las células. Se experimenta cambios físicos en las paredes del oviducto, por el aumento de progesterona lo cual genera deshidratación y reducción de la altura del epitelio y un cambio de la estructura de la glándula uterina. En los días 6 a 18 de la fase lútea que corresponde al diestro, los altos niveles de progesterona en el epitelio superficial del endometrio se da el transcurso normal y culmina la etapa de mitosis. El canal de las secreciones uterinas es fuertemente

traumático y la liberación se efectúa en dos tipos: Apocrino y merocrino. Las glándulas uterinas juegan un papel importante sobre la nutrición del óvulo en sus primeras fases de vida y su fijación. (Holy, 1983).

### **5.13. Blastocisto, crecimiento y surgimiento**

En los bovinos hay una gran diferencia del embrión, ya que se encuentra constituido por un conjunto de células indiferenciadas (estado mórula), caracterizándose por estar conformada por un conjunto celular interno y una entrada interna llamada blastocele. La materia celular interna permanece cubierta por el trofoblasto, el cual delimita los externos del blastocisto, nombre que se le otorga al nuevo individuo. (Hernández et al., 2008).

Después de haberse alojado en el útero, el embrión sufre una división celular de manera simultánea durante 2 días más de haberse alojado en el útero. Posteriormente, la masa celular tiende a segregarse hacia los polos, y las células de diferente estado o tamaño se compactan para empezar a acumular líquido iniciando su ciclo y funcionamiento. En donde se transforma en blastocele y el óvulo se transforma en blastocitos. (Alonso & Caccia, 2007)

En la siguiente etapa de fragmentación, se forma una masa celular compacta por la relación de los blastómeros. dando como resultado la formación de 16 a 32 células conocidas con el nombre mórula. Caracterizada por agrupar un número de células pequeñas en su centro y células grandes en su periferia. dando origen a una cavidad interna llamada blastocele que se da por la acumulación de fluidos en espacios intercelulares. Esto da como resultado la expansión de la cavidad interna o blastocele en donde el cigoto se completa y se le da el nombre de blastocito (Galina, 2006).



La generación de blastocitos cavitación o TE está relacionada con la regulación del agua y transporte de iones, controlando el proceso de fluidos y el desarrollo de blastocitos. Este método permite que haya un equilibrio entre el Na, K registrando una distribución de la Na/K limitando la pared basolateral de TE. (Duranthon & Col, 2008)

La inicial característica es que la célula deja de ser totipotencial, y se genera la polarización del embrión, un conjunto de células conforma el disco embrionario que dará origen al embrión y otras células de mayor tamaño cubren el blastocele a lo que se le denomina trofoblasto lo que conforma la membrana extraembrionaria. El blastocito crece ampliando la cavidad y presionando la capsula para eclosionar y liberarse de la zona pelúcida, esto se efectúa en el día 9 (Alonso & Caccia, 2007).  
entre las causas de la ruptura están:

- Crecimiento del blastocito
- Mayor liquido en el blastocele
- Recogimiento tirmicas del ovario

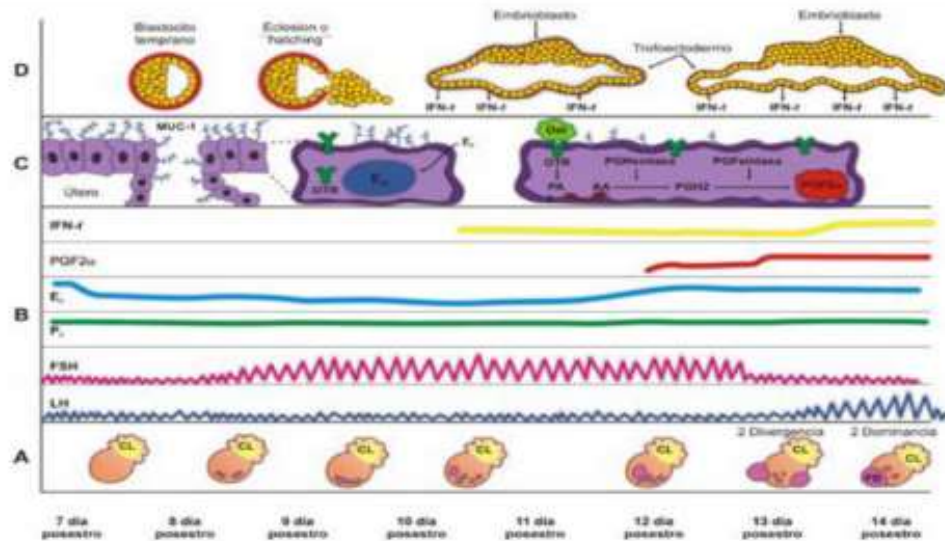
Se han propuesto, además

- Componentes uterinos
- Enzimáticos
- Sensibilización por estrógenos.

La continuación de proceso se da por de 3 etapas: ectodermo, mesodermo y endodermo al trascurrir la materia celular embrionaria. se define el tipo de tejido a formar. El blastocito después de eclosionado mide 160-180 $\mu$  y tiene forma esférica, en los días 12 a 13 el embrión continuo su crecimiento hasta llegar a una medida 1,5 a 3 mm, con una forma tubular. Continua su crecimiento, en el día 13 a 14 mide 1,4x10mm, en el día 18 mide 1,4x160mm, y va creciendo exponencialmente adquiriendo la forma en el día 20 a 24 se amplía hacia el cuerno uterino contralateral. (Figura 27). (Alonso & Caccia, 2007)



### Ilustración 27: Segunda fase del ciclo estral día 7 al 14 posastro



Fuente López Cardona, reconocimiento materno de la preñez e implantación del embrión (2008)

Fundamentando que los ácidos grasos insaturados actúan en el crecimiento de las funciones fetales a través de la naturalidad, facilidad de absorción de líquidos o permeabilidad y desarrollo de las membranas actuando como impulsores de la prostaciclina, leucotrienos, prostaglandinas y tromboxanos, su función principal es el desarrollo embrionario a temprana edad especialmente en el ganado bovino. (Herrera, 2002 & Haggarty, 2002, citado por: Thangavelu et al., 2007).



## 6. Endocrinología

### 6.1. Endocrina Estral

La eficiencia reproductiva o intervalo entre partos se ve influenciada directamente por el anestro post parto, lo que puede crear factores de desequilibrios en el desempeño reproductivo el cual hace parte de los principales componentes de dicha eficiencia. Para lograr una recuperación efectiva después del parto se recomienda ofrecer al animal una nutrición adecuada, con el fin de reactivar la actividad ovárica. De lo contrario el intervalo del primer estro se extiende, ya que no se cuenta con los nutrientes y reservas corporales suficientes para dicha recuperación. Existen técnicas como la sincronización del estro que permiten asegurar una inseminación coincida con el ciclo de ovulación. (Pereja, 2007)

El ciclo estral tiene una permanencia en promedio de 21 días, y una duración aproximada de 21 a 25 días (Callejas, 2001). Se presentan 3 etapas:

1. Etapa Folicular o de retroceso del cuerpo lúteo (Proestro)
2. Etapa Periovulatoria (Estro y Metaestro)
3. Etapa Luteal (Diestro)

La interacción generada durante el ciclo estral por las hormonas con el hipotálamo y pituitaria, ovarios útero se conoce como cambio endocrino. La fase lútea seguida de la fase folicular divide el desarrollo de cada ciclo que procede al principal periodo funcional. El Proestro aparece en la fase folicular la cual es precedida por el estro y la ovulación, la etapa lútea comprende el Metaestro antecedida por el Proestro. Finalmente, la etapa folicular culmina con la ovulación y la etapa del diestro cerca de la luteolisis. (J.L. Ortega Sánchez \*, 2011).



### ***6.1.1. Etapa Folicular o de Retroceso Lúteo***

La etapa folicular presenta dura aproximadamente 3 días, regresando el cuerpo lúteo del ciclo anterior y se da por terminado cuando inicia la manifestación del celo. Se presenta una caída en los niveles de progesterona luego de producirse la destrucción del cuerpo lúteo, posteriormente se ocasiona una ausencia del tejido lúteo, siendo la PGF2 $\alpha$  el principal lúteo lítico de los animales domables y roedores.

Por lo anterior se reduce el feedback negativo provocando por la caída de los niveles de progesterona a etapa hipotalámico y empieza a incrementar la frecuencia palpante de las hormonas gonadotrofinas (FSH y LH), también se promueve el desarrollo folicular con la creación de un gran folículo y la acentuación de los picos de estradiol. Según Callejas, S, 2005, se controla la aceptación al macho o empieza el periodo de celo o estro controlando los porcentajes de estrógenos.

### ***6.1.2. Etapa Periovulatoria***

Empieza con el desarrollo del cuerpo lúteo y la ovulación, se manifiesta con una aceptación al macho ya que se deja cubrir o montar. Presenta una tranquilidad, ansiedad y perdida del estímulo de comer, puede tener una duración de 6 a 18 horas.

Se presenta en la vaca una segregación (filante) de feromonas mediante el mucus con el cual atrae al toro por su olor y lo excita, también se produce una viscosidad considerada en la vulva y en el útero se genera un aumento miometrial, que puede ser palpado fácilmente de forma transrectal.

Según callejas, 2005, en la etapa periovulatoria, los altos niveles de estrógeno que alcancen el umbral de estimación del eje cíclico hipotalámico, estimulan a las neuronas de esta zona a



desarrollar el pico de hormonas liberadoras de gonadotropinas (HnRH<sup>10</sup>) y por tanto aumenta el pico de LH.

La secreción del FHS disminuye, exceptuando el pico preovulatorio del LH, lo que da como resultado el feed back negativo. El incremento basal y la extensión de las pulsaciones de FSH se producen en las siguientes 4 o 12 horas posteriores a la onda de LH, relacionándose con la onda inicial del crecimiento folicular. Posteriormente entre 12 - 24 horas cesan las manifestaciones psíquicas y el sistema nervioso se vuelve refractario al estradiol dado a que ha iniciado el celo.

El metaestro se da a la terminación del celo (6 días). Da inicio el ciclo ovulatorio de la vaca y con ello la ordenación celular y la formación del cuerpo lúteo, en otras especies este proceso se da durante el celo, pero en la vaca ocurre después de este. El pico preovulatorio de LH ocasiona la ovulación entre las 28 - 32 horas de comenzado el celo. Posteriormente del ciclo ovulatorio se crea un cuerpo hemorrágico producto de una hemorragia severa en donde el folículo se satura de sangre.

