



---

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM AMECAMECA  
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFFECTO DE UN PROGRAMA DE SINCRONIZACIÓN DE CELO (OVSYNCH)  
EN VACAS HOLSTEIN**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:  
JORGE LÓPEZ RIVERA**

**ASESOR: DR. ENRIQUE ESPINOSA AYALA  
COASESOR: DR. PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA**

**AMECAMECA, ESTADO DE MÉXICO, JULIO 2019.**

## **DEDICATORIAS**

**A Dios:** Por la vida y bendiciones que me brinda día con día.

Gracias

**A mi Familia:** Por el apoyo y comprensión que incondicionalmente me brindan.

Gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias al **Centro Universitario UAEM Amecameca**, por las facilidades al realizar este trabajo.

A mis asesores Dr. Enrique Espinosa Ayala y Dr. Pedro Abel Hernández García, por su tiempo dedicado a la elaboración de este trabajo.

Gracias.

A mis revisores Dr. Juan José Ojeda Carrasco y M. en C. Jesús José Puente Berumen, por sus aportaciones en esta investigación.

Gracias

A la Posta Zootécnica, específicamente al área de bovinos leche y sus trabajadores.

Gracias.

## ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Revisión de literatura.....	2
2.1. Importancia de la producción láctea.....	2
2. 1. 2. Contexto internacional.....	4
2. 1. 3. Contexto nacional.....	5
2. 2. Anatomía del aparato reproductor de la vaca.....	10
2. 2. 1. Vulva.....	10
2. 2. 2. Vagina.....	11
2. 2. 3. Cérvix.....	11
2. 2. 4. Útero.....	12
2. 2. 5. Oviductos.....	12
2. 2. 6. Ovarios.....	13
2. 2. 7. Folículo.....	14
2. 3. Endocrinología de la reproducción.....	14
2. 3. 1. Hormona Hipotalámica (GnRH).....	15
2. 3. 2. Hormonas Adenohipofisarias (FSH) y (LH).....	15
2. 3. 3. Oxitocina.....	16
2. 3. 4. Estrógenos.....	16
2. 3. 5. Progesterona.....	17
2. 3. 6. Prostaglandinas.....	17
2. 4. Fisiología del aparato reproductor de la hembra bovina.....	19
2. 4. 1. Ondas foliculares.....	19
2. 4. 2. Dinámica folicular.....	20
2. 4. 2. 1. Proceso de reclutamiento.....	21
2. 4. 2. 2. Proceso de selección.....	22
2. 4. 2. 3. Proceso de dominancia.....	22
2. 4. 2. 4. Proceso de atresia.....	22
2. 5. Folículogénesis.....	23
2. 5. 1. Folículos primordiales.....	23
2. 5. 2. Folículo primario.....	24
2. 5. 3. Folículo secundario.....	24
2. 5. 4. Folículo de Graff o antral.....	24
2. 5. 5. Cuerpo hemorrágico.....	25

2. 5. 6. Cuerpo lúteo.....	25
2. 6. Problemática de la producción láctea. ....	26
2. 6. 1. Manejo reproductivo. ....	26
2. 6. 2. Periodo voluntario de espera.....	27
2. 6. 3. Intervalo entre partos.....	27
2. 6. 4. Días abiertos. ....	27
2. 6. 5. Tasa de concepciones.....	28
2. 6. 6. Servicios por concepción.....	28
2. 6. 7. Intervalo entre servicios.....	28
2. 6. 8. Eficiencia en la detección de celos.....	28
2. 7. Problemática reproductiva. ....	29
2. 7. 1. Parto distócico. ....	29
2. 7. 2. Retención de placenta.....	30
2. 7. 3. Metritis.....	30
2. 7. 4. Endometritis.....	31
2. 7. 6. Piometra. ....	31
2. 7. 7. Cervicitis y vaginitis. ....	31
2. 7. 8. Quiste folicular.....	32
2. 7. 9. Quiste luteal.....	32
2. 7. 10. Anestro. ....	33
2. 7. 11. Amenaza de aborto. ....	33
2. 7. 12. Prolapso vaginal. ....	33
2. 7. 13. Prolapso uterino. ....	34
2. 8. Ventajas y desventajas de la sincronización de celo. ....	34
2. 8. 1. Ventajas. ....	34
2. 8. 2. Desventajas.....	35
2. 9. Ciclo estral de la vaca. ....	35
2. 9. 1. Duración. ....	35
2. 9. 2. Duración del estro. ....	36
2. 9. 3. Momento de la ovulación.....	36
2. 9. 4. Fases del ciclo estral. ....	36
2. 9. 5. Factores que intervienen en la eficiencia de la sincronización de celo.....	39
2. 9. 5. 1. Nutrición. ....	39
2. 9. 5. 2. Condición corporal.....	40
2. 9. 5. 3. Condiciones climáticas. ....	41
3. Protocolos de sincronización de celo. ....	41
3. 1. Definición de la biotecnología de sincronización de celos. ....	41

3. 2. Sincronización del ciclo estral. ....	42
3. 2. 1. Prostaglandinas. ....	42
3. 2. 2. Progestágenos. ....	44
3. 3. Sincronización del desarrollo folicular. ....	46
3. 3. 1. Protocolos CIDR (dispositivo con P4 y estradiol). ....	46
3. 3. 1. 1. CIDR. ....	46
3. 3. 1. 2. CIDR + Benzoato de estradiol (EB). ....	47
3. 3. 1. 3. EB + CIDR + GnRH. ....	48
3. 3. 1. 4. EB + eCG + CIDR. ....	49
3. 3. 1. 5. Ovsynch + CIDR. ....	49
3. 3. 1. 6. Heat-Synch. ....	50
3. 3. 2. Protocolos Ovsynch (GnRH + PGF2 $\alpha$ ). ....	51
3. 3. 2. 1. Ovsynch. ....	51
3. 3. 2. 2. Pre Synch-Ovsynch. ....	52
3. 3. 2. 3. Doble – Ovsynch. ....	53
3. 3. 2. 4. Cosynch. ....	54
3. 3. 2. 5. Resynch. ....	55
3. 3. 2. 6. Resynch – 7. ....	55
3. 3. 2. 7. Select–Synch. ....	56
3. 3. 2. 8. Similitud y diferencias de los protocolos de sincronización. ....	57
3. 3. 2. 9. Ventajas del protocolo Ovsynch. ....	59
4. Planteamiento del problema. ....	61
5. Hipótesis. ....	62
6. Objetivo. ....	63
7. Material y método. ....	64
7. 1. Protocolo de sincronización. ....	64
7. 2. Inseminación artificial a tiempo fijo. ....	64
7. 3. Diagnóstico de gestación. ....	65
7. 4. Análisis de la información. ....	65
8. Límite de espacio. ....	66
9. Resultados y discusión. ....	67
10. Conclusiones. ....	69
11. Sugerencias. ....	70
12. Literatura revisada. ....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción nacional de leche y crecimiento anual 1990-2018.....	7
Figura 2. Aparato reproductor de la vaca. ....	10
Figura 3. Cérvix. ....	11
Figura 4. Oviductos. ....	13
Figura 5. Esquema del eje Hipotálamo-hipofisis-ovario, se observa la interacción de todas las hormonas descritas anteriormente. ....	18
Figura 6. Esquema de la presentación de las ondas foliculares.....	20
Figura 7. Dinámica folicular. ....	21
Figura 8. Desarrollo folicular.....	23
Figura 9. Estructuras ováricas.....	26
Figura 10. Fases del ciclo estral y estructuras ováricas. ....	39
Figura 11. Programa basado en prostaglandina.....	44
Figura 12. Tratamiento con MGA/PGF2 $\alpha$ . ....	46
Figura 13. Protocolo CIDER + Benzoato de estradiol (EB). ....	48
Figura 14. Protocolo EB + CIDR + GnRH.....	48
Figura 15. Protocolo EB + eCG + CIDR. ....	49
Figura 16. Protocolo Ovsynch + CIDR.....	50
Figura 17. Protocolo Heat-synch. ....	50
Figura 18. Protocolo OvSynch.....	51
Figura 19. Protocolo Presynch-Ovsynch. ....	53
Figura 20. Protocolo doble Ovsynch.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 54
Figura 21. Protocolo de sincronización Cosynch.....	54
Figura 22. Protocolo que combina el tratamiento Ovsynch con el diagnóstico de gestación temprano por ultrasonografía (Resynch). ....	55
Figura 23. Protocolo agresivo que combina el tratamiento Ovsynch con el diagnóstico de gestación temprano por ultrasonografía (Resynch – 7). ....	56
Figura 24. Protocolo Select Synch. ....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición de la leche de vaca. ....	3
Cuadro 2. Valor nutritivo de la leche.....	3
Cuadro 3. Volumen de exportaciones de leche de bovino, régimen definitivo 2009-2015. ....	8
Cuadro 4. Volumen de importaciones de leche de bovino, régimen definitivo 2009-2015 (SADER SIAP, 2015).....	9
Cuadro 5. Similitud y diferencias de los protocolos de sincronización.....	58
Cuadro 6. Protocolo OvSynch. ....	64
Cuadro 7. Número de vaca inseminada, tipo de semen y presencia de celo. ....	65
Cuadro 8. Número de vacas que respondieron al tratamiento hormonal. ....	67
Cuadro 9. Diagnóstico de gestación.....	68

## 1. Introducción

La producción de leche se destaca por dos aspectos principales, el primero es porque es un alimento de lo más completo en nutrientes y el segundo por lo accesible que es en su precio (Cano, 2005). En México el consumo per cápita de leche es de 132 litros al año lo cual representa 363 mil litros diarios, sin embargo la FAO recomienda que sean 500 mil litros diarios (Secretaría de Economía, 2012).

Uno de los principales problemas en vacas lecheras es el bajo desempeño reproductivo que se manifiesta en baja fertilidad y días abiertos prolongados, para que la ganadería sea rentable debe tenerse en cuenta que la eficiencia reproductiva juega un papel muy importante, por lo tanto los parámetros reproductivos y los métodos para mejorarlos deben incrementarse, a fin de asegurar que la rentabilidad sea aceptable (Cano, 2005). Mellado, (2010) menciona que las pérdidas económicas por fallas reproductivas se enfocan de manera diferente, la principal es donde la vida de la vaca en producción se reduce, debido a que el pico de lactación se da con menos frecuencia y los periodos de descanso lácteo se extienden a causa de los días abiertos amplios.

Como respuesta a este problema se han desarrollado múltiples protocolos hormonales de sincronización e inducción de celo, para llevar acabo esto es indispensable establecer adecuados registros reproductivos del hato, el protocolo Ov synch es una buena opción para mejorar y acortar los días abiertos en ganado lechero, sea en gran o pequeña escala (ABS México, 2008).

## **2. Revisión de literatura**

### **2.1. Importancia de la producción láctea**

La producción de leche de vaca es importante en dos factores indispensables en México y el mundo, en primer lugar se tiene al económico y en segundo el alimentario.

En México la producción de leche se desarrolla de forma muy heterogénea tanto tecnológico, socioeconómico y hasta por la localización de las unidades de producción, siguiendo este sentido los sistemas de producción van desde lo tecnificado hasta los de pequeña escala en una misma región, esta situación influye en los costos de producción que tienen las diferentes unidades de producción y por ende las ganancias económicas, en el estudio que realizó Meléndez y Alonso, (2000) en el altiplano Mexicano menciona los costos de diferentes sistemas productivos, en primer lugar está la pequeña escala con 84.4%, semi intensivo con 92.4% e intensivo con 88.3%, , el promedio de estos es de 90.6%, teniendo estos valores se determinan las ganancias económicas para los productores. De esta manera se observa que las ganancias son mejores en las explotaciones de pequeña escala, sin embargo en las tecnificadas al tener grandes cantidades de leche sus ganancias económicas son mayores.

La creciente producción de leche en México y en el mundo se debe a que este producto es una de las fuentes de proteína económicamente más accesible y por lo tanto de mayor demanda en las poblaciones de bajos y medios recursos. La leche es uno de los alimentos más completos para el ser humano en donde destacan sus nutrientes tales como las proteínas que contienen grandes cantidades de aminoácidos esenciales (Cano, 2005).

Cuadro 1. Composición de la leche de vaca

Composición de la leche de vaca (g/100 ml)		
Componente	Mínimo	Máximo
Agua	84.0	89.0
Sólidos	10.6	17.9
- Lípidos	2.6	8.4
- Proteínas	2.4	6.5
- Lactosa	2.4	6.1
- Cenizas	0.6	0.9

Fuente: (NOM-155-SCFI, 2012)

Los datos citados en el cuadro 1 son los rangos mínimos y máximos de las características nutricionales de la leche. Agudelo y Bedoya, (2005) mencionan que la leche entera pasteurizada contiene en promedio 3.2 % de proteína, 3.4% de grasa y 4.7 % de lactosa, es necesario mencionar que estos valores son variables de acuerdo con el tipo de leche como el caso de la ultrapasteurizada o por la cantidad de sólidos grasos parcialmente descremadas y semidescremadas.