Las células foliculares que presentan cambios morfológicos y bioquímicos que pueden transformarse en 7 células luteales producto de la formación del cuerpo lúteo (luteinización), finalizando al día 7 con un cuerpo lúteo funcional. (J. L. Ortega Sánchez, 2011)

### ***6.1.3. Etapa Luteal.***

El cuerpo lúteo impera en esta fase. La hormona LH que es progesterotrófica y luteotrófica está ligada como síntesis de la progesterona en el mantenimiento del cuerpo lúteo. La hormona FHS y la PG12 alfa, también intervienen en esta.

---

<sup>10</sup> HnRH: Hormona liberadora de gonadotropina



Un aumento de la secreción de la progesterona puede ser ocasionado por la hormona FSH que unida a los receptores ubicados en el cuerpo lúteo provocan esta reacción. Por su parte la PG12 estimula las células luteales en la producción de progesterona además de generar un efecto positivo en al aumentar el flujo sanguíneo a nivel ovárico sobre la síntesis y la secreción de progesterona.

Hasta el día 15 – 20 el cuerpo lúteo continua en su etapa funcional, si el ovocito no es fecundado, posteriormente empieza la regresión del cuerpo lúteo dando inicio al nuevo ciclo estral. (Callejas, S, 2005).

#### ***6.1.4. Hipotálamo.***

Una pequeña parte del cerebro es ocupada por el hipotálamo. Esta región se comprende entre el quiasma óptico hasta los cuerpos mamilares, es lo que conocemos como tercer ventrículo. Los estímulos provenientes del ambiente son la respuesta de una conexión o relación de integración entre la actividad de varios núcleos de neuronas que producen las actividades somáticas y viscerales del cuerpo, por ello el hipotálamo es el responsable directa o indirectamente de todas las funciones orgánicas en los mamíferos e incluso en el hombre. (Hafez & Hafez 2002).

La hormona secretora de corticotropina CRH, la hormona secretora de tirotropina TRH, la hormona secretora de gonadotropina GnRH, la hormona secretora de prolactina PIH, somatostatina y la hormona secretora de la hormona del desarrollo GRH, son las hormonas hipotéticas presentes en un cuerpo. (Illera, 1994).



### **6.1.5. Hipófisis**

Está constituida por dos partes:

En la primera parte la hormona FSH y LH que se desprenden de la hormona liberadora de gonadotropina GnRH, son imprescindibles en el control neuroendocrino del ciclo estral. El método de esteroidogénesis ovárica, desarrollo y maduración folicular se le atribuyen a la hormona FSH que es responsable de este; la formación del CL y su mantenimiento, el proceso de esteroidogénesis ovárica y la ovulación es donde interviene la LH. La producción de hormonas secretora de corticotropina CRH, hormona secretora de tirotrópina TRH, hormona secretora de prolactina PIH, hormona secretora de la somatostatina GRH, a este proceso en conjunto se le conoce como hipófisis anterior o la adenohipófisis. (Illera, 1994)

El hipotálamo almacena la oxitocina producida, esta es la segunda parte, la neurohipófisis. (Hafez, 1996). Las funciones que tiene esta hormona según Bazer y First, (1983) es la regulación del mecanismo del parto, para Toker (1994) es la responsable de la bajada de leche y para Bazer (1992) es el proceso de luteólisis,

## **6.2. Fisiología del periodo estral de la vaca**

### **6.2.1. Etapa del Ciclo Estral**

Para Duby & Prange, 2004, citado por Rippe, (2009), El tiempo promedio para el ciclo estral es de 21 días aunque este puede durar entre 17 a 24 días, es considerado normal. El celo o calor es el tiempo que transcurre dos periodos esterales, el ciclo estral está fragmentado por 4 etapas. Se considera anormal aquellos ciclos esterales que son inferiores, los ciclos más extensos probablemente se deban a una falta de aparición de calores.



#### 6.2.1.1. Estro

Esta etapa tiene una duración de 2 a 24 horas y se destaca por la afinidad de la vaca a recibir al toro manifestando facilidad para aceptar el macho, se deja montar, presenta pérdida de apetito, brama con continuidad. (McDonald, 1978; Luque et al., 1983, Holy, 1983., Bonafos y Ginther, 1995; Hafez 1996; citado por Rutllant et al., 1997.) Las altas concentraciones de estrógeno generan un aumento de GhRH y aumento de LH. (Kesner et al., 1981 citado por Fink, 1988).

#### 6.2.1.2. Metaestro

El origen del CL se da con la formación del cuerpo hemorrágico en el que se secretara P4, esta etapa tiene una duración de 4 a 5 días. También se presenta la primera oleada folicular, que formará el folículo principal y a varios secundarios. (Alarcón & Galina, 2009).

#### 6.2.1.3. Diestro.

Para Peters et al., 1994 citado por Vizcarra et al., (1997), El predominio del cuerpo lúteo caracteriza esta fase. En el mantenimiento y el desarrollo del CL interviene la LH. Según Peters et al., 1994, en los primeros 12 días del ciclo estral es necesario la secreción pulsátil para mantener los niveles de P4. Después esta secreción no será necesaria, siendo controlada por los bajos niveles de LH o por mecanismos independientes. (Wiltbank, 1994).

#### 6.2.1.4. Proestro.

Para Zheng et al., (1994), Esta etapa aparece con el retroceso del cuerpo lúteo y tiene una duración de 3 días, finalizando con la presencia del celo. La regresión lútea es la pérdida de peso del cuerpo lúteo en el contenido de ADN y el tamaño celular.

#### 6.2.1.5. Dinámica folicular.

El desarrollo pre-ovulatorio es producto de la dinámica folicular en la que se produce un continuo descenso y desarrollo de folículos antrales continuo. Este desarrollo folicular funciona

como una cadena en la que se una desata a otra en forma sucesiva: La de reclutamiento, selección y dominancia (Del Valle, 2008)

Los procesos a continuación descritos sobre la dinámica folicular son planteados por Tovia N, (2012):

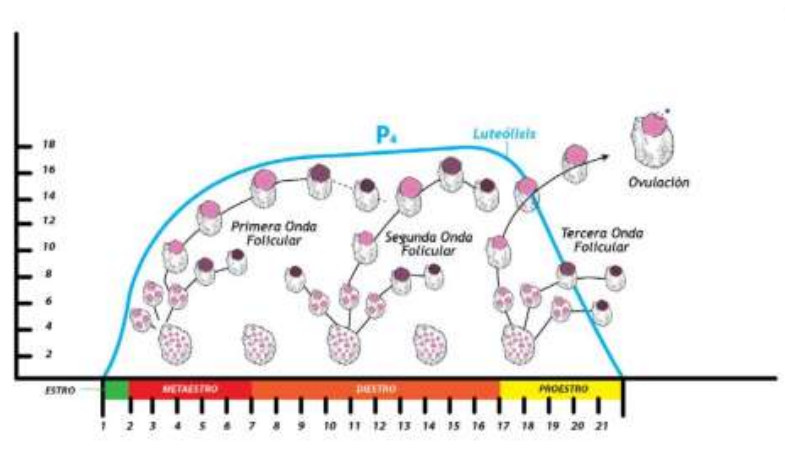
1. **Reclutamiento:** Los pequeños picos de FSH son antecidos de las ondas foliculares, los folículos que contienen receptores específicos de FSH son dependientes de esta gonadotropina para su proceso de crecimiento. Esta fase recibe el nombre de FSH dependiente ya que los folículos en crecimiento no contienen un número de adecuado de receptores de LH, lo cual imposibilita la estimulación de tipo LH.

2. **Selección:** de un pequeño pico de FSH, se selecciona solo un folículo dominante de la cohorte, razones que aún no son comprendidas en su totalidad. La producción de estradiol está relacionada a una condición requerida del folículo dominante que es la capacidad de producción. Según Ginther et al, (2000). El folículo obtiene receptores de LH que contribuyen a que se manifieste su desarrollo con bajos niveles de FSH y altos de LH.

3. **Dominancia:** un patrón de pulsos de la LH se encarga de controlar la selección, actividad estrogénica, crecimiento y vida de un folículo dominante. Cualquier cambio puede desencadenar una reacción sobre el desarrollo del folículo dominante y el ciclo de ovulación, esto se daría si existe una alteración en el esquema de secreción de la GnRH y en la secreción de LH. Diskin et al (2002), opina que la prolongación de los periodos de dominancia de los folículos es de 2 – 7 días y máximo hasta 14 días, si existe un aumento en el pulso de LH, como se observado en los tratamientos con progestágenos, lo que afectaría directamente la fertilidad del ovocito. (Figura 28)



**Ilustración 28:** Ciclo reproductivo de la vaca. Esquema de reproducción, gestación, lactancia y bienestar de la vaca



Fuente: Lenis et al, Reproducción de la vaca. Manual didáctico sobre la reproducción, gestación, lactancia y bienestar de la vaca. 2014

### 6.3. Hormonas de la Reproducción.

Para Hafez & Hafez 2002, el lóbulo anterior y posterior de la hipófisis, varias áreas del hipotálamo, gónadas (ovario y testículo, cuerpo lúteo e incluido su tejido intersticial), placenta y útero son los cuatro sistemas u órganos principales en los que se divide primordiales las hormonas de reproducción.

#### 6.3.1. Estructura de las Hormonas.

Las hormonas reproductivas se pueden agrupar según: su estructura bioquímica, polipéptidos, glucoproteínas, aminas, esteroides y ácidos grasos.



La agrupación de las hormonas reproductivas se puede dar según la estructura bioquímica, en glucoproteínas, polipéptidos, esteroides, ácidos grasos y aminos. Estas se pueden segregar según su estructura química (Hafez & Hafez 2002):

- Hormonas peptídicas como la ocitocina, FSH y LH, corresponde a un peso molecular de 300 a 70.000 Daltons. Conocidas como **Proteínas**
- **Esteroides**, Con un peso molecular de 300 a 400 Daltons. Están aquellos que son derivados del colesterol por ejemplo la testosterona, estrógenos y P4.
- Originarios del ácido araquidónico, como lo son PGF 2 alfa, con un peso molecular alrededor de 400 Daltons, tenemos los **ácidos grasos**.
- **Aminas**, como la melatonina son derivados de tirosina o triptófano.

### 6.3.2. Hormonas Hipotalámicas.

Las hormonas hipotalámicas estimulan la liberación de las hormonas desarrolladas por el tejido glandular de la hipófisis por esto tiene el título de liberadoras, pero también impiden la liberación de determinadas hormonas de hipofisarias por esto se les conoce también como inhibidoras. (Ramírez 2006).

**Tabla 5: Este autor también propone que las hormonas hipotalámicas reconocidas son:**

Hormonas Liberadoras	Hormonas Inhibidoras
CRH: secretora de adrenocorticotrofina	Somatostatina: limita la somatotrofina
TRH: secretora de tirotrófina	Dopamina: limita la prolactina
GnRH: secretora de gonadotrofinas	MIH: limita la hormona estimulante de los melanocitos
STH-RH: secretora de somatotrofina	

Interpretación del autor.

Parte de estas hormonas hipotalámicas son liberadoras de secreciones en otra parte del encéfalo y otros tejidos del cuerpo.



La industria farmacéutica ha creado distintos productos artificiales de estas hormonas de acuerdo al laboratorio donde sean producidas (análogos y agonistas) de diferente concentraciones, como lo es la busarelina sintética, esto para dar respuestas a un mercado potencial que evoluciona en los tratamientos hormonales para ofertar ventajas competitivas con su aplicación.

Con respecto a la busarelina tiene una mayor duración en la circulación a lo que conocemos como mayor vida media y presenta una tasa menor de degradación, pues esta es 17 veces más efectiva que la GnRH natural.

Según Gutiérrez et al., (2005). Otro producto artificial de la GnRH, el fertirelin se obtiene por sustitución de aminoácidos en las posiciones tres, seis y nueve.

### ***6.3.3. Hormonas Adenohipofisarias.***

Según Illera, (1994), la función de la glucoproteína es sintetizar y secretar las células cianofilas por la influencia de GnRH y las gonadotropinas FSH y LH. Las gonadotropinas intervienen en los niveles de secreción de la testosterona del macho y los andrógenos en la hembra como lo son: gónadas, P4 y estrógenos.

Los altos niveles de GnHR son producidos por la secreción de E2 durante el proestro Feedback positivo, lo cual eleva el nivel de LH durante el estro, generando una secreción normal de FSH y LH para que sea efectiva. (Gutiérrez, 2008).

La disminución de los picos de secreción y la frecuencia de LH son causadas por los agentes opiáceos exógenos. El estrés inhibe la secreción de endógenos, por ejemplo, la inhabilitación de la función reproductiva en los primeros días de postparto por efectos de amamantamiento. (Williams et al.1996).



#### *6.3.3.1. Hormona folículo estimulante.*

La aparición del celo en las hembras es concebida gracias a la secreción de estrógenos que estimulan el desarrollo y crecimiento de los folículos ováricos. Y la formación de espermatozoides por los testículos en los machos (Ramírez, 2006).

#### *6.3.3.2. Hormona Luteinizante*

La LH es la encargada de la transformación de los folículos preovulatorios en verdaderos cuerpos lúteo. Al comienzo de la fase folicular, se facilita a las células de la teca del ovario para que desarrollen agentes estrogénicos, porque las células de la granula contienen reservas para FSH y no para LH. Mediante la acción conjunta de las hormonas de FSH y Estrógenos estimulan la generación de la hormona Luteinizante, contenidas en las células de la Granula.

La secreción de P4 de las células lúteas después de la ovulación es el resultado al estímulo de la LH. La producción de testosterona es estimulada por las células intersticiales de Leyding, la hormona luteinizante actúa con las células intersticiales de Leyding en la espermatogénesis y conserva el aparato reproductor y las tipologías sexuales secundarias en el macho. (Illera, 1994).

#### ***6.3.4. Hormonas Esteroides Gonadales.***

La secreción de hormonas esteroideos gonadales se da principalmente en los ovarios y testículos. Los órganos no gonadales como la placenta y las glándulas suprarrenales liberan hormonas de esteroideos en ciertas cantidades. Se agrupan en 4 etapas: estrógenos, progestinas y andrógenos son considerados como esteroideos, sin embargo, la relaxina es considerada como una proteína. Los ovarios desarrollan dos hormonas esteroideos como lo son el estradiol, la progesterona y la relaxina, en los testículos solo se produce la testosterona (Hafez & Hafez 2002).



## 7. Biotecnologías Reproductivas

### 7.1. Evolución en ganado bovino.

En esta especie, en los últimos años las biotecnologías reproductivas han avanzado notablemente, en la técnica de reproducción bovina para así obtener animales de buena genética, ya sea con la inseminación artificial, transferencia de embriones ya sea por método de in-vitro o lavado convencional. En los últimos cinco años ha aumentado la investigación siguiente técnicas:

**Tabla 6: Nuevas técnicas para la reproducción bovina**

1. Trasplante de Embriones (ovulación múltiple)	6. Sexado de Embriones
2. Congelación de Embriones	7. Sexado de Fetos
3. Producción de Gemelos	8. Transferencia de Genes.
4. Producción de Embriones <i>in vitro</i>	
5. Multiplicación de Embriones a. Por medio de Bisección o División b. Por medio de Clonación o Transferencia Nuclear	

Fuente: elaboración del autor.

Todos los días se están investigando nuevas técnicas, la de transferencia de genes se encuentra en etapa de experimentación, estas técnicas son muy importantes para el mejoramiento genético, pero incurre en una inversión comercial de alto costo. Con estas nuevas técnicas el mejoramiento genético es óptimo y se gana tiempo en obtener animales de excelentes calidades ya sea en la producción de carne o la producción de leche.

### 7.1. Trasplante de embriones de embriones

Se le llama (TE) transferencia de embriones, esta técnica consiste mediante un protocolo con hormonas, hacer que la vaca produzca una superovulación, hacer madurar varios óvulos mediante protocolos específicos y a esta hembra se le denomina donadora, después de cierto tiempo de haber superovulado se le realiza un lavado uterino con el fin de recolectar los embriones y mediante el



estudio de estos en un laboratorio y después de haberlos seleccionado los mejores, posteriormente ser implantados a las vacas receptoras que se han seleccionado para dicho procedimiento.

Por la cual tiene el siguiente procedimiento: a.) iniciando con una ovulación. b.) fertilización de óvulos, c.) Recolección de los embriones. d.) trasplante de los embriones. Estas técnicas se deben llevar a cabo con un estricto protocolo y ser realizado por personas expertas como un médico veterinario o un zootecnista experto en la materia.

Algunas ventajas que traen estas técnicas son:

- Podemos obtener crías de vacas se excelente calidad ya sean las vacas elites en producción de leche o producción de carne.
- También podemos tener hembras de una producción superior y en menor tiempo.
- Se optimiza el tiempo (en el mejoramiento genético) en realizar esta técnica de transferencia de embriones.
- Se pueden utilizar donadoras con buena habilidad materna y que estas no pueden reproducirse.

El éxito de esta biotecnología reproductiva depende de muchos factores, como los son:

- El estado de los embriones
- Las técnicas que el operario ha utilizado
- Los cuidados que la persona que ha realizado este trabajo ha tenido con los bovinos.

**Tabla 7: Resultados obtenidos de un estudio de transferencia.**



VARIABLE	RESPUESTA
SUPEROVULACIÓN	8 a 10 Ovulaciones por donadora
EMBRIONES COLECTADOS	7 a 10 por donadora
FERTILIZACIÓN	75 – 80%
EMBRIONES FERTILIZADOS Y DE BUENA CALIDAD	4 a 7 por donadora
TRANSFERENCIA QUIRÚRGICA	60 a 80 % de preñez
TRANSFERENCIA NO QUIRÚRGICA	50 a 70% de preñez
COLECCIONES POR DONADORA POR AÑO	3 a 4
CRÍAS POR DONADORA POR AÑO	9 a 16

Fuente: Biotecnología reproductiva: Avances en ganado bovino. Salvador Romo García 2003.

### Ovulación múltiple de transferencia de embriones

Para realizar un programa de OMTE, la vaca donadora se puede establecer en un equipo de la finca donde se va a llevar a cabo esta práctica, con el objetivo principal de realizar esta técnica es obtener animales superiores o iguales a las vacas donadoras para así poder obtener los mejores resultados en un hato que se vaya a establecer.

Sin embargo, el costo que implica realizar esta técnica es de alto valor, ya se utilizan protocolos que son de alto costo para poder realizar esta labor.

Cuando se llevan a cabo esta técnica en las fincas colombianas podemos mejorar significativamente los hatos ya sea de leche o de carne en un tiempo menor y con animales de mejor calidad. Con la ejecución de esta técnica se presentan bajos porcentajes de enfermedades de transmisión sexual, se disminuyen las tasas de aborto. Pero sin embargo existe el riesgo de que se presentes enfermedades infectocontagiosas trasferidas por el embrión, para lo cual sería recomendado hacer un examen a la donadora de enfermedades como la brucelosis bovina, diarrea



viral, para no correr riesgos de seguir propagando estas enfermedades a través de sus descendientes.

Con esta biotecnología podemos obtener animales muy parecidos o superiores a las madres donadoras donde la calidad de estos es de muy notable porcentaje con respecto a las demás crías que se obtienen en un hato común y corriente, según Smith (1987).

En 1987, Smith introdujo el concepto de ovulación múltiple y transferencia de embriones (MOET), mostrando como un programa MOET bien diseñado, puede incrementar la intensidad de selección y reducir los intervalos generacionales, resultando en mejoramiento en las ganancias genéticas. El establecimiento de hatos núcleo y una descendencia de novillas objetivo de “MOET juvenil”, pueden resultar en ganancias genéticas que se aproximen al doble de aquellas logradas con programas de prueba de progenie tradicionales (8, 9, 10). Lo que nos da la idea que en la necesidad inmediata en el país de programas estructurados de mejoramiento genético, los núcleos MOET pueden constituirse en alternativas más viables, que las pruebas de progenie tradicional es por su alta inversión y logística de ámbito nacional.

La evaluación genética por mejoramiento genético tradicional y por genética cuantitativa no es la única vía para la introducción de características deseables a través de embriones. Las tecnologías dependientes de la TE tienen el potencial de incrementar la eficiencia de la selección asistida por marcadores y permitir la incorporación de transgenes en el ganado (9). De manera que aunque en



el país no se haya avanzado en las tecnologías recientes de ingeniería genética en embriones bovinos, es fundamental considerar su aplicación.

Por medio de la superovulación y la transferencia de embriones, es posible obtener prole desde vacas valiosas genéticamente que sean infértiles por trauma, enfermedad, o por edad, aunque las tasas de éxito son solo cercanas a un tercio de las adquiridas con vacas saludables y fértiles. Las vacas y novillas con causas genéticas de subfertilidad no deben ser propagadas por estos medios.

Los problemas de eficiencia reproductiva en la ganadería colombiana, tal vez difícilmente puedan ser superados mediante la TE, más aun considerando la alta variabilidad de la técnica, dada por el alto costo de la producción de embriones y los problemas asociados con la misma, que conducen a una pobre congelabilidad de los embriones, fetos y terneros anormales, y proporciones de sexo alterados.