La influencia que tiene la leche y sus derivados es muy importante para la alimentación, Villareal *et al.*, (1998) mencionan el valor nutritivo de la siguiente manera.

Cuadro 2. Valor nutritivo de la leche

Nutrientes	%	Contribuyen a:
Calcio	82	Formación de huesos
Fosforo	63	
Proteínas	40	Formación de músculo
Rivoflavina	82	Piel tersa, agudeza visual, etc.
Vitamina A	30	
Tiamina	22	
Vitamina D	100	
Calorías	21	Energía

Fuente: (Villareal *et al.*, 1998)

El aspecto económico se compone de dos factores: el macro y micro es decir internacional y nacional, el negocio radica desde la producción a gran y pequeña escala.

## **2. 1. 2. Contexto internacional**

El aspecto macroeconómico, la evolución de la población, políticas de apoyo a la producción, comercialización de los distintos países y su localización influyen directamente en el consumo, la oferta, la demanda y comercio mundial de los productos lácteos. El crecimiento de consumo de dichos productos depende en un 70% del crecimiento de la población y el 30% es atribuido al incremento de consumo por habitante (Secretaría de Economía, 2012).

El crecimiento de la producción láctea en sus distintos eslabones está determinado por la población, es decir en los países donde se tiene mayor poder adquisitivo y el consumo per cápita es mayor, el crecimiento es rápido. La elección de consumo de la población se modifica en busca de la mejora nutricional, por ende los lácteos se mejoran de forma que sean bajos en lípidos y carbohidratos así como también se les incorpora vitaminas, pre y probióticos y fibras que no son de origen animal pero que mejoran la calidad nutricional, elevando así su consumo (Secretaría de Economía, 2012).

Para los países desarrollados como los Estados Unidos y la Unión Europea es tan importante la producción de leche que tienen políticas de proteccionismo a este sector, lo cual provoca que tengan excedentes, que terminan vendiéndose a países en subdesarrollo, provocando así un desbalance en los precios.

Los países sobresalientes en la producción de lácteos en los últimos años han sido los europeos, en 2018 produjeron 152 100 toneladas, en segundo lugar Estados Unidos con 99 473 toneladas y en tercer lugar la India con 76 008 toneladas.

A partir del 2005 el consumo de leche a crecido principalmente en los países en desarrollo a una tasa media de 1.6%, se estima que la población mundial consume 500 millones de toneladas anuales de lácteos en sus diferentes presentaciones. La tendencia que tiene la producción está dividida en dos vertientes, en los países desarrollados tiende a disminuir el consumo per cápita de los habitantes, mientras que en los subdesarrollados es lo contrario el consumo está por encima del crecimiento demográfico. Se estima que terminando esta década China e India consumirán más

de la tercera parte de la producción láctea, esto se debe al crecimiento demográfico y al consumo per cápita que se incrementa (Secretaría de Economía, 2012).

En el ámbito comercial existen cuatro aspectos en particular que lo determinan, en primer lugar se tiene a la división entre países con fiebre aftosa y los que no la tienen, la creciente variedad de productos que se comercializan, la participación de grandes corporaciones y las distorsiones por el apoyo a este sector de los diferentes países.

En América latina, México, Brasil y Venezuela contabilizan el 90% de déficit en lácteos y por lo tanto sus importaciones son altas, en contraparte Argentina y Uruguay tienen el mayor superávit, Por su parte Estados Unidos resulta un exportador altamente subsidiado de leche en polvo y sus importaciones son de quesos de alto valor agregado.

Con respecto a las exportaciones internacionales son tres regiones principales, la Unión Europea, Oceanía y Estados Unidos, estas aportan el 70% de productos. La Unión Europea exporta principalmente quesos, leche entera en polvo y descremada así como también mantequilla, la política en apoyo a este sector es el soporte al precio del mercado, aranceles y subsidios a la exportación por ende pueden competir internacionalmente con otros países. Oceanía que abarca Australia y Nueva Zelanda se caracterizan en el mercado por exportar gran parte de su producción interna, Nueva Zelanda con un poco más del 70% y Australia con un 50%, dichos países no producen gran cantidad de leche sin embargo sus costos de producción son los más bajos del mundo lo cual les permite competir internacionalmente. Estados Unidos es el cuarto exportador a nivel mundial, su sector lácteo se basa en el consumo interno de su producción que es un medio para regular los costos de producción, lo único que exporta son sus excedentes como leche en polvo (Castro *et al.*, 2001).

### **2. 1. 3. Contexto nacional**

La situación que vive nuestro país es crítica ya que el fuerte crecimiento demográfico y la cada vez mayor concentración de la población en zonas urbanas provocan que la demanda por conseguir proteína de origen animal se incremente, por lo tanto la importancia de la producción de leche se incrementa. Esta actividad representa la

quinta parte del valor total de la producción nacional pecuaria, siendo esta la tercera más importante que ha tenido un gran desarrollo (Villamar y Olivera, 1998).

La producción lechera se lleva a cabo en todo México, sin embargo en el periodo de 2005-2010 los estados de Jalisco, Coahuila, Durango y Chihuahua aportaron el 45% de la producción nacional, cabe señalar que Coahuila y Durango se encuentran en la cuenca lagunera la cual es la más importante a nivel nacional ocupando el primer lugar en producción (Castro *et al.*, 2001).

Los costos de producción en México están condicionados por el grado de tecnificación, tipo de alimentación del ganado, clima, disponibilidad de agua y raza del ganado, comparando los costos de producción tenemos que son mayores en las explotaciones tecnificadas que las que no lo están, sin embargo la rentabilidad es considerablemente mayor en las tecnificadas y esto se debe a la cantidad de leche que se produce al día (Castro *et al.*, 2001).

Según cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SADER, durante los últimos 2 años 2016-2017 la producción de leche ha tenido un crecimiento promedio anual de 1.65%, en términos monetarios esta actividad es equivalente al 20.34% del valor total del sector pecuario, es importante mencionar que la producción va en aumento, no obstante a pesar del crecimiento sostenido sólo contribuye a cubrir el 80% del consumo nacional.

Figura 1. Producción nacional de leche y crecimiento anual 1990-2018

Año	Producción	Crecimiento anual (%)
2018	12,008,239	1.7
2017	11,767,556	1.4
2016	11,608,400	1.9
2015	11,394,663	2.4
2014	11,129,622	1.5
2013	10,965,632	0.8
2012	10,880,870	1.5
2011	10,724,288	0.4
2010	10,676,695	1.2
2009	10,549,037	-0.4
2008	10,589,481	2.4
2007	10,345,982	2.6
2006	10,088,550	2.2
2005	9,868,302	0.0
2004	9,864,302	0.8
2003	9,784,355	1.3
2002	9,658,279	2.0
2001	9,472,293	1.7
2000	9,311,444	4.9
1999	8,877,314	6.8
1998	8,315,711	6.0
1997	7,848,105	3.4
1996	7,586,422	2.5
1995	7,398,598	1.1
1994	7,320,213	-1.1
1993	7,404,078	6.3
1992	6,966,210	3.7
1991	6,717,115	9.4
1990	6,141,545	10.1

Fuente: (SADER SIAP, 2018)

La contradicción de las políticas de México es tan grande que a pesar de que se realizan importaciones de leche en polvo también se realizan exportaciones las cuales han aumentado del año 2017 al 2018 debido al desgravamen del TLCAN, México exporta leche fluida principalmente a los Estados Unidos y Puerto Rico, en los siguientes cuadros se menciona la dinámica de exportaciones e importaciones de leche en los últimos 2 años.

Cuadro 3. Volumen de exportaciones de leche de bovino, régimen definitivo 2017-2018

Año/mes	Fluida	En polvo	Evaporada	Condensada
	Toneladas	Toneladas	Toneladas	Toneladas
<b>2018</b>	3,307	76,998	5,795	8,433
Enero	371	5,682	383	204
Febrero	55	6,111	345	427
Marzo	306	8,911	354	409
Abril	311	9,244	206	493
Mayo	183	10,341	268	1,886
Junio	422	7,624	1,171	521
Julio	240	7,814	937	1,692
Agosto	326	5,862	217	261
Septiembre	225	6,203	404	324
Octubre	224	5,107	536	789
Noviembre	174	2,170	576	816
Diciembre	471	1,928	400	610
<b>2017</b>	2,599	62,878	3,108	4,886
Enero	117	2,976	167	137
Febrero	183	5,938	246	113
Marzo	216	2,558	185	202
Abril	181	2,298	287	170
Mayo	238	7,488	440	387
Junio	154	7,225	235	202
Julio	153	9,028	270	156
Agosto	243	5,136	170	173
Septiembre	219	6,530	313	200
Octubre	248	2,892	276	2,137
Noviembre	246	7,631	332	679
Diciembre	200	3,179	189	330

Fuente: (SADER SIAP, 2018)

Cuadro 4. Volumen de importaciones de leche de bovino, régimen definitivo 2017-2018

Año/Mes	Fluida	En polvo	Evaporada	Condensada
	Miles de litros		Toneladas	
<b>2018</b>	37,443	362,780	460	1,900
Enero	2,848	23,075	0	235
Febrero	2,803	28,444	0	120
Marzo	3,043	32,723	269	155
Abril	3,115	34,177	42	244
Mayo	3,034	33,983	0	140
Junio	2,994	28,217	0	154
Julio	3,300	26,451	0	140
Agosto	3,426	33,274	0	114
Septiembre	3,033	28,174	107	128
Octubre	3,755	33,199	41	209
Noviembre	3,187	32,133	1	197
Diciembre	2,904	28,929	0	64
<b>2017</b>	31,223	327,097	21	2,484
Enero	2,443	19,202	0	247
Febrero	1,987	27,662	0	210
Marzo	2,347	27,629	0	365
Abril	2,267	25,245	0	315
Mayo	2,779	33,825	0	240
Junio	2,807	29,107	0	239
Julio	2,554	26,461	0	124
Agosto	2,913	29,154	0	174
Septiembre	2,769	27,921	0	33
Octubre	2,928	28,477	0	216
Noviembre	2,782	27,720	21	21
Diciembre	2,646	24,696	0	300
<b>2016</b>	36,476	292,803	654	2,902

Fuente: (SADER SIAP, 2018)

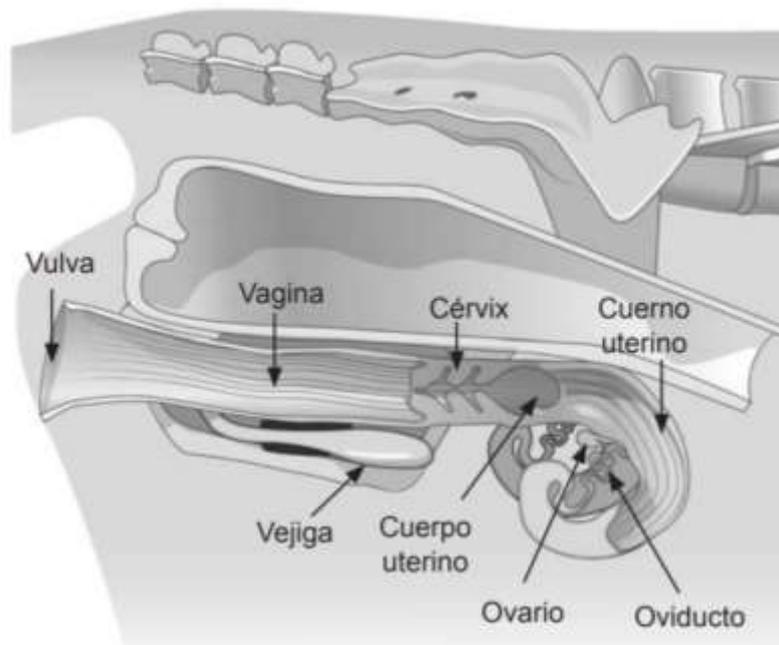
El consumo de lácteos en México es de dos maneras, la primera es en la zona urbana donde la población consume en su mayoría quesos, yogures y leches industrializadas (pasteurizada, ultrapasteurizada y en polvo), en las zonas no urbanas se basa en el consumo de leche cruda y de productos artesanales.

En el 2017, la elaboración de derivados y fermentos lácteos como quesos, crema y yogurt fue de 768 mil 63 toneladas lo que significó un valor de 34 mil 555 millones de pesos, por otra parte la industria quesera produjo 276 mil 942 toneladas con un valor económico de 13 mil 943 millones de pesos (SADER SIAP, 2018).

## 2. 2. Anatomía del aparato reproductor de la vaca

Para poder obtener buenos resultados reproductivos en las hembras bovinas se requiere de un pleno conocimiento de las estructuras anatómicas del aparato reproductor, Porras y Paramo, (2009) mencionan que los órganos genitales de la hembra comprenden los genitales internos (ovarios, oviductos, útero, cérvix, vestíbulo y vagina) y los externos (labios vulvares y clítoris), su función como tal es la formación del óvulo, fecundación y desarrollo fetal hasta el parto.

Figura 2. Aparato reproductor de la vaca



Fuente: (Dejarnette, 2015)

### 2. 2. 1. Vulva

La vulva comprende el vestíbulo vaginal y los labios vulvares, interiormente se encuentra el clítoris que mide alrededor de 10 cm de longitud. Los labios vulvares son gruesos y redondeados, con una comisura ventral que termina en un borde agudo, tiene tres funciones principales, el paso de la orina, permitir la cópula y sirve como canal de parto (Sisson y Grossman, 2003).

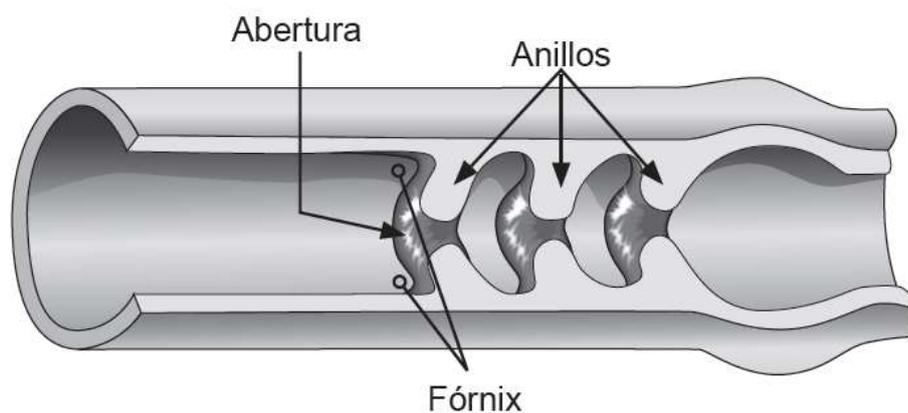
### 2. 2. 2. Vagina

Órgano de la cópula, de forma tubular con pared fibromuscular, se extiende desde el cérvix hasta la desembocadura de la uretra, su longitud es de 25 a 30 cm, se relaciona dorsalmente con el recto y ventralmente con la uretra y vejiga, sus funciones son dos; órgano copulador, siendo el semen depositado en la porción anterior de la vagina y como canal de parto (Galina y Valencia, 2008).

### 2. 2. 3. Cérvix

Es un órgano fibroso formado predominantemente por tejido conectivo con pequeñas cantidades de tejido muscular liso, establece conexión entre la vagina y el útero, está formado por prominencias que tienen forma de bordes transversales alternados en espiral que se les conoce como anillos cervicales. Tiene tres funciones específicas; la primer es que funge como barrera para la selección de espermatozoides, facilita el transporte de los espermatozoides mediante el moco cervical, y forma el tapón de Wharton durante la gestación (Dyce *et al.*, 2012).

Figura 3. Cérvix



Fuente: (Dejarnette, 2007)

#### **2. 2. 4. Útero**

Es un órgano tubular hueco, músculo membranoso, consta de un cuello o cérvix que lo comunica con la vagina y consta de dos cuernos uterinos. Se encuentra en la cavidad abdominal sin embargo puede encontrarse parte de su estructura posterior en la cavidad pelviana (Galina y Valencia, 2008).

Dicho órgano tiene funciones primordiales como; transporte de los espermatozoides, producción y secreción de factores necesarios para la nutrición del embrión, desarrollo de la placenta, modifica su tamaño y estructura para las necesidades del feto y regula la funcionalidad del cuerpo lúteo mediante la producción de prostaglandinas F2  $\alpha$  (Sisson y Grossman, 2003).

Los oviductos son estructuras pares que conectan el útero de los ovarios, se dividen en tres zonas el infundíbulo (cerca de los ovarios, en forma de embudo), ampulla (donde ocurre la ovulación), e istmo (se une con el útero, conteniendo gran parte de células secretoras), su longitud es de 20 a 30 cm.

Los oviductos tienen tres funciones principales, el transporte de óvulos y espermatozoides, fecundación y lugar donde ocurren las primeras divisiones celulares del embrión.

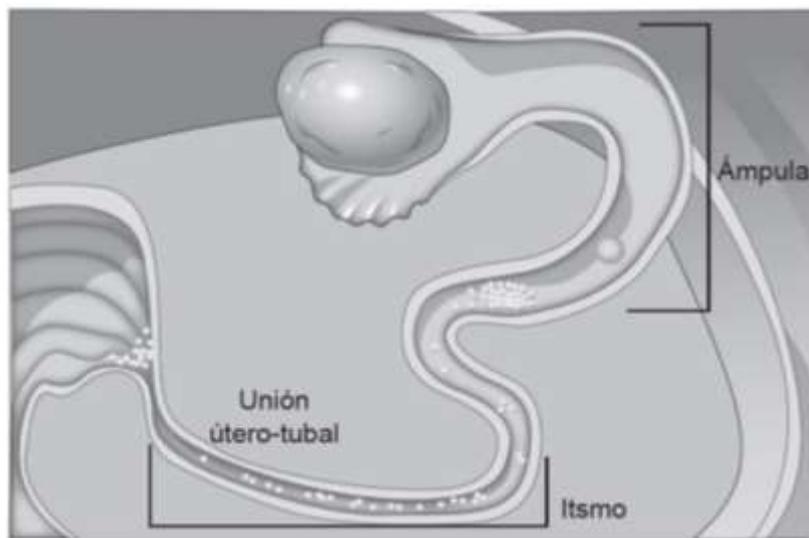
#### **2. 2. 5. Oviductos**

Los oviductos son estructuras pares que conectan el útero de los ovarios, se dividen en cuatro zonas el infundíbulo (cerca de los ovarios, en forma de embudo), ampulla (donde ocurre la fecundación), istmo (se une con el útero, conteniendo gran parte de células secretoras) y la unión útero-tubal (sirve como filtro de espermatozoides anormales y reservorio de espermias hábiles) su longitud es de 20 a 30 cm

(Dejarnette, 2015).

Los oviductos tienen tres funciones principales, el transporte de óvulos y espermatozoides, fecundación y lugar donde ocurren las primeras divisiones celulares del embrión (Porrás y Paramo, 2009).

Figura 4. Oviductos



Fuente: (Dejarnette, 2015)

### 2. 2. 6. Ovarios

Los ovarios de la vaca tienen forma ovoide, miden de 3.5 a 4 cm de longitud, 2.5 cm de ancho y tienen alrededor de 1.5 cm de grosor en su porción mayor, su peso oscila entre los 15 a 20 g, se encuentran ubicados a nivel de la bifurcación de los oviductos, junto a la pared lateral externa (Sisson y Grossman, 2003).

En la superficie externa del ovario se pueden observar dos estructuras, el cuerpo lúteo y los folículos ovulatorios, dicho órgano tiene dos funciones una exocrina que consiste en producir gametos femeninos (óvulos) y una endocrina la cual produce y secreta hormonas de la reproducción como son: estrógenos, progesterona, inhibina, folistatina, relaxina y activinas (Squires, 2006).

### **2. 2. 7. Folículo**

Anatómicamente los folículos son de forma esférica cubiertos por una membrana semitransparente, su consistencia es la de una vejiga llena, su tamaño varía desde apenas visibles hasta los 20 mm de diámetro (Hafez y Hafez, 2002).

La función de los folículos es llevar a cabo los procesos reproductivos como, fases del ciclo estral, ovulación, hormonas para el mantenimiento del ciclo ovárico y preparación del útero, todos estos procesos están mediados por el complejo hormonal hipotálamo-hipófisis-ovario (Motta *et al.*, 2011).

### **2. 3. Endocrinología de la reproducción**

La endocrinología es una ciencia que estudia el funcionamiento y las distintas enfermedades del sistema endocrino, en los bovinos hay dos sistemas que regulan el proceso reproductivo, el endocrino y el nervioso cada uno con características específicas (Galina y Valencia, 2009). Es importante que haya una correcta interrelación entre ambos para un buen desempeño reproductivo. Esta relación se lleva a cabo mediante una cascada de actividades sincronizadas, empezando por el sistema nervioso central, los tejidos secretores, hormonas y órganos blancos (Gutiérrez, 2008).

Los procesos reproductivos de los mamíferos en específico el ciclo estral de la vaca están regulados por la interacción de varios órganos, comenzando por el eje hipotálamo-hipófisis, ovario y útero. Cada uno juega un papel importante en la liberación de hormonas que sirven como mensajeros químicos que viajan por la sangre hacia órganos con receptores a cumplir una función específica. El hipotálamo y la hipófisis aseguran el ritmo de reproducción sincronizado entre el hipotálamo, hipófisis, ovario y útero, para conformar la maduración folicular, ovulación, implantación y mantenimiento de la gestación, siendo esto influenciado por factores nutricionales, hereditarios y ambientales de la vaca (Echeverría, 2006).

### **2. 3. 1. Hormona Hipotalámica (GnRH)**

El factor liberador de gonadotropina conocido como GnRH se produce en la células neurales del hipotálamo, de aquí es liberada al torrente sanguíneo y llevada a la glándula pituitaria en la cual activara sus receptores, dicha hormona controla la liberación de las gonadotropinas hipofisarias, la foliculoestimulante, FSH y luteinizante, LH (Yunga, 2013).

La secreción de GnRH es liberada en forma de pulsaciones dependiendo de factores externos y propios del animal, tales como época del año, edad, estado nutricional, etapa del ciclo estral, etc, (Galina y Valencia, 2008). En forma clínica la hormona se utiliza para estimular la ovulación, desarrollo folicular y en el tratamiento de quistes foliculares.

### **2. 3. 2. Hormonas Adenohipofisarias (FSH) y (LH)**

Las hormonas adenohipofisarias son sintetizadas en la hipófisis anterior, estas cumplen un papel importante en el control neuroendocrino del ciclo estral de la vaca. La foliculoestimulante (FSH) estimula el crecimiento y desarrollo folicular para que de esta manera el ovulo se encuentre disponible a ser fertilizado, la luteinizante (LH) interviene en el proceso de ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. También actúa en el procesos de esteroidogénesis y liberación de progesterona (Gutiérrez, 2008).

Además de tener una función específica, actúan en conjunto en la síntesis de otras hormonas como son; androstenediona a partir del colesterol, la cual se convierte en testosterona, la síntesis de estradiol e inhibina en las células tecaes de los folículos en desarrollo que actúan suprimiendo la liberación de FSH y actúan sobre la secreción de estrógenos de los folículos ováricos, La LH también es responsable de ocasionar la ruptura de la pared folicular, ovulación y por ende da a la formación del cuerpo lúteo, mismo que comienza a secretar progesterona (Gutiérrez, 2008).



En ausencia de progesterona, los estrógenos estimulan la síntesis de receptores de GnRH en la hipófisis, estimulando así la síntesis de LH que conlleva a la ovulación del folículo ovulatorio (folículo de Graff). La progesterona es producida en el cuerpo lúteo por la acción de la LH, su acción será ejercida después que los estrógenos estimularan los órganos diana, preparando así al útero para la gestación (Sanz, 2000).

### **2. 3. 5. Progesterona**

La progesterona (P4) es producida en el cuerpo lúteo, placenta y glándula suprarrenal, pertenece al grupo de hormonas denominadas progestágenos, su acción principal es en la gestación y embriogénesis, es una de las hormonas sexuales que se desarrolla cuando la hembra alcanza la pubertad, esta hormona prepara al endometrio para la implantación del embrión mediante la acción en la fase de los cambios endometriales que inducen a los estrógenos estimulando los cambios madurativos (Gutiérrez, 2008).

En las vacas tiene dos funciones específicas, la primera es mantener la gestación ya que en esta especie la placenta segrega escasos niveles de progesterona para mantener la preñez, la segunda es regular la duración del ciclo estral debido a su efecto inhibitor del celo y de la ovulación (Yunga, 2013).

Palomares, (2017) menciona que los niveles altos de progesterona y bajos de estrógenos evitan que la vaca retorne al estro.