La TE puede ser una alternativa económica a la inseminación artificial, pues los embriones que son producidos por superovulación, pero no son transferidos a vacas elite, son una fuente potencial de embriones económicos. La más posible fuente de embriones económicos para los programas de TE a larga escala en hatos comerciales, pueden ser aquellos producidos desde ovarios de matadero por producción *in vitro*.

La inversión de recursos económicos y técnicos, y la superación de las dificultades propias del proceso, solo pueden ser alcanzados si los embriones producidos garantizan de algún modo el progreso genético de las ganaderías, para el desarrollo conjunto de la base genética nacional. Una combinación de la TE, usando vacas altamente probadas, inseminadas con semen de toros



altamente probados, y una industria amplia de inseminación artificial, pueden aparecer como el uso más factible de la TE en un futuro cercano.

## **7.2. Técnica de Reproducción In Vitro De Embriones en Bovinos**

Este técnico consiste en hacer un protocolo a la vaca donadora para que esta superovule y después de cierto tiempo se hace un lavado uterino con una persona experta para extraer los óvulos y llevarlos al laboratorio para ser examinados y fertilizados. y luego son seleccionados para más tarde ser implantados a una o a varias vacas receptoras que se disponen como las receptoras para esta técnica.

### **7.2.1. Técnica y Procedimientos de la Producción In Vitro De Embriones**

Para este método se requiere personal que sea capacitado en el tema y se solicita que esta persona cuente con los equipos adecuados para poder desarrollar esta técnica, pero en general esta alternativa para realizar un mejoramiento genético, el único inconveniente es conseguir a la persona que tenga los conocimientos de la materia ay cuente con los recursos económicos que este trabajo conlleva.

Se requiere de los instrumentos como un laboratorio completo en donde se pueda probar la calidad del semen y medias de protección para evitar la contaminación de los embriones. También debe contar con termos con nitrógeno para evitar que se muera el embrión u oocitos ya fecundados, se debe utilizar un semen de toros probados y seleccionados.

En Colombia es difícil implementar esta técnica ya que se necesita con primera medida, un personal altamente calificado en la materia, contar con los recursos económicos que esta técnica conlleva, desde los protocolos que se realizan con la vaca donadora hasta la fecundación de los



ovocitos en el laboratorio y luego la conservación de lo embrión es congelada hasta poder utilizar la técnica del pegado en la vaca receptora.

### 7.3. Protocolos de Sincronización de Celo

Los protocolos de sincronización de celo son alternativas que podemos utilizar para que la hembra entre en celo a través de la aplicación de hormonas con el fin de que se produzca una ovulación en determinado tiempo en la hembra ya sea para hacer inseminación artificial o monta natural. A continuación, se estudiarán una serie de protocolos que se utilizan para que se efectúe este proceso.

#### 7.3.1. Protocolos Benzoato De Estradiol y GnRH

##### Protocolo 1

#### Ilustración 29: Protocolos Benzoato De Estradiol y GnRH



Fuente: De la Mata J. J. ar (2012).

Este protocolo consiste en aplicar en el **Día 0** un dispositivo intravaginal que contiene progesterona (Emefur 0,6 g, monouso, Merial Argentina SA) y aplicando 2 mg de benzoato de estradiol por vía intramuscular, utilizando jeringa esterilizada y aguja larga. En el **Día 6** se aplica con 150 µg de D-cloprostenol (PG) por vía intramuscular y se extrae el dispositivo intravaginal. En el **Día 9** después de 72 horas de última aplicación se procede a aplicar a 10,5 µg de GnRH, como estimulador de la ovulación, por vía IM, se procede a realizar la inseminación artificial.

**Ilustración 30: Protocolo 2 utilizado.**

Fuente: De la Mata J. J. ar (2012).

El siguiente protocolo inicia en el **Día 1** se aplica un dispositivo con que contiene 0.6 g de progesterona y 10,5 µg de GnRH (acetato de buserelina, Rosenbusch, Argentina) aplicado por vía intramuscular (IM). El **Día 6** a las hembras se les aplica 150 µg de D-cloprostenol (PG) por vía intramuscular y se retira el dispositivo intravaginal. El día 9 se aplica 10,5 µg de GnRH, como estimulador ovular, por vía IM.

**Metodología**

Según el estudio realizado por De la Mata J. J. ar (2012). Llamado “método de ovulación empleando protocolos benzoato de estradiol y GnRH en etapas restringidas de inserción con un dispositivo de progesterona en bovinos de carne” trabajo con un grupo de 28 hembras el cual los dividió en dos grupos de 14 hembras de Bos taurus, en edad promedio de 16 y 17 meses. El primer grupo recibió el protocolo de BE 6 d (protocolo 1) y el segundo grupo se le suministro el protocolo de GnRH 5 d (protocolo 2). A estos animales se les suministro una alimentación, estas novillas fueron escogidas teniendo en cuenta su peso corporal, la ciclicidad y el desarrollo del tracto genital.

**Resultados:** Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: En el grupo 1 se descartaron 2 hembras por lesión. Las novillas que no ovularon a la primera GnRH tuvieron un inicio de onda folicular con un rango que varió entre 1 y 4,5 días. La tasa de preñez fue de un 50% en el grupo 2.

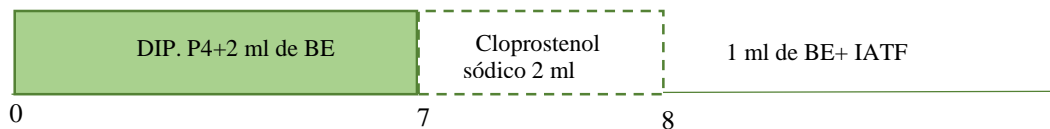
**Conclusión:** a.) Se puede analizar que el inicio de la onda folicular en las hembras, el

comportamiento no es el mismo para todas, ya que se presenta una diferencia de horarios para cada novilla. **b.)** Para realizar este protocolo se debe tener en cuenta que los animales estén bien alimentados y tengan un confort adecuado para que no vayan a presentarse problemas por estrés y mal manejo de los mimos.

### 7.3.2. Protocolo con Benzoato de estradiol y Cipionato de estradiol.

Método 1 (M1): Benzoato de estradiol (BE) el **Día 0** se aplica un dispositivo intravaginal de progesterona (P4) y se suministra 2 ml de BE; el **Día 7** se extrae el dispositivo y se aplica 2 ml de Cloprostenol sódico; el **Día 8** se empleó 1 ml de BE y se procede a realizar la inseminación artificial o monta natural.

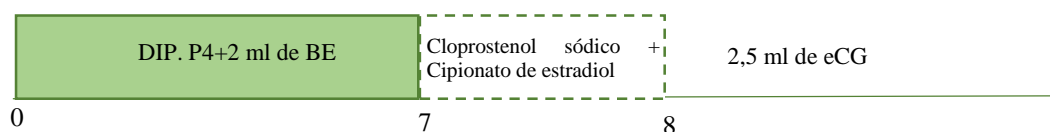
#### Ilustración 31: Benzoato de estradiol (BE)



Fuente: Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos con benzoato de estradiol y GnRH en períodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. 2012.

Método 2 (M2): el **Día 0** se implanta un dispositivo intravaginal de progesterona (P4) y se suministra 2 ml de BE, **Día 7** se extrae el implante vaginal y se utiliza 2 ml de Cloprostenol, más 1 cc de Cipionato de estradiol (CP), el **Día 8** se aplica 2,5 ml de eCG, después de haber transcurrido aproximadamente 50 de haber extraído el dispositivo vaginal se realiza la IA.

#### Ilustración 32.- Método 2 (M2)



Fuente: Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos con benzoato de estradiol y GnRH en períodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. 2012.

### Metodología

En el trabajo realizado por Luis Javier Silva Quiroz (2015). “evaluación De Dos Protocolos Para (IATF) Bajo Condiciones De Trópico Amazónico Colombiano”. Se seleccionaron 40 hembras de raza cebuina, en edades de 3 a 6 años con una condición corporal de 3.5 y 4 medido en un rango de 5, número de partos. Se realizó un diagnóstico previo en el cual se valoró la condición ginecológica, nutricional y sobre la sanidad de los animales, siendo vacunadas contra la brucelosis, aftosa y leptospirosis. **Los resultados:** en este trabajo se observa que el porcentaje de preñez fue más alto en el método 2 donde se comprueba que el porcentaje de preñez fue del 70% por la aplicación de cipionato de estradiol. Se nota que las vacas que tenían mayor número de partos respondieron mejor a este tratamiento.

### Ilustración 33: Porcentaje de Preñez.

	Porcentajes de preñez			
	Tratamiento 1 BE		Tratamiento 2 CP	
	%	(n)	%	(n)
Vacas primíparas	38 a	(3/8)	67 a	(4/6)
Vacas múltíparas	75 a	(9/12)	71 a	(10/14)

A Valores en la misma columna con letra similar no difieren estadísticamente entre sí ( $P \geq 0.05$ ).

**Conclusiones:** los dos protocolos estudiados se pueden observar que los animales tratados con estos protocolos responden favorablemente ya que su estado corporal está en 3.5 4 por los cual es favorable para poder efectuar la preñez.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es la nutrición ya que los animales para ingresarlos a estos programas deben contar con una alimentación balanceada donde esta le aporte los nutrientes con alto contenido energético y proteico para que sea favorable el éxito de los programas.

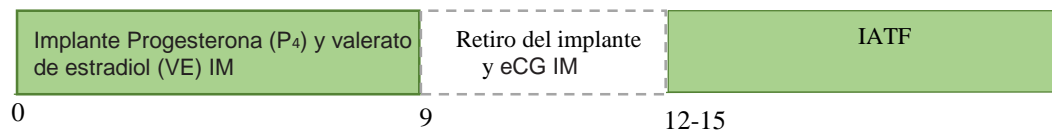
Estos programas son una alternativa para las zonas de trópico con vacas de doble propósito, carne y leche.

### ***7.3.3. Paralelo De Cuatro Protocolos En Vacas Lactantes De Raza Bos Indicus (Vacas Ceubinas).***

#### **1 Procedimiento Crestar.**

se aplica a las hembras en el **día 0** un implante con 3 mg de norgestomet vía subcutánea de progesterona P4 y se suministra una ampolla de valerato de estradiol con 5mg vía intramuscular y progesterona P4 con 3g de norgestomet. En el **día 9** se retiran los implantes de P4 y se suministra 400 UI <sup>11</sup>de eCG <sup>12</sup>, donde cada ml contiene 200 UI de eCG liofilizada. después de **48 a 52 horas** que equivale a de 12 a 15 días, se procede a hacer la inseminación artificial a término fijo (IATF)

#### **Ilustración 34: Procedimiento Crestar**



Fuente: Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas Bos Indicus lactantes.