### **2. 3. 6. Prostaglandinas**

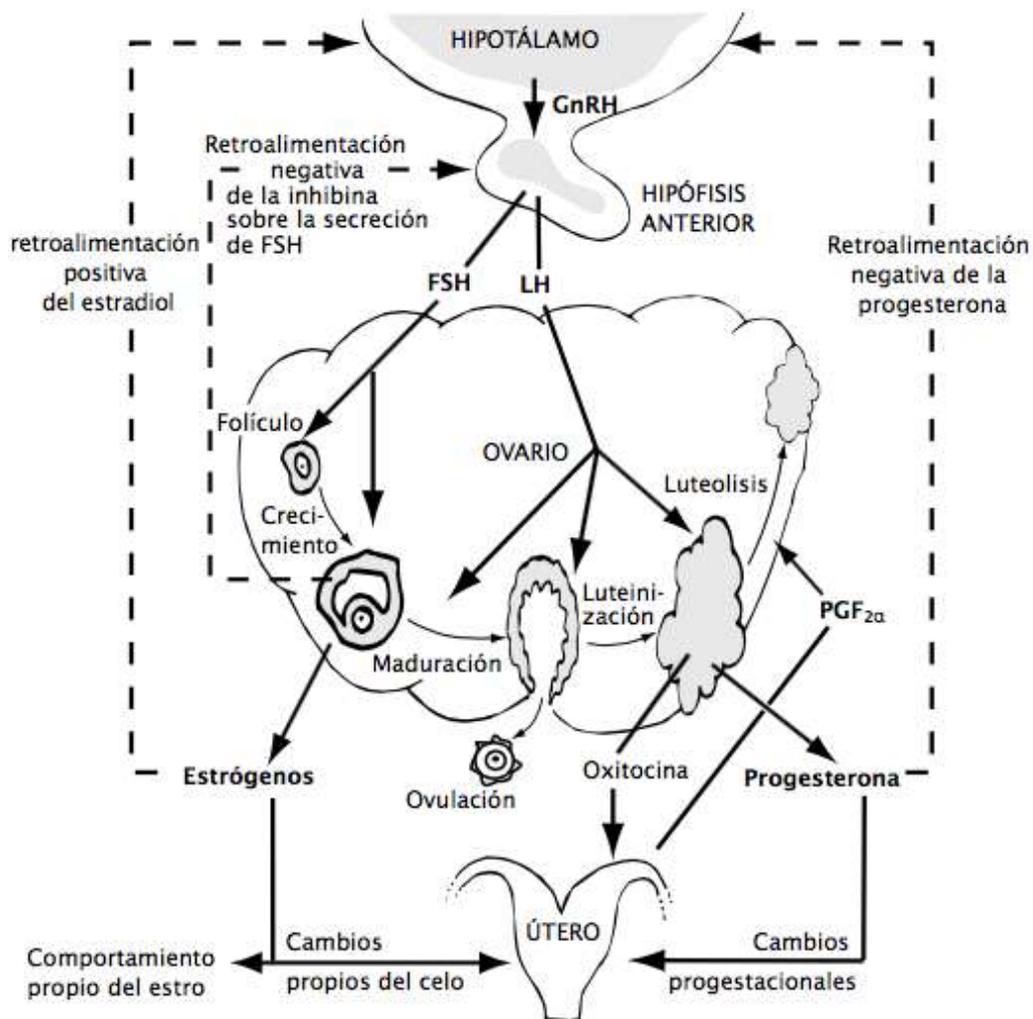
Las prostaglandinas son sustancias con actividad en el ciclo estral, químicamente son un ácido graso insaturado, compuesto por 20 átomos de carbono, contiene un anillo ciclopentano y dos cadenas laterales, los prostanoideos de los cuales la  $PGF2\alpha$  es parte, son metabolitos obtenidos del ácido araquidónico a través de la vía metabólica

ciclooxigenasa (Echeverría, 2006).

La prostaglandina es producida en el endometrio, esta es transportada por la vena uterina a la arteria ovarica siendo el ovario su órgano blanco, sus funciones principales es la luteólisis y destrucción del cuerpo amarillo, contracciones uterinas para el transporte de los espermatozoides, facilita el parto, en la eliminación de las membranas fetales y abortos en etapas tempranas (Yunga, 2013).

Clínicamente las prostaglandinas son utilizadas en la inducción de parto, sincronización de celos y en el tratamiento de quistes luteínicos y piometra (Yunga, 2013).

Figura 5. Esquema del eje Hipotálamo-hipófisis-ovario, se observa la interacción de todas las hormonas descritas anteriormente



Fuente: Sumba, (2012)

## **2. 4. Fisiología del aparato reproductor de la hembra bovina**

La reproducción de la hembra bovina está regulada por el mecanismo neuro-humoral, mediante procesos sincronizados, el inicio químico comienza en varios órganos y etapas del animal. El desempeño de los hatos lecheros depende de la eficiencia reproductiva de las hembras bovinas, siendo este determinado por el desarrollo de los folículos (Yunga, 2013).

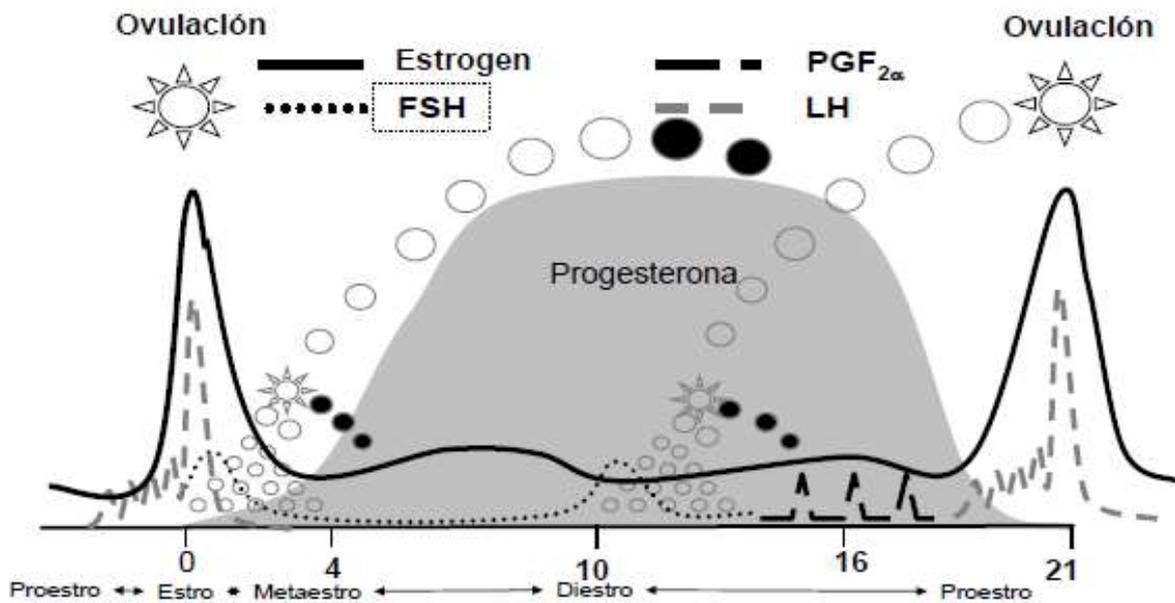
Echeverría, (2006) menciona que la reproducción de la hembra consiste en una serie de eventos que inician en el embrión, seguido de su nacimiento se produce quietud hasta entrar a la pubertad que es cuando la novilla alcanza su madurez sexual. El proceso reproductivo de la hembra bovina es complejo siendo el eje Hipotálamo-hipófisis-ovario el proceso que resulta a la ovulación, este debe ser estimulado por el ambiente del animal para poder desencadenarse (Ptaszynska, 2007).

### **2. 4. 1. Ondas foliculares**

En los bovinos el crecimiento y desarrollo folicular se caracteriza por dos o tres olas foliculares por cada ciclo estral, cada ola folicular implica el reclutamiento de un nuevo cohorte de folículos que se encuentran en la reservas del ovario, después sigue la selección de un folículo dominante el cual seguirá creciendo y madurando hasta alcanzar la fase preovulatoria, mientras que los demás sufren atresia (Lucy, 2007).

Hernández, (2012) menciona que en las vacas el 70% presenta dos oleadas foliculares mientras el 30% presenta tres ondas foliculares, de esta manera el ciclo estral en las hembras va desde los 18 a los 23 días siendo el promedio 21 días, en vacas con dos oleadas foliculares tendrán un potencial de los ovocitos para desarrollar un embrión más viable.

Figura 6. Esquema de la presentación de las ondas foliculares



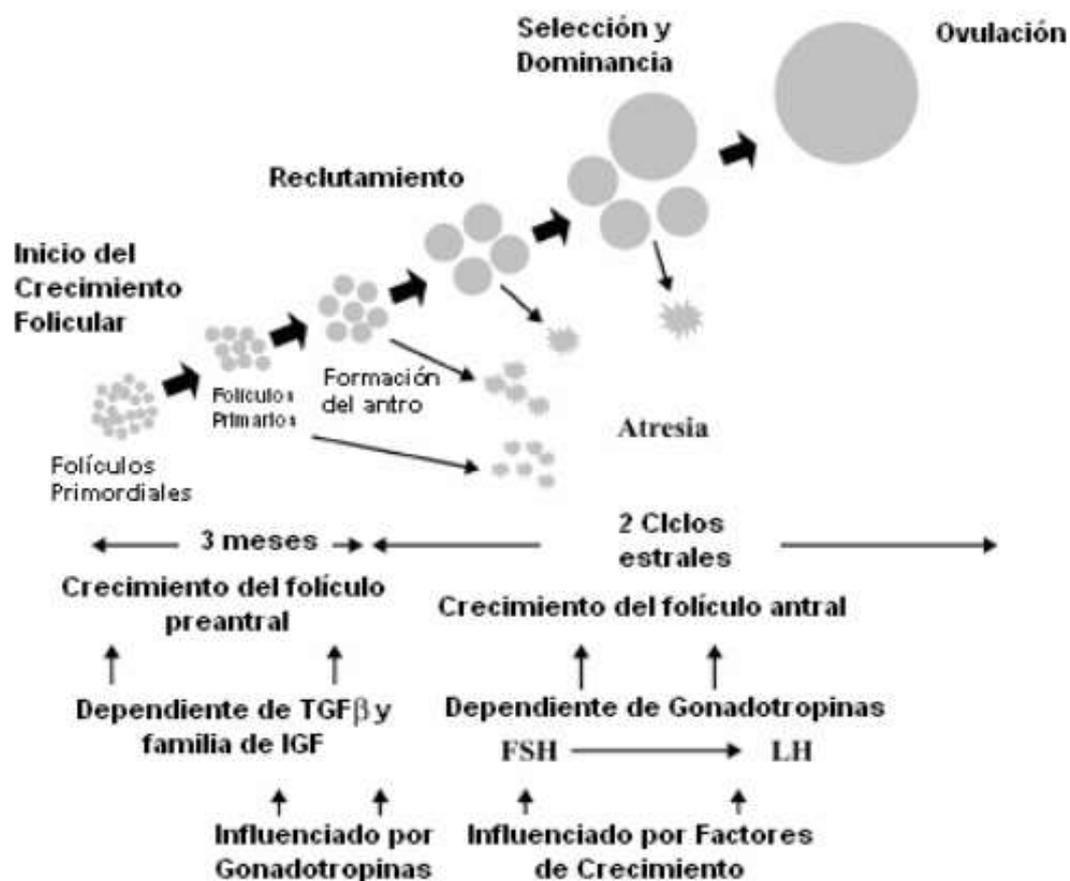
Fuente: Gómez, (2015)

#### 2. 4. 2. Dinámica folicular

Se conoce como dinámica folicular al proceso de crecimiento y regresión de los folículos primordiales que conllevan al desarrollo de un folículo preovulatorio, en este procesos se generan de una a tres ondas de crecimiento y de desarrollo folicular sin embargo la última es la que genera el folículo preovulatorio. Yunga, (2013) menciona que la dinámica folicular ocurre en fases que son el reclutamiento, selección, dominancia y atresia.

En el ganado lechero se presentan ciclos con dos o tres oleadas de crecimiento folicular lo cual depende de la edad (Sumba, 2012),

Figura 7. Dinámica folicular



Fuente: Sumba, (2012)

#### 2. 4. 2. 1. Proceso de reclutamiento

El reclutamiento es el proceso por el cual un grupo de folículos comienza a madurar, esto debido al suficiente nivel de gonadotropinas que conlleva a la selección de folículo para la ovulación. En los bovinos cada ciclo ovárico son reclutados grupos de folículos los cuáles serán las próximas ovulaciones, esto debido a los niveles de FSH (Castañeda, 2009).

#### **2. 4. 2. 2. Proceso de selección**

Este proceso consiste en seleccionar los folículos, evitando la atresia para poder llegar a la ovulación, caracterizado por tener una mayor producción de estradiol, convirtiéndose de esta manera folículo dominante (Castañeda, 2009). El tamaño de estos folículos es de 6 a 9 mm (Ptaszynska, 2007).

#### **2. 4. 2. 3. Proceso de dominancia**

Como el término lo indica es el proceso donde el folículo domina ejerciendo un efecto inhibitor sobre el reclutamiento de una nueva una cohorte (grupo) de folículos mediante una disminución de FSH, es el encargado de una elevada secreción de estradiol, alcanzando un tamaño superior evidente al de los demás, de esta manera adquiere la capacidad de continuar sus desarrollo en un medio adverso de hormonas pudiendo llegar a la ovulación (Hernández, 2012).

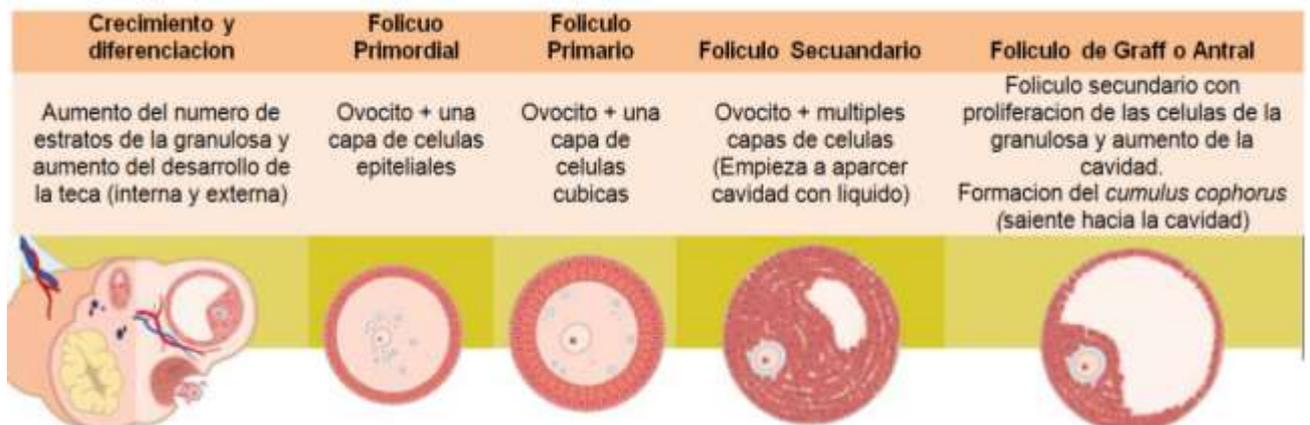
#### **2. 4. 2. 4. Proceso de atresia**

Dicha fase consiste en la desaparición o regresión de los folículos que no fueron seleccionados como dominantes o en su caso del folículo que no llegó a la ovulación, la causa de la regresión es atribuida a una baja frecuencia de LH, debido a los altos niveles de progesterona, que provocan una menor síntesis de andrógenos y estradiol que dan como resultado la atresia folicular (Hernández, 2012). El aumento de FSH crea una nueva onda folicular y el reclutamiento de otros folículos (Galina y Valencia, 2008).

## 2. 5. Foliculogénesis

La foliculogénesis es la serie de eventos fisiológicos que se desarrollan en los dos tipos de células, en las germinales y en las somáticas, englobando el crecimiento, la diferenciación, maduración y la ovulación del folículo. El proceso es muy complejo, comienza en la fase fetal a medida que a mitad de la gestación el ovario del feto bovino ya cuenta con todos los folículos primordiales (Filipiak *et al.*, 2016).

Figura 8. Desarrollo folicular



Fuente: Sumba, (2012)

### 2. 5. 1. Folículos primordiales

Un folículo primordial está formado por un oocito que no contiene zona pelúcida, se encuentra detenido en la profase de la primer división meiótica, rodeado de una capa de células epiteliales planas que son precursoras de la granulosa (Hernández, 2012).

El tamaño de los folículos está determinado por la hormona gonadotropina, midiendo 3 mm en promedio, el desarrollo de los folículos comienza hasta la pubertad de la vaquillas aunque muchos serán atresicos (Sanz, 2000).

Al nacimiento de los bovinos los ovarios ya cuenta con un número determinado de folículos primordiales, siendo determinante en la vida reproductiva de la hembra y de su fertilidad, de un máximo de 2,700,000 folículos primordiales el 90 % se perderá por degeneración en la divisiones meióticas iniciales, quedando al nacimiento un aproximado de 135,000 folículos primordiales (Filipiak *et al.*, 2016).

### **2. 5. 2. Folículo primario**

El folículo primario contiene un oocito que ha reanudado la meiosis, se encuentra rodeado de zona prelucida y de células de la granulosa organizadas en epitelio cubico, su tamaño ya es de 4 a 8 mm, todo está influido por dos hormonas el estradiol y la testosterona (Echeverría, 2006). En esta etapa la zona pelúcida iniciara el desarrollo de extensiones citoplasmáticas que tienen el objetivo de mantener la comunicación intercelular (Sanz, 2000).

### **2. 5. 3. Folículo secundario**

Los folículos secundarios aparecen a los 210 días de gestación de la hembra, siendo formado por varias capas de células de la granulosa, a su vez rodeadas de células de la teca, el tamaño del ovocito es aproximadamente entre 50 a 60  $\mu\text{m}$  de diámetro. El antro formado en el folículo se encuentra lleno de fluido formado por la unión de muchos espacios de las células de la granulosa que juntas segregan mucopolisacaridos formando así la zona prelucida que cubre al ovocito (Sanz, 2000).

### **2. 5. 4. Folículo de graff o antral**

Los folículos antrales se pueden observar a los 250 días de gestación de los bovinos, cuenta con 6 capas de células de la granulosa teniendo más de 250 células, su diámetro es de 250 a 500  $\mu\text{m}$ , el diámetro del ovocito ya es de 95  $\mu\text{m}$  con una capa pelúcida completamente desarrollada (Filipiak *et al.*, 2016).

La formación de la zona pelúcida, la diferenciación de la teca externa y la formación del antro establecerá el desarrollo del folículo antral, los folículos de Graff (folículos antrales grandes), ya presentan una cavidad antral completamente desarrollada rodeada de células de la granulosa y el ovocito también está rodeado por células de la granulosa llamadas *cumulus oophorus*, el folículo dominante seguirá creciendo hasta alcanzar el diámetro apropiado para ser preovulatorio (Filipiak *et al.*, 2016).

### **2. 5. 5. Cuerpo hemorrágico**

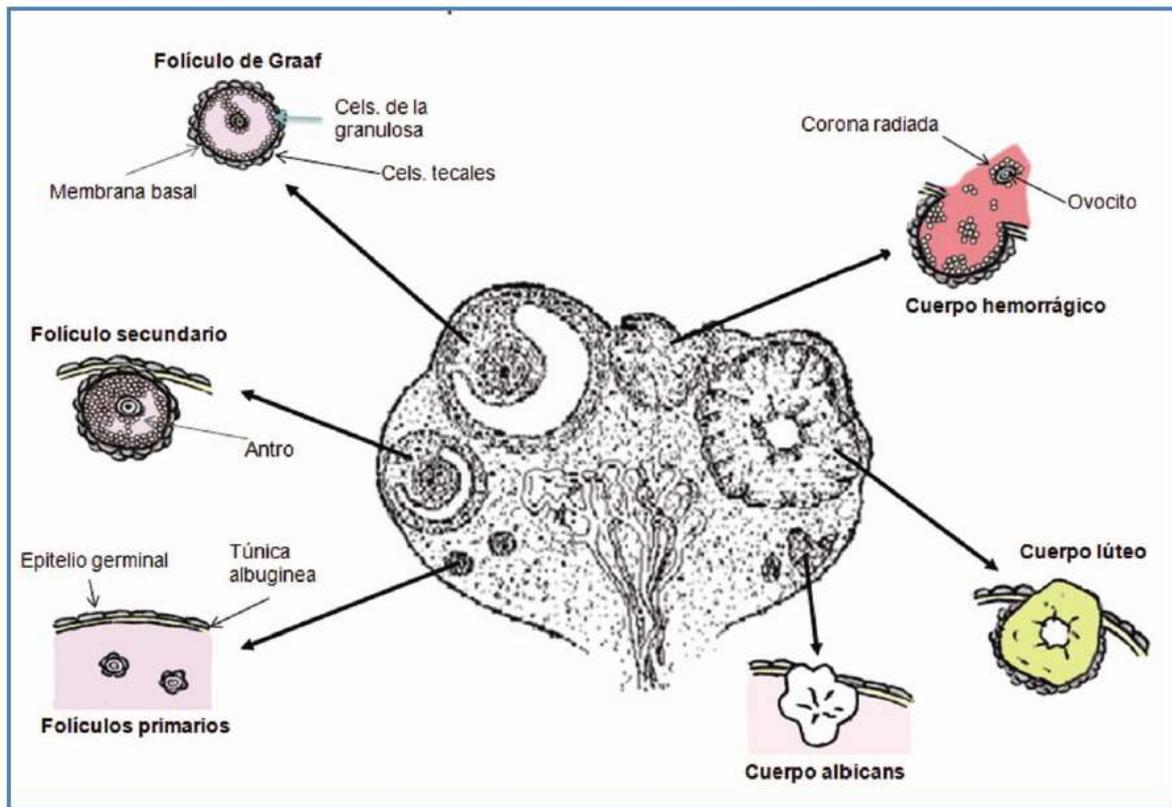
Galina y Valencia, (2008) mencionan que en el momento de la ovulación, tanto el ovulo como el líquido folicular son expulsados a los oviductos, quedando células en el folículo que colapsaran al centro, llenándose de sangre, de esta manera se forma el cuerpo hemorrágico.

Los primeros dos a tres días después de la ovulación es difícil detectarlo por palpación, sin embargo después es posible ya que se llena de sangre y tejido (Porrás y Paramo, 2009).

### **2. 5. 6. Cuerpo lúteo**

El cuerpo lúteo (CL), es una estructura que se encuentra en la superficie del ovario, su apariencia es oscura, aunque su significado en latín es “cuerpo amarillo”. El CL comúnmente tiene una corona, una cavidad llena de fluidos y una pared más gruesa y tosca que ayudan a identificarlo en la palpación rectal. El CL crece en el lugar donde ocurrió la ovulación formado por células letales, su función específica es la liberación de progesterona (Dejarnette, 2015).

Figura 9. Estructuras ováricas



Fuente: (Porras y Paramo, 2009)

## 2. 6. Problemática de la producción láctea

### 2. 6. 1. Manejo reproductivo

Un programa reproductivo en primer lugar debe tener metas, en el ganado lechero la primer meta es lograr que las vacas tengan un parto cada 12 a 12.5 meses, esto significa que deben quedar gestantes en los primeros 90 a 105 días después del parto, para alcanzar esta meta depende fundamentalmente del inicio de la actividad ovárica posparto, tiempo que tome la involución uterina, eficiencia en detección de celos y fertilidad obtenida en cada servicio, con el propósito que esto se lleve a cabo se debe poner énfasis en las vacas después del parto hasta lograr que queden gestantes, para ello existen parámetros base que debemos seguir, así como también tratamientos a implementar (Hernández, 2004).

### **2. 6. 2. Periodo voluntario de espera**

Este periodo es el tiempo que transcurre del parto hasta que se decide dar el primer servicio. La duración de este periodo se basa en el diagnóstico del hato, es decir nutrición, manejo, cantidad de leche producida, etc. (Mellado, 2010).

Como indica Hernández (2012), actualmente se espera de 50 a 60 días posparto para dar el primer servicio, esto es debido a que si se hace antes de los 50 días se obtiene bajos porcentajes de concepción debido a las condiciones inadecuadas del útero, anomalías de los ovocitos, balance energético negativo, muerte embrionaria temprana, entre otros aspectos. En contraste, si se insemina después de los 50 días se obtiene una mayor tasa de concepción ya que la vaca se va alejando de los efectos negativos metabólicos y de los problemas del puerperio.

### **2. 6. 3. Intervalo entre partos**

Esta determinación es la que mejor describe el estado reproductivo del hato, se define como los días o meses transcurridos entre dos partos sucesivos. En los sistemas productivos intensivamente se maneja un intervalo entre partos de 12 a 13 meses, así es posible tener la más óptima producción de leche, ya que si fuera menor a 12 o mayor a 13 se tienen pérdidas productivas (Mellado, 2010).

### **2. 6. 4. Días abiertos**

Se refiere al periodo en que la vaca no se encuentra preñada en la lactancia, o bien el número de días entre el parto y la concepción (Mellado, 2010). Este parámetro es uno de los mejores indicadores del estado reproductivo del hato ya que determina el intervalo entre partos, para determinar este parámetro se cuentan los días entre el parto y el último servicio de la vaca preñada. La variación de los días abiertos en un hato depende de la eficiencia en ciertos puntos clave como son: detección de celos, periodo voluntario para inseminar a las vacas después del parto, servicios por concepción y a la reanudación de la actividad reproductiva postparto de las vacas.

### **2. 6. 5. Tasa de concepciones**

La tasa de concepciones mide el porcentaje de vacas que concibe después de la inseminación (Mellado, 2010), el primer servicio es el que más se utiliza para determinar este aspecto. Este indicador determina la eficacia en la detección de celo, el porcentaje de concepción y refleja con mayor objetividad el manejo reproductivo que tiene el hato, por lo tanto en este aspecto se debe tomar referencia para un mejor manejo reproductivo del hato (Hernández, 2012).

### **2. 6. 6. Servicios por concepción**

Para determinar este, consiste en dividir el número total de inseminaciones en un periodo sobre el número total de vacas preñadas en dicho periodo, es importante mencionar que se deben incluir todas las vacas inseminadas aunque se hayan desechado. Cuando el diagnóstico de gestación se realiza a los 60 días el porcentaje de servicios por concepción es de 1.4 sin embargo cuando se realiza al momento de los partos el resultado es de 1.6 (Mellado, 2010).

### **2. 6. 7. Intervalo entre servicios**

Resulta del número de días entre servicios sucesivos para cada vaca, sin embargo este parámetro es muy difícil de interpretar en un hato por lo tanto se clasifica entre intervalos como sigue: ciclos cortos anormales (menos de 18 días), ciclos normales (19-24 días), ciclos largos anormales (25-35 días) y ciclos largos normales (19-24 días), estos datos dan como resultado poder obtener la eficiencia de detección de celo y de la cantidad de muertes embrionarias que están ocurriendo (Mellado, 2010).