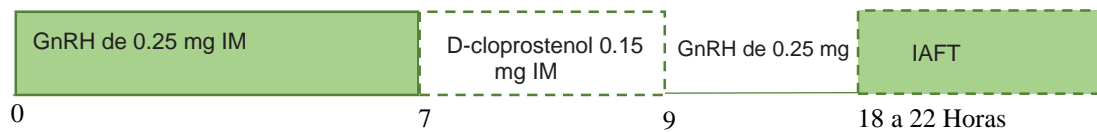
<sup>11</sup> UI: Unidades Internacionales

<sup>12</sup> ECG: GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA

## 2 Procedimiento GPG o sistema Ovsynch.

el **día 0** se inyecta una dosis de gonadorelina (GnRH 0,25 mg) IM donde cada ml contiene 0.1 mg de Gonadorelina. En el día 7 se sumista una dosis de D-cloprostenol en 0.15 mg donde cada ml contiene 0,075 mg de D-cloprostenol. el día 9 se aplica una segunda dosis vía intramuscular de 0.25 mg de gonadorelina (GnRH). se insemina a las hembras a término fijo después de 18 a 22 horas de la última aplicación.

### *Ilustración 35: Procedimiento GPG o sistema Ovsynch*

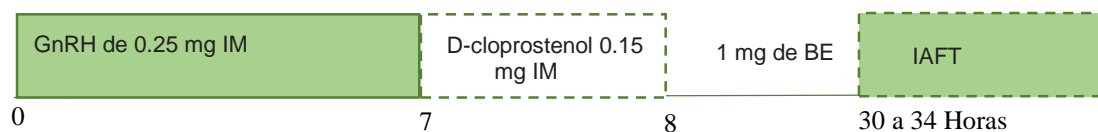


Fuente: Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas Bos Indicus lactantes.

## 3 Procedimiento GPE:

el **día 0** se inyecta una dosis de gonadorelina (GnRH 0,25 mg) IM donde cada ml contiene 0.1 mg de Gonadorelina. En el día 7 se sumista una dosis de D-cloprostenol en 0.15 mg donde cada ml contiene 0,075 mg de D-cloprostenol. el día 8 se aplica una dosis de 1 mg de benzoato de estradiol (estro zoo), vía intramuscular y se insemina a las hembras a término fijo después de 30 a 34 horas de la última aplicación.

### *Ilustración 36: Procedimiento GPE*

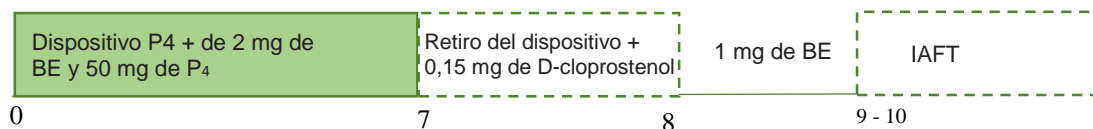


Fuente: Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas Bos Indicus lactantes.

#### 4 Procedimiento CIDR B:

en el **día 0** se suministra un dispositivo intravaginal de progesterona P4 y se aplica 2 mg de benzoato de estradiol y 50 mg de P4 vía intramuscular. en el **día 7** se retira el dispositivo y se suministra 0.15 mg de D-cloprostenol vía IM. en el día 8 se aplica 1 mg de benzoato estradiol. 30 a 34 horas después del retiro del depósito intravaginal se procede a realizar la inseminación artificial a término fijo.

#### Ilustración 37: Procedimiento CIDR B

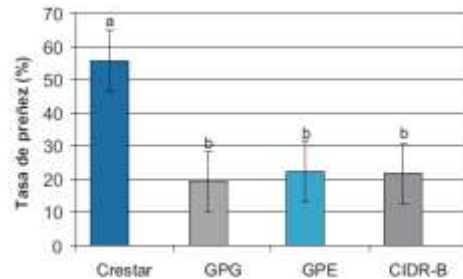


Fuente: Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas Bos Indicus lactantes.

#### Metodología

este estudio se realizó en corregimiento de Puerto Caldas, municipio de Pereira, Risaralda donde se utilizaron 120 hembras raza Brahma Bos Indicus, que se encontraban en producción lactante, entre los 45 y 120 días después del parto con dos partos de reproducción. se realizó una palpación rectal, una vaginoscopía y una evaluación con un ecógrafo. con una condición corporal de 6 en una escala de 1 a 9. pastaban en praderas de Cynodon plectostachyus (Forage tropical), Brachiaria (Brachiaria decumbens) decumbens y Panicum máximum (El pasto Tanzania), se suministraron sales mineralizadas y agua a voluntad. esta zona está ubicada a una altura de 900 msnm.

### Ilustración 38: Tasa de Preñez



Fuente: Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas Bos Indicus lactantes.

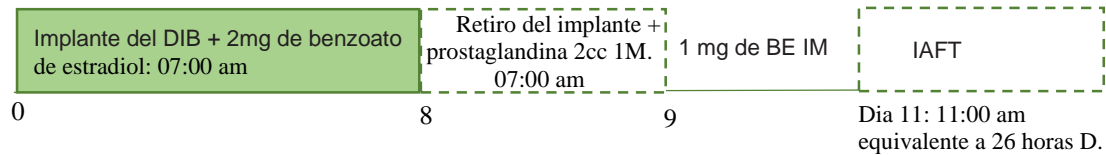
**Resultados:** los resultados de este procedimiento en cuanto a la tasa de preñez en porcentaje se pueden analizar en la figura 8. donde se observa que el procedimiento # 1 fue más efectivo con una tasa de preñez de 55.2% donde se aplicó Norgestomet - valerato de estradiol más eCG. en el procedimiento 3 tuvo 22.5% de efectividad. el tratamiento 4 con un 21.7% y el tratamiento 2 con un 19.3% de efectividad. se concluye que el mejor tratamiento para el tratamiento crestar.

#### ***7.3.4. Resultados Obtenidos Por La Universidad Francisco De Paula Santander En Inseminación Artificial A Termino Fijo En Ganado En La Raza Criolla Bon, Según Protocolos Utilizados***

técnica utilizada: **día 0** se hizo a aplicación del implante intravaginal y se suministra benzoato de estradiol vía intramuscular 2 mg utilizando jeringa y agujas desechables para cada hembra para evitar contagio entre los mismos animales. **Día 8:** SE retira el dispositivo intravaginal (D.I.B.) y se le inyecta 2 cc de Prostaglandina IM. **Día 9:** se aplica 1 mg de benzoato de estradiol vía intramuscular. **Día 11:** se procede a la inseminación artificial a término fijo después de 26 horas

de haber retirado el dispositivo intravaginal. esto aproximadamente se realizará a las 11:00 am para así cumplir con esta técnica utilizada.

### Ilustración 39: Protocolo utilizado



Fuente: JAIMES GOMEZ, A. P. (2014).

### Metodología:

Este estudio lo realizo la universidad Francisco de Paula Santander con sede en Ocaña, Norte de Santander, con un total de 10 vacas de la raza criolla colombiana BON, que oscilan entre unas edades de 72 meses en promedio, con un peso promedio de 370 Kg por animal. con una calificación del nivel corporal de 3.5 y 4 en una escala de 5. la finca está ubicada en el municipio de Ocaña, que se encuentra a una altura de 1200 msnm, con una precipitación anual de 870 mm y una temperatura promedio de 23°C. la principal alimentación de estas hembras esta dado por Pasto Brachiaria (*Brachiaria decumbens*) y pasto estrella (*Cynodon plectostachium*), aguas naturales de quebradas y sales mineralizadas.

**Resultados:** el protocolo fue eficaz inicialmente ya que más del 80% de las vacas presentaron celo después de 4 a 5 horas de terminado el tratamiento. en la mayoría de las hembras no hubo problemas para realizar la inseminación termino fijo. el porcentaje de preñes pues de los 60 días fue 0%, este se realizado mediante palpación rectal donde se determinó que ninguna de las hembras había quedado cargada. se **concluye** que pudo haber influido la calidad del semen utilizado ya que la motilidad solo alcanzaba un 40% siendo muy baja y afectando del resultado del protocolo.

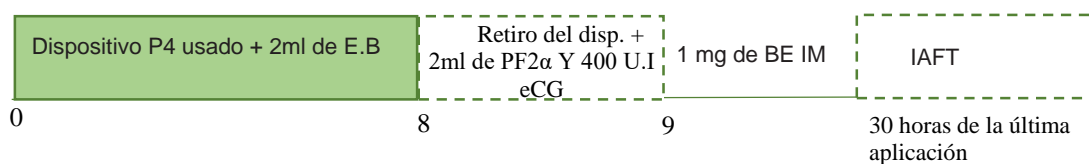
en conclusión, personal se analiza que es muy importante utilizar un semen de buena calidad con alto porcentaje de motilidad y utilizando los cuidados de una buena descongelada de la pajilla para que los resultados no se vean afectados por este motivo, es decir, no descuidar ningún detalle que pueda afectar para el porcentaje de preñez de un protocolo.

### 7.3.5. *Utilización de dispositivos intravaginales (cdr - b) nuevos y usados en vacas doble propósito y su efecto en la tasa de preñez.*

#### **Método 1 con dispositivo usado 1 vez:**

Inicia **Día 0**: se les suministro a las hembras un dispositivo intravaginal que se había usado 1 vez secretor de P4 CIDR (Pfizer<sup>13</sup>) más aplicación vía intramuscular de 2 ml de benzoato de estradiol. **Día 8**: retiro del dispositivo ya aplicación de 2ml de PF2 $\alpha$  Y 400 U.I eCG. **Día 9**: aplicación de 1 mg de benzoato de estradiol IM. se realiza la inseminación artificial a término fijo a las 30 horas de haber aplicado el benzoato de estradiol que equivale al **Día 11**.

#### **Ilustración 40: B.E+PGf2 $\alpha$ + eCG**



Fuente: tÍnez, A., & Bohórquez, J. (2011).

#### **Método 2 con dispositivo nuevo:**

<sup>13</sup> (Pfizer): Laboratorio



porcentaje de preñez del 30%, de las 20 vacas 6 quedaron preñadas y los resultados se dieron con una ecografía después de los 40 días de haberlas inseminado.

**En el método 2 con dispositivo nuevo**, arrojó un porcentaje preñez del 55% dando como resultado el nuevo de 11 vacas de las 20 tratadas.

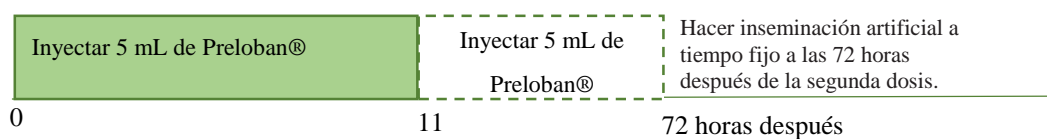
Se puede concluir que es mejor utilizar dispositivos nuevos ya que se eleva el porcentaje de preñez debido a la concentración de P4 y por salud de los animales para que no adquieran enfermedades de transmisión sexual por el uso de dispositivos usados.

cuando las vacas después de los 60 días se les deja con el ternero a pie puede tener influencia negativa en la producción de P4 ya que los niveles de progesterona se degradan y se metabolizan en el hígado, por ende, baja el porcentaje de ovulación y por ende la fertilidad se ve disminuye.

### ***7.3.6. Protocolo de sincronización se celo a término fijo en un hato de carne en la finca cuba, Montelíbano Córdoba, Colombia***

En el **Día 0** se aplica 5 ml de preloban® que contiene 0.375 mg de Cloprostenol, se suministra vía intramuscular. **Día 11** se repite la dosis de 5 ml de preloban®. 72 horas después de la última dosis se procede a hacer la inseminación a término fijo.

#### **Ilustración 42: Protocolo Preloban®**



Fuente: Diaz, P., & Galindo, A. (2010).

## Metodología

Se utilizaron 49 hembras (novillas 17 brama y 32 Angus x Brahman). con un promedio de edad de 33 meses y un peso corporal de 300 kilos, se les aplica el protocolo preloban®.

**Resultados:** se puede observar que el porcentaje de preñes a primer servicio fue del 26%, en conclusión, personal se analiza que en este protocolo se aplicó dos dosis altas de preloban® de 5 ml en cada aplicación y no se utilizó dispositivo ni otra hormona diferente.

### *7.3.7. Paralelo entre dos protocolos de inseminación artificial a término fijo en la finca las palmeras, del municipio de Tame, departamento de Arauca, Colombia.*

Tratamiento 1: En el **Día 0**, se aplica el dispositivo intravaginal con 750 mg de progesterona y 2 ml de benzoato de estradiol. en el **Día 8** se sustrae el dispositivo y se suministran 2 ml de prostaglandina PGF2 $\alpha$  0,150 mg más 1 ml CP (Cipionato de Estradiol). **Día 10** 54 horas después de retirado el dispositivo se procede a realizar la inseminación artificial a término fijo. al **Día 23** después de la inseminación se aplica un dispositivo intravaginal a todas las hembras inseminadas. en el **Día 24** se aplica la técnica am/pm. que es las hembras que entran en celo en la mañana se inseminan en la tarde y aquellas que entran en celo en la tarde se inseminan en la mañana siguiente. Día 60 después de los 60 días se realiza el monitoreo reproductivo a través de ecografía para verificar preñez.





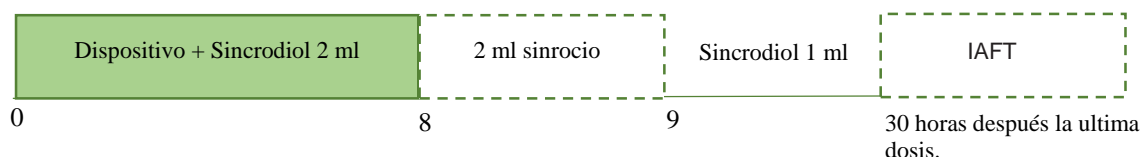
Matarraton (Gliricida Sepium). consumen sales mineralizadas de 7% de fosforo y se abastecen de agua de caño.

Resultados y conclusiones de los protocolos utilizados: en las vacas que se aplicó el protocolo 1 con resincronización se obtuvo un porcentaje de preñez de 90%, donde no se observa ninguna diferencia entre las vacas multípara y las primíparas, en el protocolo 2 se observó una tasa de preñez del 50% en donde no se hizo resincronización, es más eficiente en vacas multíparas que en vacas primíparas.

#### 7.4.Presupuesto de Protocolo

Se trabajará un presupuesto para una hembra bovina en inseminación artificial a termino fijo. para lo cual se investigo el precio de los medicamentos y utensilios utilizados en este protocolo.

#### Ilustración 45: Protocolo sanigral de ourofino



fuelle: Oourofino Laboratorio.

**Tabla 8: Presupuesto, laboratorio ourofino, brasileiro.**

<i>Descripción</i>	<i>Numero</i>	<i>Valor Unitario</i>	<i>Valor Total.</i>
<b>Mangas plásticas para palpación.</b>	2	1.500	3.000
<b>Jeringas plásticas de 10 cm</b>	4	500	2.000
<b>Aguja metálica desechable</b>	5	200	1.000
<b>Dispositivo intravaginal nuevo (progesterona, concentración 0.95 – 1.05 g)</b>	1	17.000	17.000
<b>Medicamento, sincrodiol 2 ml (bencoato de estradiol, concentración 0.09 – 0.11 g + alcohol benzilico 3.6 – 4.4 g)</b>	3 ml	800	2.400

<b>Medicamento Sincrocio 2 ml (contiene cropostenol, concentración 26.3 mg / 100 ml)</b>	2 ml	3.500	7.000
<b>Pajilla de gyr lechero.</b>	1	50.000	50.000
<b>Mano de obra</b>	1	50.000	50.000
<b>TOTAL</b>			<b>132.400</b>

fuentes: autor

En este presupuesto no se incluye los exámenes preliminares como la palpación para verificar si esta vacía o preñada, tampoco se tiene la cuenta el examen de valoración con ecógrafo.

**Tabla 9: Presupuesto para Protocolo: Laboratorio Over argentino**

<i>Descripción</i>	<i>Numero</i>	<i>Valor Unitario</i>	<i>Valor Total.</i>
<b>Mangas plásticas para palpación.</b>	2	1.500	3.000
<b>Jeringas plásticas de 10 cm</b>	4	500	2.000
<b>Aguja metálica desechable</b>	5	200	1.000
<b>Dispositivo intravaginal nuevo (progesterona, concentración 0.95 – 1.05 g)</b>	1	20.000	20.000
<b>Medicamento, Prostal, laboratorio over. (prostaglandina)</b>	3 ml	3.800	11.400
<b>Pajilla de gyr lechero.</b>	1	50.000	50.000
<b>Mano de obra</b>	1	50.000	50.000
<b>TOTAL</b>			<b>138.400</b>

Fuente. Autor.

conclusión de la comparación de los dos presupuestos de los protocolos presentados. en cuanto al valor económico es mas factible utilizar el laboratorio ourofino ya que hay un ahorro de 6.000 pesos por hembra inseminada en cuanto al costo de presupuesto del laboratorio over de argentina. el precio puede variar de la cantidad de animales que se traten, ya que en presentaciones grandes es más económico el producto.



## Conclusiones del trabajo

- Una de las grandes ventajas que obtendremos en la sincronización de celos es, bajar los días abiertos en la hembra ya que, si no entra en celo después de los 90 días, mediante esta práctica podemos hacer posible que la hembra entre en celos y se mejore la explotación de leche o carne. también se pueden programar las hembras para determinada época de parto, y hacer preñar las novillas más jóvenes ya que hayan alcanzado un peso ideal para ser servidas.
- Ya que con estos protocolos podemos mejorar el celo en la hembra ya sea por medio de inseminación artificial o por monta natural.
- Para tener éxito en la aplicación de estos programas se debe tener en cuenta que las vacas estén en estado corporal óptimo de 3.5 a 4 en una escala de 1 a 5. en cuanto a la alimentación las hembras ingresadas a estos programas deben estar bien nutridas con pastos de buena calidad, agua abundante, limpia y suministrarle sales mineralizadas del 10% de contenido de fósforo.
- Podemos programar los partos de acuerdo con las épocas del año, con la ayuda de los protocolos, con esta programación se tiene en cuenta la disponibilidad de pastos para alimentar estas vacas que viene próximas a parir o a su etapa de lactancia.
- Con la utilización de estos protocolos podemos asegurar una disponibilidad de celo en un tiempo determinado ya sea de 10 días, o según el protocolo utilizado.
- Mediante esta técnica de sincronización de celos se una herramienta que nos permite hacer un mejoramiento genético para una explotación de carne o de leche.

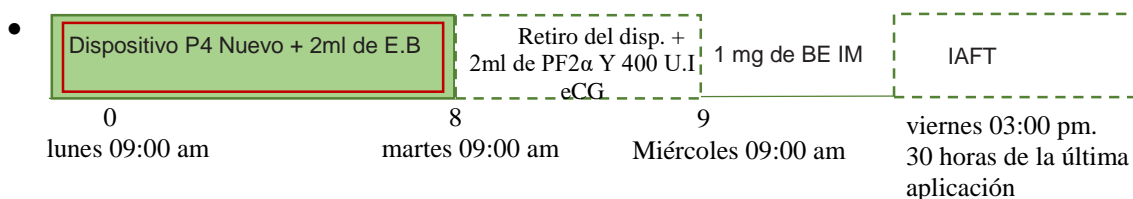


- Los costos se ven incrementados por la utilización de las hormonas sintéticas y la aplicación de los dispositivos y la mano de obra utilizada en esta labor.
- los protocolos de sincronización de celos se realiza en hembras que no esten gestando, ya que las hormonas sinteticas como el benzoato de estradiol y la progesterona son abortivas.



## Recomendaciones

- En cuento a los dispositivos intravaginales se recomienda utilizar dispositivos nuevos de P4, para que el porcentaje de preñez sea alto y la sanidad sea eficiente evitando el contagio de entre los mismos animales de enfermedades de trasmisión sexual.
- Se recomienda utilizar pajillas de buena calidad ya que van a tener incidencia en el porcentaje de preñez de las hembras y se refleja en los costos de una buena explotación en los hatos ya sea de carne o de leche.
- Es importante tener en cuenta la hora en que se empieza a aplicar dicho protocolo ya que es de suma importancia respetar los tiempos ya que se recomienda relizarse en las horas de la mañana 07:00 am o 09:00 am para que la inseminacion que se vana a relizar a termino fijo se hagan en las horas de la tarde donde no sea despues de las 06:00 pm ya que se pueden presentar problemas por falta de luz electrica o el desplazamiento de los animales a los corrales en el manejo de las fincas.
- Se recomienda utilizar agujas y gerinjas desechables para aplicar los medicamentos, ya que son de suma importancia para no transmitir enfermedades entre los bovinos por el mal uso de gerinjas ya gujas reutilizables.
- las hembras que se incluyen en estos programs se les debe dar un manejo de bienestar animal para evitar el estrés y el agite de las mismas ya que puede influir en el procentaje de preñes por inivision del celo.