### **2. 6. 8. Eficiencia en la detección de celos**

Dada la proporción de vacas observadas en estro del total esperado de vacas que se encuentren ciclando normalmente Este parámetro es uno de los más acentuados en las explotaciones lecheras intensivas en especial cuando se tiene gran número de animales. En establos bien manejados es común tener una eficiencia de observación de celo e inseminación de vacas ovulando del 70%, mientras que del 10 al 20% de

los animales se insemine sin que estén ovulando (Mellado, 2012). Este dato se calcula de acuerdo a las vacas que cumplen las siguientes características; vacas no inseminadas, sin problemas reproductivas, de más de 60 días posparto, y no gestantes (Hernández, 2012).

## **2. 7. Problemática reproductiva**

### **2. 7. 1. Parto distócico**

Se refiere a parto difícil, para que un parto pueda considerarse distócico es necesario que exceda el tiempo adecuado de las primeras dos etapas del parto. La primera es la dilatación del cérvix que dura de 2 a 6 horas, y la segunda es la expulsión del producto que es de 0.5 a 1 hora.

La causa de las distocias es variada pueden ser mediatas o inmediatas, las mediatas son aquellas que se pueden diagnosticar antes que suceda el parto y las inmediatas solo pueden diagnosticarse durante el parto. Sin embargo ya sean mediatas o inmediatas pueden ser por causas maternas o fetales (Saharrea, 2004).

Saharrea, (2004) agrupa las causas de distocia en mediata e inmediata, la mediata consiste en hernia inguinal, hipoplasia vaginal o vulvar, tumores o abscesos en canal de parto, doble cérvix, estreches pélvica, exostosis de huesos pélvicos, traumatismos, problemas infecciosos, productos demasiado grandes, hidrocefalia, anasarca, hidropesía de membranas fetales o del producto. La inmediata se encuentra fallas en la dilatación del cérvix, torsión uterina, inercia uterina primaria y secundaria, prolapsos de vagina, cérvix o útero, ruptura uterina, gestaciones gemelares y problemas de estática fetal (el 95% de las distocias es por esta causa).

En México la incidencia de distocias es de 7 a 9%, y estas dependen de diversos factores en el hato, en vaquillas es de 18.2% de distocias mientras que en vacas múltiparas es de 5.9%, la inducción del parto aumenta el riesgo de distocia ya que provoca inercia uterina y alteraciones en la postura del feto, los partos de gestaciones gemelares incrementan 13% de mal parto, el sexo del producto influye sobre este aspecto también ya que en machos se presenta en un 9.2% y en hembras es de 5%,

la condición corporal de la vaca también influye tanto en mala o excesiva condición (Rocha y Córdoba, 2008).

### **2. 7. 2. Retención de placenta**

Al hablar de retención de placenta se refiere a la falla en la expulsión de las membranas fetales, la causa de esta es multifactorial desde la deficiencia de vitaminas y minerales hasta problemas de manejo (Rocha y Córdoba, 2008). Fisiológicamente la placenta debe expulsarse varias horas después del parto, sin embargo el tiempo es relativo Monteiro, (1994) y Cano, (2005), mencionan que 12 horas después del parto se considera retención, en comparación con Santos *et al.*, (2002) y Van Werven *et al.*, (1992) dicen que para considerarse retención es después de 6 horas postparto.

El porcentaje normal de retención placentaria en una explotación es de 3 a 10%, la prevención y la predicción es difícil sobre todo a la carencia de conocimiento del proceso normal de expulsión de la placenta. Laven y Peters, (1996) mencionan que la expulsión de las membranas fetales ocurre solamente después de un procesos de maduración que implica cambios hormonales y estructurales. La mayoría de los casos es debido a la falla de separación y liberación de los placentomas y no por la falla en la expulsión, por lo tanto el agente causal de este problema es multifactorial, Xolapa, (2003) generaliza los agentes causales en infecciosos, nutricionales, de manejo, sanitario y ambientales.

### **2. 7. 3. Metritis**

Se le conoce metritis a la inflamación de las paredes musculares del útero y del endometrio, esta enfermedad es severa ya que afecta negativamente la producción de leche, la reproducción y provoca serios cambios metabólicos que comprometen la vida de la vaca (Colin, 2008).

La incidencia de los casos serios es particularmente entre los días 10-14 postparto los cuales pueden ser llamados metritis aguda postparto, metritis toxica puerperal, o simplemente metritis puerperal, la incidencia de metritis toxica varía desde 2.2% a

37.3%, los signos pueden ser depresión, anorexia y disminución de la producción láctea sin embargo las vacas son muy susceptibles a problemas de abomaso (Solórzano *et al.*, 2002).

#### **2. 7. 4. Endometritis**

Se trata de la inflamación de la capa glandular del útero o endometrio, debido a la interacción de bacterias y sus toxinas, el termino endometritis puede aceptarse en infecciones leves en donde solo se afecta el endometrio (Fernández *et al.*, 2006). Frecuentemente la endometritis es crónica y la vaca presenta pocos signos de enfermedad, los signos suelen presentarse en el celo, pueden ser exudados serosos, seroso-purulentos, muco-purulentos, o francamente purulentos (Colin, 2008). Otros signos pueden ser pirexia, reducción del apetito, de la producción láctea y a la palpación rectal o ultrasonido se nota un agrandamiento del órgano (Maurino *et al.*, 2012).

#### **2. 7. 6. Piometra**

Al acumulo de exudado purulento en el lumen uterino se le conoce como piometra, que además es consecuente a un cuerpo lúteo persistente, las causas pueden ser variadas tales como una endometritis aguda, muerte fetal seguida de una infección y hasta por un mal manejo en los partos distócicos, es importante realizar la palpación del útero en diferentes etapas postparto hasta que se identifique su involución adecuada en aquellas hembras con problemas infeccioso ya que la piometra no presenta signos visuales (Fernández *et al.*, 2006).

#### **2. 7. 7. Cervicitis y vaginitis**

Las anomalías del cérvix pueden ser adquiridas o congénitas, en este caso la infección del cérvix es adquirida, puede ser causada por el uso brusco de pipetas de inseminación, prolapso de los anillos externos en vacas viejas, distocias e infecciones graves del útero y de la vagina. Los signos se manifiestan de acuerdo al problema primario es decir si existen masas cervicales, abscesos, lesiones cervicales internas,

estos pueden provocar secreciones purulentas, infertilidad o simplemente dificultad para inseminar (Rebhun, 1999).

La vaginitis se manifiesta de dos maneras, crónica y aguda, siendo el traumatismo del parto una de las causas más evidentes sin embargo el encharcamiento de orina, la succión de aire y los desgarros peritoneales son las causas primarias. La secreción purulenta y el olor fétido son signos de enfermedad secundaria es decir de la endometritis, para determinar exactamente una vaginitis es necesario realizar una inspección vaginal con un espejo, la mucosa enrojecida y edematosa con secreción purulenta en menor medida son los signos de una vaginitis (Rebhun, 1999).

### **2. 7. 8. Quiste folicular**

Los quistes foliculares son folículos que no ovularon después del parto, miden 2 cm de diámetro en promedio, el signo principal que presentan las vacas es la ninfomanía es decir, estros irregulares y frecuentes. Su etiología es variada desde causas genéticas, dietas altas en proteína, vacas con condición corporal menor de dos, alta producción de leche, en vacas multíparas con más de cuatro partos, a las administraciones de estrógenos, todo esto puede estar relacionado con un balance endocrino negativo donde hay una falla en el pico preovulatorio de LH que no es suficiente para la ovulación y por lo tanto se convierte en quiste (Duque *et al.*, 2011).

Cano (2005), dice que la palpación debe ser cuidadosa y evitar romper el quiste ya que al hacerlo se provoca mucho dolor, hemorragias, y adherencias que pueden provocar infertilidad que es lo que se debe evitar.

### **2. 7. 9. Quiste luteal**

Estos son estructuras de paredes gruesas con un diámetro mayor a los 2.5 cm cargados de un líquido más espeso que los quistes foliculares y que frecuentemente están secretando progesterona lo cual se manifiesta en el anestro, a la palpación se encuentran duros y firmes regularmente son unilaterales, Cano, (2005) menciona que no se conoce la causa exacta pero es probable que exista un desbalance endocrino de prostaglandina que no alcanza a lisis el cuerpo lúteo. El signo principal es la

ausencia de celos o abolición de la actividad sexual cíclica, si este quiste persiste por largo tiempo las vacas manifiestan una conducta homosexual donde montan a sus compañeras todo el día sin que ellas se dejen montar (Duque *et al.*, 2011).

#### **2. 7. 10. Anestro**

Este se refiere a la ausencia de la presentación del estro después del parto, en la vaca lechera el parto es seguido de un periodo de inactividad ovárica de tiempo variable y se considera normal, el anestro patológico se considera después de los 60 días posparto sin que se presente actividad ovárica, las causas son variadas, cuando por tocología encontramos ovarios pequeños sin estructuras normales, atresia ovárica, hipoplasia ovárica, cuando encontramos animales mal alimentados en balance energético negativo y con condición corporal pobre menor a 2 (Hernández, 2012).

#### **2. 7. 11. Amenaza de aborto**

La amenaza de aborto se da desde la etapa embrionaria, esto es debido a la regresión del cuerpo lúteo en etapa temprana, en la gestación avanzada la causa es por la falta de la producción de progesterona debido a un cuerpo lúteo pequeño, la causa de estos problemas son por la desnutrición, se debe corregir este aspecto y también se le debe poner implante de progesterona a las vacas o también se les administra GnRH en los días 8 y 12 después de la inseminación (Hernández, 2012).

#### **2. 7. 12. Prolapso vaginal**

Bavera, (1970) menciona que el prolapso vaginal es una protuberancia de la vagina por medio de la vulva, la cual consiste en una eversión total o parcial de la vagina, se manifiesta principalmente en el último tercio de la gestación y se clasifica según su tamaño en grados del 1 al 4, su presencia es del 1% en los hatos. El ensanchamiento del tracto genital predispone a varios tipos de desplazamiento en la última etapa de la preñez, durante o después del parto, entre las causas que encontramos que faciliten un movimiento posterior del tracto genital son:

- incremento en el grado de llenado abdominal.
- Presión intraabdominal.
- Crecimiento de los órganos genitales.
- Debilidad de los ligamentos anchos durante la última etapa de gestación.
- Condición corporal muy elevada.
- incremento en la liberación de estrógenos y la alta producción lechera.

### **2. 7. 13. Prolapso uterino**

Es la inversión total o parcial del útero después del parto a través del cérvix, se exterioriza como una masa voluminosa fuera de la vulva, particularmente el prolapso se da transcurridas pocas horas después del parto sin embargo pueden retrasarse pasados algunos días de este y esto es debido a que los cotiledones fetales se separan de las carúnculas maternas, las causas a este problema no están definidas, empero se le atribuyen a la atonía uterina asociada a la hipocalcemia, extracción forzada del feto y de membranas fetales retenidas (Bavera, 1970).

### **2. 8. Ventajas y desventajas de la sincronización de celo**

La sincronización de celos se ha desarrollado con bastante éxito con el objetivo de optimizar la producción mediante altos índices de concepción, mejora de la I.A. y homogenizando partos y ventas. Peralta *et al.*, (2000) mencionan las ventajas de la siguiente manera:

#### **2. 8. 1. Ventajas**

- Optimiza el tiempo en detección de celos.
- Aminora el trabajo en el momento de los partos ya que todos ocurren en un lapso corto.
- Permite que el tiempo utilizado en la detección de celos se utilice en otras actividades de la reproducción.
- La I.A. se vuelve más fácil ya que se reduce los problemas de manejo.
- Homogeniza la producción láctea.
- El manejo de alimentación y salud se vuelven más factibles.

- Estimula la reanudación de la actividad cíclica ovárica en las vacas que se encuentran en anestro post parto.
- Permite comprobar si existe baja detección de celos en el hato.

### **2. 8. 2. Desventajas**

Según Becaluba 2006, las principales limitantes para la sincronización de celo son:

- La más importante es la baja fertilidad (35 a 45%) en el primer servicio.
- El costo no debe ser más alto de 10 dólares americanos por cabeza.
- El problema de sincronizar muchas vacas se reflejara en que se tendrá mucha producción en un periodo simultáneo.
- Durante los días de sincronización al ser grande el hato se hace necesaria la ayuda de otros trabajadores desatendiendo sus ocupaciones diarias.

### **2. 9. Ciclo estral de la vaca**

Conocer el ciclo estral de la vaca y los factores que lo regulan es importante para llevar a cabo un buen programa reproductivo en una explotación lechera. En los últimos años la mejora genética de los hatos se ha incrementado debido a los avances reproductivos como la inseminación artificial, transferencia de embriones, semen sexado, ecografía y sincronización de celos. El éxito depende del buen entendimiento del ciclo estral, su fisiología, factores hormonales que lo controlan y el funcionamiento de las hormonas para la sincronización (Hernández, 2012).