Es importante aclarar que, en los protocolos de sincronización de celo, del día 0 al día 1 se cuentan 24 horas, que corresponde a 1 día, por tal razón, si iniciamos el protocolo el lunes a las 09:00am, los ocho días del lapso para retirar el dispositivo no es el lunes, sino el martes a las 09:00 am. y las 30 horas, se hace la inseminación que corresponde al viernes a las 03:00 pm. es importante tener rigurosidad con este calendario para no cometer el error inseminar 24 horas antes, ya que se debe tener en cuenta las 24 horas del día 0 al día 1, para que sea una inseminación eficiente y acorde con los términos que este requiere.

- Cuando vayamos a hacer la aplicación del dispositivo intravaginal es importante utilizar guantes como medida de prevención ya que estos dispositivos están impregnados con hormonas a base de progesterona y pueden causar daños al operario cuando se manejan sin ninguna protección, que más tarde se pueden ver reflejados en su comportamiento sexual.
- El operario debe contar con todos los implementos de protección como los guantes, el delantal, las mangas plásticas, una braga de dril, usar botas de caucho, sombrero y gafas, para evitar alguna lesión o contacto que lo pueda afectar en su salud física.
- Utilizar la presentación de los medicamentos en dosis mínimas ya que si no utiliza el medicamento, este se va a vencer y va a ocasionar pérdidas por vencimiento del medicamento.



## BIBLIOGRAFIA

1. ADAMS G.P., JAISWAL R., SINGH J., MALHI P. Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle, *Theriogenology* 69 (2008) 72–80
2. ALBARRACÍN MONJE JOSÉ LUIS, Vitricación de Ovocitos Bovinos Mediante la Técnica Open Pulled: Tesis Doctoral. España 2005. Uni. Aut. De Barcelona. p. 13, 14, 16
3. Baruselli, P., Gimenes, L., y Sales, J. 2007. Fisiología reproductiva de fêmeas taurinas e zebuínas. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, Vol.31, N°.2, p.205-211, 2007.
4. Borges, Á., Torres, C., y Ruas, J. 2001. Dinâmica folicular ovariana em novilhas mestiças Holandês-Zebu. *Arq. Bras.Med.Vet. Zootec.*, v.53, n.5, p.595-604, 2001.
5. BUXADÉ C. CARLOS. Estructura, Etnología, anatomía y fisiología: Mundi-Prensa, 1995 p. 235
6. Cancino, G., Aguilar, A. y Peralta, J. 2013. Manual de prácticas de fisiología de la reproducción y la lactación. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.
7. CUNNINGHAM. JAMES G. Fisiología Veterinaria: 3ª ed. España, 2003. Elsevier p. 421
8. J.K. FINDLAY, J.B. KERR, K. BRITT, S.H. LIEW, E.R. SIMPSON, D. ROSAIRO, A. DRUMMOND, Ovarian Physiology: Follicle Development, Oocyte And Hormone Relationships: *Anim. Reprod.* (2009), v.6, n.1, p.16-19.
9. FOULADI-NASHTA ALI A., GUTIERREZ CARLOS G., GONG JIN G., GARNSWORTHY PHILIP C., AND WEBB ROBERT, Impact of Dietary Fatty Acids on Oocyte Quality and Development in Lactating Dairy Cows: *BIOLOGY OF REPRODUCTION* (2007) 77, 9–17

10. Galina, C., y Valencia, J. 2008. Reproducción de los animales domésticos. Editorial Limusa, 3ª edición, México.
11. GIGLI, I; RUSSO, A.; AGÜERO, A. Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y Camélidos sudamericanos: 2006, Volumen 8, número 1: p. 3 – 18.
12. Guezzi, M., Castro, A., Domínguez, M., Islas, S y Carrica, M. 2011. Aparato genital femenino. Departamento de Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Veterinarias. Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.
13. HAFEZ, E.S.E. HAFEZ. B. Reproducción e Inseminación Artificial en Animales: Ed. McGrawHill Interamericana, Séptima edición, 2002. p. 5-137
14. HENAO R. GUILLERMO. TRUJILLO A LUIS E. Establecimiento Y Desarrollo De La Dominancia Folicular Bovina: Rev. Col. de Cien. Pec. Vol. 13 No.2 (2000). p. 118-120
15. HERNANDÉZ V. AURELIANO, GÓNGORA O. AGUSTÍN, JIMÉNEZ E, CLAUDIA, RODRÍGUEZ M. JOSÉ M, PRIETO M. ESPERANZA, CHACÓN J. LILIANA, ESCOBAR C. FERNANDO, Reproducción en la Vaca Fisiología y Aplicaciones: Ed. UNAL, Primera Edición, 2008 p. 7-115
16. Leyva, C., Barreras, A. 1999. Transferencia no quirúrgica de embriones en el ganado bovino. Universidad Autónoma de Baja California. ISBN 970-9051-00-8.
17. Motta, P., Ramos, N., González, C., y Castri, E. 2011. Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. vet.zootec. 5(2): 88-99, 2011.
18. Quitero, M. 1993. Morfología del tracto genital de los pequeños rumiantes. Revista Científica, FCV-LUZ, Vol 3, N° 2, 1993.



19. Rangel, L., Alarcón, M., Galina, C., Hernández, J., Porras, A., Valencia, J., Balcazar, M., Boeta, Flores, H., y Páramo, R. 2009. Manual de prácticas de reproducción animal. Universidad Nacional Autónoma de México. Primera edición. ISBN 978-607-02-0401-2.
20. Motta, P., Ramos, N., González, C., Castro, E. 2011. Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. *vet.zootec.* 5(2): 88-99, 2011.
21. Witt, A., Kruip, T. 2001. Bovine cumulus oocytecomplex quality is reflected in sensitivity for amanitin, oocyte-diameter and development capacity. *Animal Reproduction Science*, v.65, p.51-65, 2001.
22. Dayan, A. Factores que interferem na produção de embriões bovinos mediante aspiração folicular e fecundação in vitro. São Paulo: UNESP-Botucatu, 2001. 56p. Disertación (Maestría).
23. SINTEX. 2015. Fisiología reproductiva del bovino. Laboratorio de Especialidades Veterinarias. Sitio Argentino de Producción Animal. 4pp.
24. Luiz, E. 2002. Dinâmica Folicular em Bovinos. Monografía. UNESP-Botucatu.
25. Durán, J. Ortiz, T. 2010. Efecto del tamaño del cuerpo lúteo en la tasa de preñez en receptoras de embriones bovinos. Facultad de Ciencias Veterinarias, UAGRM. Santa Cruz-Bolivia.
26. HERNANDÉZ V. AURELIANO, GÓNGORA O. AGUSTÍN, JIMÉNEZ E, CLAUDIA, RODRÍGUEZ M. JOSÉ M, PRIETO M. ESPERANZA, CHACÓN J. LILIANA, ESCOBAR C. FERNANDO, Reproducción en la Vaca. Fisiología y Aplicaciones: Ed. UNAL, Primera Edición, 2008 p. 7-115



27. ADAMS G., JAISWAL R., SINGH, J., MALHI, P. 2008. Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle, *Theriogenology* 69 (2008) 72–80.
28. PALMA. GUSTAVO A. *Biología de la Reproducción*: Gustavo Palma, 2001. p. 62, 37
29. PARDO, E., SAELZER, P. 2006. *Obstetricia y ginecología*. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 166 pp.
30. Porras, A., Páramo, R. 2009. *Manual de prácticas de reproducción animal*. Universidad Nacional Autónoma de México. Primera edición. ISBN 978-607-02-0401-2. 246 pp.
31. Hafez ESE. 2000. *Anatomía del aparato reproductor de la hembra*. En: *Reproducción e inseminación artificial en animales*. 7 ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 2000.
32. Ramírez, G. 2005. *Manual de semiología clínica veterinaria*. Universidad de Caldas. Primera edición. ISBN 958-8231-30-2.
33. Alves da Silva, A., Pereira, L., Rejane, E., dos Santos, J., Nicolao, C., Laste, L., Duarte, B. 2014. *Manual de exame ginecológico da vaca*. Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar. Brasil.
34. Cruz, L., Nuñez, R., Rodríguez, T. 2014. *Variaciones de pH vaginal en ganado lechero durante el posparto, su relación con la paridad y utilidad diagnóstica durante el periodo voluntario de espera en la Hacienda San Ramón Departamento de Sonsonate, El Salvador*.
35. López, C. 2010. *Aparato reproductor de hembra*. (en línea). Consultado 14 de noviembre de 2017. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/AFA/TEORICOS/14%20-%20Aparato%20reproductor%20hembra.pdf>

36. Díaz, A., Pérez, H., de la Cruz, T., Quincosa, J., Sánchez, A. 2009. Fisiología Animal Aplicada. Primera edición, editorial Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia. ISBN 978-958-714-219-8.
37. THANGAVELU G., COLAZO M.G., AMBROSE D.J., OBA M., OKINE E.K., DYCK M.K., Diets Enriched In Unsaturated Fatty Acids Enhance Early Embryonic Development In Lactating Holstein Cows: Theriogenology 68 (2007) 949–957
38. J GONZÁLEZ-MERLO. Obstetricia: 5ª ed. Elsevier España, 2006. p. 26
39. SCHROEDER W, HANS. Fisiopatología Reproductiva de la Vaca: Librería Medica CELSUS, 1999. P. 235-238
40. GALINA CARLOS. VALENCIA JAVIER. Reproducción de animales domésticos: México, Segunda Edicion, Limusa, , 2006. p. 128, 130, 135, 136
41. CERRI R. L. A., JUCHEM S. O., CHEBEL R. C., RUTIGLIANO H. M., BRUNO R. G. S., GALVÃO K. N., THATCHER W. W., AND SANTOS J. E. P. Effect Of Fat Source Differing In Fatty Acid Profile On Metabolic Parameters, Fertilization, And Embryo Quality In HighProducing Dairy Cows: Journal of Dairy Science Vol. 92 No. 4, 2009
42. JANICE P. EVANS, Egg Integrins: Back in the Game of Mammalian Fertilization: ACS Chemical Biology VOL.4 NO.5 • 321–323 • 2009
43. BUFFONE MARIANO G., RODRIGUEZ ESMERALDA, STOREY BAYARD T., AND GERTON GEORGE L. Acrosomal Exocytosis of Mouse Sperm Progresses in a Consistent Direction in Response to Zona Pellucida. JOURNAL OF CELLULAR PHYSIOLOGY (2009) 611-620