El ciclo estral es el tiempo que ocurre entre dos estros es decir dos manifestaciones de celo, el intervalo normal es de 17 a 24 días y el tiempo promedio es de 21 días, el ciclo estral inferior se consideran patológicos y los superiores es muy probable que se deban a una falla en la detección de celos (Callejas, 2004).

#### **2. 9. 1. Duración**

El ciclo estral dura en promedio 20 días en las vaquillas y de 21 a 22 días en las vacas adultas (Hafez, 2000).

### **2. 9. 2. Duración del estro**

El periodo del estro en la vaca es el tiempo que es receptiva al macho o por sus compañeras, su duración es de 18 horas en promedio tanto productoras de leche como de carne, en vaquillas la duración es más corta (Hafez, 2000)

### **2. 9. 3. Momento de la ovulación**

Entre las 10 a 15 horas después de la manifestación del celo ocurre la ovulación, es decir en el metaestro. En la inseminación artificial existe la regla de 12 hrs, es decir si la hembra presenta celo en la mañana se insemina en la tarde del mismo día y si presentó celo en la tarde su servicio será en la mañana del día siguiente (Hafez, 2000).

### **2. 9. 4. Fases del ciclo estral**

El día 0 del ciclo estral es el día aparente de celo con signos manifiestos y se considera el inicio de un nuevo ciclo, sin embargo para su mejor entendimiento se comienza con la destrucción del cuerpo lúteo del ciclo estral anterior y finaliza con el día del celo. Se divide en tres fases:

#### *1.- Fase folicular o de regresión del cuerpo lúteo (Proestro).*

Esta fase se inicia con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior (luteolisis) y termina con el inicio del celo, la destrucción del cuerpo lúteo ocurre debido a la acción de PGF 2 $\alpha$ . Debido a la caída de progesterona el efecto de retroalimentación negativa que ejercía a nivel hipotalámico desaparece y ocasiona el aumento de la frecuencia pulsátil de las hormonas FSH y LH las cuales estimulan el crecimiento folicular. Durante esta fase ya existe un folículo dominante que llegara a ser una estructura de hasta 1 pulgada de grande y con la aparición de una ampolla llena de líquido folicular y el ovulo que será ovulado, este folículo dominante se diferencia de los demás por ser coordinadamente estimulado por FSH y LH para producir estrógenos, la pared del folículo consta de dos filas de células, la interna llamada células de la granulosa y la externa células de la teca, entre estas existe una membrana llamada basal, la cual

se coordina para producir estrógenos. Los incrementos de estrógenos estimulan los centros nerviosos del hipotálamo presentándose así el celo (Lamb *et al.*, 2009).

### *II.- Fase periovulatoria (Estro y metaestro).*

El estro es el periodo de actividad y receptividad al macho, el signo principal es que la hembra se queda quieta ante la monta de sus compañeras así como también inflamación de la vulva, inquietud, moco claro y transparente que sale por la vulva. Golcochea 2005, da como promedio 16 horas de estro, teniendo 30 horas como máximo y 30 minutos como mínimo. Dichos signos son debidos a los altos niveles de estrógenos, estos mismos incrementan las contracciones del tracto reproductivo facilitando el transporte del espermatozoos y del ovulo, otra de las interacciones más importantes es la afección de centros endocrinos en el hipotálamo que controlan la liberación de GnRH y esta a su vez la FSH y LH. La LH es la gonadotropina primaria encargada de la ovulación después de terminados los signos de celo, la FSH se relaciona con la primera oleada folicular sin embargo también se le atribuye efectos en la ovulación y formación del tejido luteal (Lamb *et al.*, 2009).

Después del celo el sistema nervioso se hace refractario a los estrógenos y comienza el metaestro, entre las 10 a 15 horas de haber cesado el celo ocurre la ovulación, esta etapa puede durar entre 3 a 5 días. Posterior a la ovulación ocurre una hemorragia y el folículo se llena de sangre convirtiéndose en una estructura llamada cuerpo hemorrágico, el siguiente procesos es la luteinización de las células foliculares que se transforman en células luteales, esta fase dura entre 5 a 7 días finalizando así el metaestro y dando inicio a la fase luteal (Squires, 2006).

### *III.- Fase luteal (Diestro),*

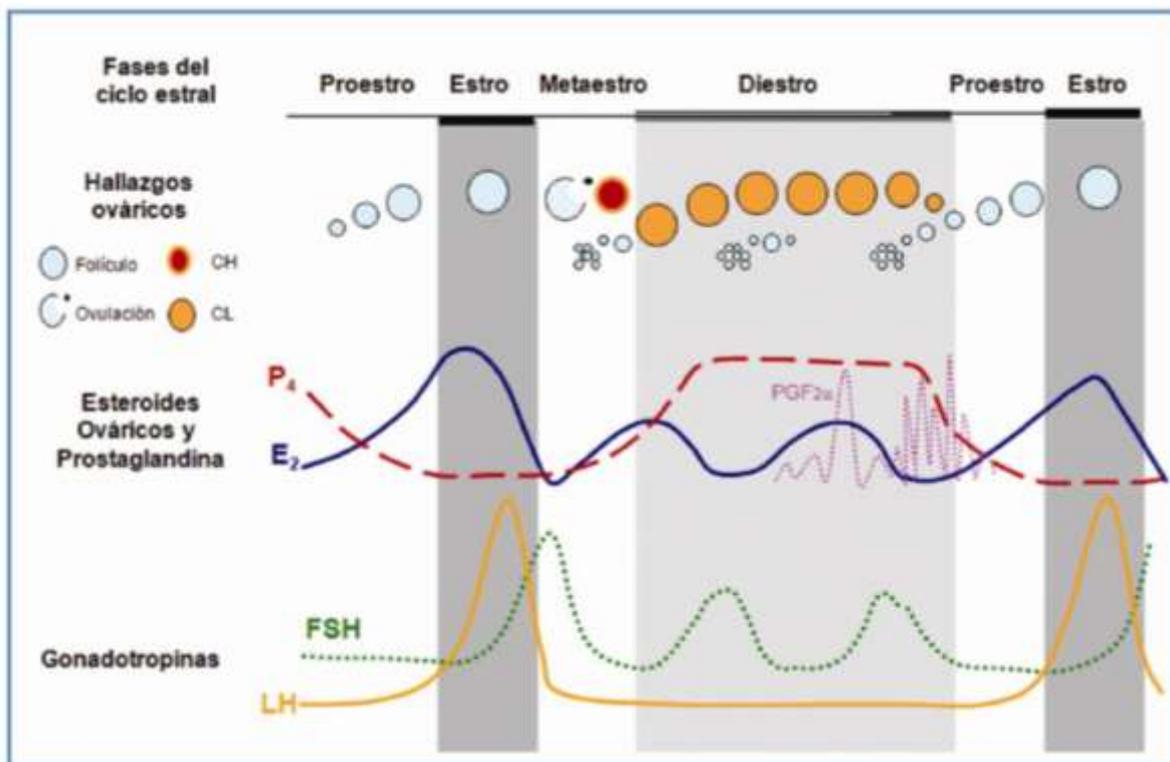
Esta etapa se caracteriza principalmente por el dominio del cuerpo lúteo en el ovario y la producción de progesterona, dicha hormona está regulada por la glándula pituitaria anterior, útero, ovario y la presencia del embrión, su duración es desde el día 5 hasta el 18 del ciclo estral. La secreción de progesterona está controlado por dos estímulos equilibrados, uno luteotrópico que estimula la secreción y otro luteolítico que regula o inhibe la secreción, ambas secreciones se llevan a cabo durante el ciclo al mismo tiempo. Las hormonas LH y FSH son consideradas luteotrópicas ya que el cuerpo

lúteo tiene receptores para ambas, su función es aumentar los niveles de progesterona y el crecimiento de este. Los niveles más altos de progesterona se da en el día 10 del ciclo, si la vaca quedo preñada el cuerpo lúteo se mantiene y los niveles de progesterona por igual (Lamb *et al.*, 2009).

El embrión llega al útero entre el día 3 y 4, durante los siguientes 12 días el embrión crece rápidamente y comienza la placentación, la presencia del embrión genera estímulos que bloquean la secreción de PGF<sub>2</sub>α por el útero y por consiguiente el cuerpo lúteo se mantiene presente, esta etapa termina en el día 16 del ciclo y se conoce como reconocimiento maternal.

Si la vaca no quedo gestante el cuerpo lúteo es inducido a degenerarse por la acción de PGF<sub>2</sub>α, dicha hormona es transportada por la vena útero-ovárica a la arteria ovárica por un mecanismo llamado contracorriente y así se lleva a cabo su acción llamada luteólisis (Squires, 2006).

Figura 10. Fases del ciclo estral y estructuras ováricas



Fuente: (Porras y Paramo, 2009)

### 2. 9. 5. Factores que intervienen en la eficiencia de la sincronización de celo

La sincronización de celo permite llevar a cabo una inseminación artificial organizada y eficiente, estos programas facilitan la modificación de la longitud del celo y la manipulación del desarrollo folicular, resultando así un celo más perceptible o la posibilidad de inseminar a tiempo fijo. El resultado de la sincronización va de acuerdo al cumplimiento del protocolo es decir; identificación de las vacas, administración de hormonas con dosis correctas, vía apropiada y en los momentos correspondientes. Muchos otros factores son también de suma importancia como manejo del semen, condiciones de la inseminación, nutrición de los animales así como su condición corporal y condiciones climáticas (Dalton *et al.*, 2011).

#### 2. 9. 5. 1. Nutrición

La nutrición es uno de los factores más determinantes de la actividad reproductiva de los hatos lecheros teniendo especial incidencia en el restablecimiento de la actividad

ovárica post parto, la distribución de nutrientes lleva un patrón ordenando de acuerdo a sus necesidades, es decir tiene la capacidad de optar por una función corporal en lugar de otra cuando la disponibilidad de alimento es baja, sin embargo los nutrientes son divididos por prioridades, primero la del mantenimiento de la vaca y en segundo lugar la de la preservación de la especie, el orden aproximado de tal división es la siguiente: metabolismo basal, actividad, crecimiento, reservas básicas de energía, lactación, reservas adicionales de energía, ciclos estrales e iniciación de la preñez y exceso de reservas (Dalton *et al.*, 2011), esto quiere decir que la presentación de los ciclos estrales e inicio de la preñez son poco prioritarios de energía, por lo tanto si se tiene buen balance de dieta este problema no se presentara, sin embargo cuando se tienen dietas bajas en energía el hato presentara anestro postparto problemas en los resultados de preñez cuando se sincronizan celos (Catalano y Callejas, 2001).

#### **2. 9. 5. 2. Condición corporal**

La estimación de la condición corporal es un indicador de la cantidad de reservas energéticas de la vaca, su evaluación periódica nos permite predecir la producción láctea, eficiencia reproductiva, evaluación de dietas y reducir la cantidad de enfermedades metabólicas al inicio de la lactación. La evaluación de la condición corporal se realiza de forma visual y por palpación en una escala de 1 a 5 (donde 1= delgada y 5= obesa), se debe determinar ya que es importante ante sucesos determinantes como lo son el secado, el ingreso al parto, el parto y el pico de producción, en este último encontramos el retorno del celo y la posibilidad de su sincronización con buenos resultados (Grigera y Bargo, 2005).

Mellado, 2010) encontraron que una mejor ganancia de peso, una mejor condición corporal y un balance energético corresponden a los niveles de progesterona en plasma en la lactación temprana. Valores mayores o iguales a 1 ng/ml de progesterona son factores determinantes de ciclicidad, así como también los ciclos estrales se pueden mantener si hay una condición de 4 en una escala de 1-9 y que una buena condición corporal antes del parto es decir un buen periodo de transición es un factor primordial para el retorno del ciclo estral postparto, otro aspecto muy importante es el balance energético negativo el cual es un limitante para desarrollar el patrón pulsátil de LH requerido para la primera ovulación.

### **2. 9. 5. 3. Condiciones climáticas**

El desempeño reproductivo de las vacas y su control como son los programas de sincronización se ven afectados por diversas situaciones climáticas y más cuando existen cambios bruscos del ambiente, la temperatura alta influye directamente en la concepción, los bovinos son homeotermicos es decir presentan la misma temperatura corporal constante y por lo tanto al modificarse cae la producción o se ve afectada la condición corporal (Córdoba *et al.*, 2010).

La velocidad del viento sobre la piel del animal influye en la tasa de pérdida de calor a través de la superficie corporal, esta pérdida se lleva a cabo por la humedad presente en la piel mediante la evaporación. Dicho proceso se realiza con mayor facilidad cuando el pelo es corto. Las temperaturas moderadas y las pérdidas de calor son proporcionales a la velocidad del aire, el hecho contrario se produce cuando las temperaturas son elevadas (Góngora y Hernández, 2010).

Villagómez *et al.*, (2000) menciona que la velocidad del viento favorece al confort de las hembras favoreciendo por ende la expresión del estro.