44. ALONSO, ARMONIA. CACCIA, MARIANA. Fisiología de la Reproducción de la Vaca: IRAC. 2007. p. 101
45. DURANTHON VERONIQUE, J WATSON ANDREW, AND LONERGAN PATRICK, Preimplantation embryo programming: transcription, epigenetics, and culture environment: *Reproduction*, Feb 2008; p. 135, 141 – 150
46. HOLY, LB. Bases Biológicas de la Reproducción Bovina: Cap. 13: 190. Ed. Diana. 1983.
47. Bridges, G.A., Mussard, M.L., Burke, C.R., Day, M.L. 2010. Influence of the length of proestrus on fertility and endocrine function in female cattle. *Anim Reprod Sci* 117: 208-215.
48. Caccia M., Bó, G.A. 1998. Follicle wave emergence following treatment of CIDR-B implanted beef cows with estradiol benzoate and progesterone. *Theriogenology* 49: 341. (abstract).
49. Moreno, D., Cutaia, L., Villata, L., Ortisi, F., Bó, G.A. 2001. Follicle wave emergence in beef cows treated with progesterone releasing devices, estradiol and progesterone. *Theriogenology* 55: 408.(abstract).
50. Martinez M.F., Adams, G.P., Kastelic, J.P., Bergfelt, D.R., Mapletoft, R.J. 2000. Induction of follicular wave emergence for estrus synchronization and artificial insemination in heifers. *Theriogenology* 54: 757-769.
51. Mussard, M.L., Burke, C.R., Behlke, E.J., Gasser, C.L., Day, M.L. 2007. Influence of premature induction of a luteinizing hormone surge with gonadotropin-releasing hormone on ovulation, luteal function, and fertility in cattle. *J Anim Sci.* 85: 937-943.

52. Perry, G.A., Smith, M., Lucy, M.C., Green, J.A., Parks, T.E., MacNeil, M.D., Roberts, A.J., Geary, T.W. 2005. Relationship between follicle size at insemination and pregnancy success. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 102: 5268-73.
53. [1] ALONSO A. L., C.S. GALINA, M. MAQUIVAR, J.J. ROMERO, I. MOLINA Y P. CARVAJAL. 2009. Evaluación de la fertilidad de hembras bos indicus, de acuerdo a la intensidad del celo, manejadas en un programa de inseminación artificial a tiempo fijo en condiciones de trópico. *FCV-LUZ / Vol. XIX, N° 6*, 639 – 644.
54. [2] ASCOLI, M & SEGALOFF, DL. 1996 *Hormonas adenohipofisarias y sus factores liberadores hipotalámicos*”. 9a Edición. Editorial Panamericana.
55. [3] OLIVERA A, Martha; TARAZONA M, Ariel; RUIZ C, Tatiana and GIRALDO E, Carlos. Vías implicadas en la luteólisis bovina. *Rev Colom CiencPecua [online]*. 2007, pp. 387-393. ISSN 0120-0690.
56. [4] BO, G.A., COLAZO, M.G.; MARTÍNEZ, M.F.; KASTELIC J.P. Y MAPLETOFT, R.J. Sincronización de la emergencia de la onda folicular y la ovulación en animales tratados con progestágenos y diferentes esteres de estradiol biotecnología da reprodução em bovinos (2o simposio internacional de reprodução animal aplicada).2006.
57. BEARDEN H., Joe y FUQUAY, Jhon. *Reproducción animal aplicada*. S.l.: Manual Moderno, 2001.
58. BOADA HERNÁNDEZ, Gustavo. *Mejoramiento genético para la ganadería colombiana*. Medellín: Prodamedios, 2003. 113p.
59. CUNNINGHAM, James. *Fisiología veterinaria interamericana*. México: McGraw Hill, 1995. 473p.

60. DAZA, Francisco. Reproducción e inseminación artificial en bovinos. 2ª ed. Montería: Multiimpresos, 1997. 152p.
61. HAFEZ Y HAFEZ, B. Reproducción e inseminación en animales. México: McGraw Hill, 2000.
62. MC DONALD. Reproducción y endocrinología veterinaria. 2ª ed. México: Interamericana, 1991. 257p.
63. RODRIGUEZ PEÑA, Julio Mario. Raza bovinos en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional, 2006. 132p.
64. SCHROEDER WISBACH, Hans. Fisiopatología reproductiva de la vaca. S.I.: Librería Médica Celsus, 1999. 166p.
65. Cutaia L, Moreno Dolores Sincronización de Celos e Inseminación Artificial Instituto de reproducción Animal Córdoba 2008
66. Cutaia L, Memorias curso de sincronización de celos e Inseminación Artificial, Instituto de reproducción Animal Córdoba 2008
67. Stevenson JS Sincronización de celos y de las ovulaciones en ganado de carne V congreso Argentino de Reproducción Animal, CABIA 2000.
68. ENA – Encuesta Nacional Agropecuaria- Cifras 2008 (Cadena Agropecuaria Colombiana 2008)- Sistema de Información de la Oferta Agropecuaria. CCI Corporación Colombia Internacional y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
69. Sincronización de Celos e IA, Gabriel A. Bó, Instituto IRAC 2008. Pág 5, 74, 191, 78, 93.



70. 3. Carta Fedegan. Brangus: Valor agregado para la Ganadería Colombiana de Exportación. Diciembre d3 2007. [www.fedegan.org.co](http://www.fedegan.org.co)
71. Aplicación Integrada de Programas de Control de la ovulación y manejo reproductivo en Bovinos de Corte Criados en condiciones extensivas. Baruselli, et al. Módulo Sincronización de Celos e IA, Gabriel A. Bó, Instituto IRAC 2008
72. Pursley JR, Mee MO, Wiltbank MC. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF $2\alpha$  and GnRH. *Theriogenology* 1995; 44: 915-923.
73. SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO EN BOVINOS. MVZ ANTONIO PORRAS ALMERAYA disponible en: <https://drive.google.com/file/d/0B1jSuVtH7k9eVkgwLWRmWmQyRms/view>
74. Perez P, Solaris G, Garcia M. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en dos sistemas de amamantamiento en el trópico. *Arch Latinoam Prod Anim.* 2001;9(2):79-85.
75. Hanlon DW, Jarratt GM, Davidson PJ, Millar AJ, Douglas VL. The effect of hCG administration five days after insemination on the first service conception rate of anestrous dairy cows. *Theriogenology.* 2005;63(7):1938-45. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.09.002>
76. Cavestany D. Inducción de celos e inseminación artificial en vacas de leche en anestro. Una nueva aproximación a un viejo problema. *Taurus.* 2010;12(45):24-34. 5. Peter AT, Vos PLAM, Ambrose DJ. Postpar
77. Palomares S. Revisión de los protocolos empleados en la sincronización de celos en bovinos. 2009.

78. Velázquez C. Fisiología de la reproducción bovina. NewMedigraphicCom [Internet]. :1–30. Available from: <http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumenMain.cgi?IDARTICULO=36396>
79. Fernández Á. dinámica folicular: funcionamiento y regulación. 2003;8–12.
80. Gonzáles Leigue A. Comparación entre el Crestar® y CIDR® como sincronizadores de celos sobre el comportamiento reproductivo de vacas lecheras con anestro postparto. Zamorano. 2010; 5. Villa NA, Morales CA, Granada JF, Mesa H, Gomez G, Molina Juan José. Evaluación de cuatro protocolos de sincronización a tiempo fijo en vacas bos indicus lactantes. Rev Cient. 2007;XVII(5):501–7.
81. Silva Quiroz, L. (2015). Evaluación de dos prototipos para inseminación artificial a tiempo fija (IATF) bajo condiciones de trópico AMAZÓNICO COLOMBIANO. Colombia: Recuperado de <http://hdl.handle.net/10596/4198>
82. De la Mata, J. J., & Bó, G. A. (2012). Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos de benzoato de estradiol y GnRH en períodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. *Taurus*, 55, 17-23.
83. Alonso Villa, N., Morales, C. A., Granada, J. F., Mesa, H., Gomez, G., & Molina, J. J. (2007). Evaluación de cuatro protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo en vacas Bos indicus lactantes. *Revista Científica*, 17(5), 501-507.
84. JAIMES GOMEZ, A. P. (2014). EVALUACION DE PROTOCOLO DE SINCRONIZACION CON INSEMINACION A TIEMPO FIJO (IATF) EN HEMBRAS DE LA RAZA BON BLANCO OREJINEGRO EN LA GRANJA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER SECCIONAL OCAÑA (Doctoral dissertation).

85. Martínez, A., & Bohórquez, J. (2011). Utilización de dispositivos intravaginales (CDR-B) nuevos y usados en vacas de doble propósito y su efecto en la tasa de preñez. Especialistas en reproducción animal. INSTITUTO DE REPRODUCCION ANIMAL CÒRDOBA (IRAC).
86. Ruales, S., & Carolina, E. (2015). Evaluación de diferentes protocolos de sincronización para inseminación artificial en bovinos holstein mestizos, en la parroquia Licto, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
87. Diaz, P., & Galindo, A. (2010). Tasas de preñez en vacas Angus y Brangus en La Sabana de Bogotá con protocolo de inseminación a tiempo fijo Cosynch mas implante de progesterona. Trabajo Final para obtener el grado académico de: Especialista en Reproducción Bovina. Instituto de reproducción Animal de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 14-18.
88. Vélez, P. (2005). Sincronización de celos e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en ganado de carne en la hacienda Cuba, Montelíbano, Colombia.
89. Flores, P. (2005). Evaluación de dos protocolos de sincronización de celo en vaquillas acíclicas, utilizando PGF2 $\alpha$  (Lutalyse®) y un análogo de progesterona (Eazi Breed TM) en Rancho Rosa, Jamastrán, Honduras. Zamorano, Honduras.
90. Martínez-González, J. C., Gutiérrez-Michel, J. F., & Rosillo-Villasuso, P. (2007). Uso de dispositivos intravaginales de liberación de progesterona+ eCG-PMSG en un protocolo de sincronización de vacas lecheras Use of intravaginal progesterone releasing devises+ eCG-PMSG in a protocol for synchronization of dairy cows.

91. Gordillo Aguilar, J., & Perales Hurtado, J. C. (2017). Comparación de la eficiencia de dos Protocolos De Inseminación Artificial A Término Fijo IATF Aplicado Como Parte Del Mejoramiento Reproductivo De La Finca Las Palmeras Vereda Araguaney Del Municipio De Tame, Departamento De Arauca.