La humedad del aire reduce la pérdida de calor del animal, ya que la evaporación por la piel y el tracto respiratorio provoca el enfriamiento, sin embargo, esto dependerá de la humedad del aire, si la humedad es baja la evaporación es rápida y viceversa si la humedad es alta la evaporación es lenta reduciéndose así la pérdida de calor y por consiguiente alterando el equilibrio térmico del animal (Hafez, 2000).

En los bovinos la temporada de mayor precipitación se observa una menor duración del estro (Villagómez *et al.*, 2000).

## **3. Protocolos de sincronización de celo**

### **3. 1. Definición de la biotecnología de sincronización de celos**

Es importante diferenciar los términos sincronización e inducción de estros, la sincronización consiste en cortar o ampliar el ciclo estral mediante la utilización de hormonas o combinaciones de estas que induzcan la luteólisis o alarguen la vida del

cuerpo lúteo, esto da como resultado que las vacas de un hato entren en celo u ovulen durante un corto tiempo. La inducción de celo consiste en iniciar el ciclo estral en aquellas vacas que se encuentran en anestro, de la misma manera se utilizan hormonas para llevarlo a cabo, por lo tanto la sincronización y la inducción son procesos distintos que se deben aplicar a diferentes animales según el caso (Salverson y Perry, 2007).

El objetivo de la sincronización de celo es el control esencial del celo, que permita la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), sin necesidad de detección de celo, asimismo los resultados de fertilidad deben ser altos con ovulación sincronizada, en los hatos lecheros es adecuado ya que se carece de una buena detección de celo y baja fertilidad (Salverson y Perry, 2007).

### **3. 2. Sincronización del ciclo estral**

Para realizar la sincronización o inducción de celos es importante conocer la dinámica fisiológica del ciclo estral, la acción de las hormonas involucradas, y la interacción que tienen entre sí, con finalidad de optimizar costos, tiempo y porcentajes de fertilidad. Mediante la sincronización es posible lograr que las vacas dispongan de una mayor oportunidad para quedar gestantes en un periodo reproductivo, aquellos animales no sincronizados su oportunidad de quedar gestantes es de 21 días, en comparación con los sincronizados que presentaran celo los primeros días del ciclo (Galina y Valencia, 2009).

#### **3. 2. 1. Prostaglandinas**

La  $PGF_{2\alpha}$  es una hormona normal que induce la regresión del cuerpo lúteo, si no se produce la gestación lo cual permite que la vaca vuelva a entrar en celo. Cuando se administra provoca la ruptura del cuerpo lúteo antes que pueda degenerarse de forma natural, esto permite el control de la fase luteal del ciclo estral (Salverson y Perry, 2007).

Este método es el más utilizado en aquellos animales que se encuentran normalmente ciclando, la desventaja más evidente es que ante su administración se

obtiene gran dispersión en la presentación de celo (2 – 5 días), esto es debido a que se encuentran diferencias en la etapa del desarrollo folicular, relacionado a esto, si existe un folículo dominante cuando ocurre la luteólisis el estro se presentara entre las 48 a 60 horas, sin embargo, si el folículo está en crecimiento o en etapa de atresia temprana el estro se manifiesta hasta que el folículo finalice su desarrollo o bien hasta que se dé el reclutamiento de una nueva oleada, por lo tanto el celo se puede retrasar hasta por 4 días o más, mismo que representa una de las causas de fracaso en la IATF (Galina y Valencia, 2009).

Es importante mencionar que para que el cuerpo lúteo responda adecuadamente a la prostaglandina es necesario que alcance cierto grado de madurez por tal motivo entre el 10 al 15% de las vacas con cuerpo lúteo no presentan luteólisis. Lo mencionado antes repercute en que el 60 al 65% de las vacas tendrá un cuerpo lúteo responsivo y que el 35 al 40% de estas estará en fase de proestro, estro o metaestro, en los que no existe un cuerpo lúteo presente o este se encuentra inmaduro (Galina y Valencia, 2009).

Por todo lo mencionado se han desarrollado estrategias para cubrir a los animales que no responden positivamente a las prostaglandinas, consiste en dos aplicaciones las cuales se realizan en tiempos determinados y estratégicos.

Estrategias para la implementación de dos inyecciones de prostaglandinas:

A).- Mediante la palpación rectal se determina si el cuerpo lúteo está presente y por lo tanto si se aplican o no las hormonas, esta es una manera para reducir las dosis empleadas.

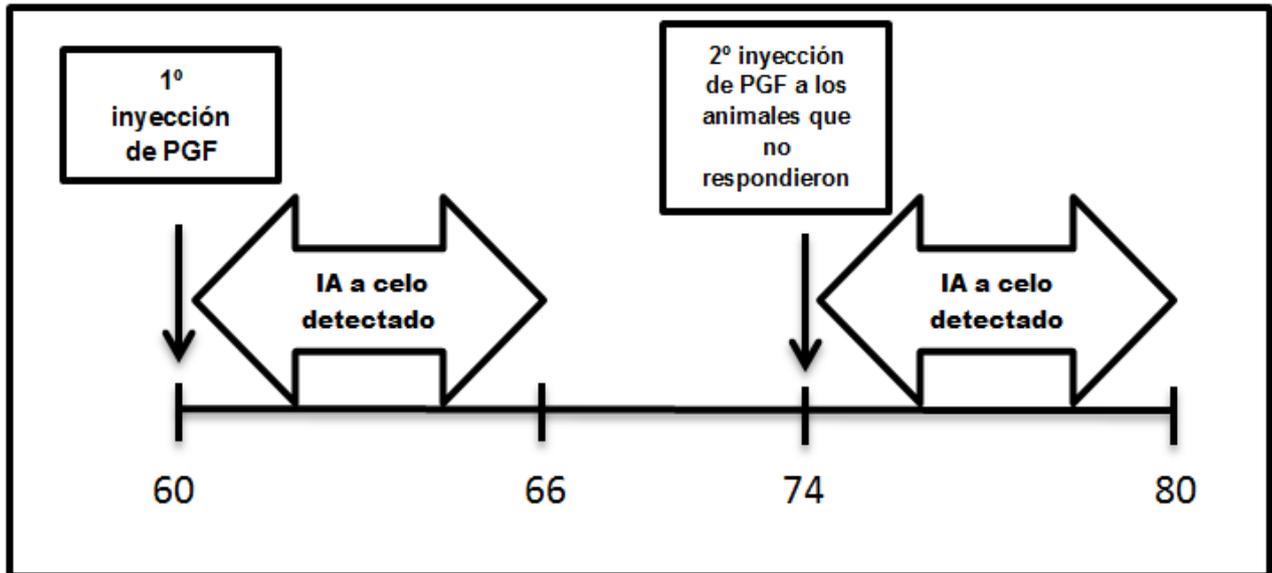
B).- Se administran hormonas a todos los animales, se detectan celos entre los 3 a 4 días, se da servicio a los animales que presenten celo, a las que no lo hicieron se inyecta una segunda dosis el día 11 después de la primera y se insemina a celo detectado.

C).- Se observa durante 7 días los celos del hato y se les da servicio, en el octavo día se aplica PGF2 $\alpha$  y se insemina a los animales que presenten celo, con esto se cubre un 100% de las vacas con un 60% de las dosis.

Es importante mencionar que la inseminación artificial en tiempo fijo se realiza a las 80 horas después de la última inyección de PGF2 $\alpha$  o bien una doble inseminación a

las 96 horas, no obstante es importante mencionar que si se realiza IATF los resultados de fertilidad serán bajos en comparación con la inseminación a celo detectado (Galina y Valencia, 2009).

Figura 1. Programa basado en prostaglandina.



Fuente: (Dejamette, 2007).

### 3. 2. 2. Progestágenos

Los progestágenos son hormonas esteroides que se pueden obtener de forma natural o sintética. Por su estructura química se pueden administrar de diferentes maneras, inyectable (progesterona), esponjas de liberación intravaginal (acetato de flurogestona, acetato de medroxiprogesterona), implantes de silicón (progesterona, norgestomet) y por vía oral (Allyl – trembolona, acetato de melengestrol).

Su función particular es inhibir el pico preovulatorio de LH, de esta manera se retrasa la ovulación hasta que se retira el tratamiento, por lo tanto el tiempo del tratamiento debe ser lo suficientemente largo para que ocurra la lisis del cuerpo lúteo, pudiéndose realizar en cualquier etapa del ciclo estral.

Al terminar el tratamiento el 100% de los animales carecerá de cuerpo lúteo, sin embargo la ovulación seguirá siendo retenida hasta que se retire el progestágeno, al

hacerlo la presentación de celo será sincrónica. Al iniciar el tratamiento el animal puede encontrarse en diferentes fases del ciclo, si está en la fase folicular (proestro, estro) el progestágeno bloquea la ovulación y no se forma el cuerpo lúteo, si se encuentra en metaestro, la formación del cuerpo lúteo se altera, acortando su vida, por último si el tratamiento comienza cuando está en la etapa de diestro el cuerpo lúteo sufre luteólisis en el momento que debe ser natural, sin que este sea afectado por el tratamiento (Galina y Valencia, 2009).

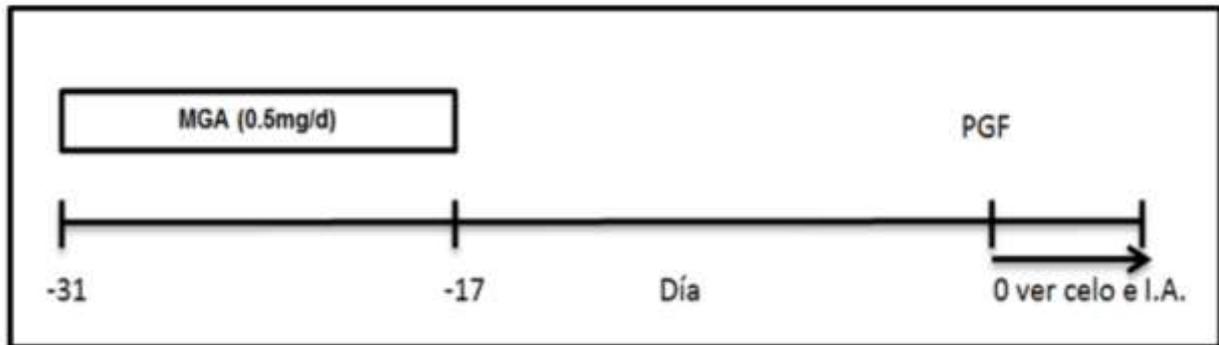
Este programa es muy eficaz para inducir celos, empero si el tratamiento es largo los porcentajes de fertilidad se ven afectados, por lo dicho se han implementado estrategias para incrementar la fertilidad como es la administración de estradiol o  $\text{PGF}_{2\alpha}$  que posibilitan una reducción en la vida media del cuerpo lúteo. El estradiol no tiene un efecto luteolítico, pero al administrarse en el metaestro interfiere en la formación del cuerpo lúteo, y en el diestro actúa indirectamente acortando su vida.

El progestágeno exógeno evita que se presente el pico preovulatorio de LH, sin embargo no puede impedir que se dé un aumento en la frecuencia de impulsos de esta hormona lo que provoca que el folículo dominante se mantenga por tiempo mayor, convirtiéndose en un folículo persistente.

En el ciclo normal los folículos dominantes cambian su dependencia normal de FSH a LH y la P4 provoca una disminución en la frecuencia de pulsos de LH. Así mismo al reducirse la pulsatilidad de LH por P4 en el diestro provoca que el folículo dominante sufra atresia, al perder su dominancia permite el surgimiento de una nueva oleada folicular. De esta manera el organismo asegura que el folículo que ovula haya sido reclutado. Si la sincronización se realiza en la ausencia del cuerpo lúteo el progestágeno ocasionara que la vida del folículo se alargue y la fertilidad sea baja.

La evolución y los avances de los métodos de sincronización de celos han sido gracias al conocimiento de la endocrinología del ciclo estral, y viceversa los protocolos de sincronización ayudan a entender mejor la función de las hormonas, los programas actuales no solo buscan la presentación del estro sincronizado si no aumentar la fertilidad por medio de la sincronización del desarrollo folicular (Galina y Valencia, 2009)

Figura 2. Tratamiento con MGA/PGF2 $\alpha$



Fuente: (Funston *et al.*, 2002)

### 3. 3. Sincronización del desarrollo folicular

Para obtener buenos resultados de fertilidad es necesario inducir la ovulación o la atresia de los folículos dominantes del ovario, así se iniciara una nueva fase de crecimiento folicular y el desarrollo sincronizado de un nuevo folículo dominante en todas las vacas (Dejamette, 2004).

Los nuevos conocimientos sobre la fisiología de la reproducción bovina especialmente del desarrollo folicular permiten protocolos de IATF. En particular los protocolos de IATF se dividen en dos; aquellos que utilizan la combinación de GnRH y PGF2 $\alpha$  (Ovsynch) y los que utilizan dispositivos con P4 y estradiol (Dejamette, 2004).

#### 3. 3. 1. Protocolos CIDR (dispositivo con P4 y estradiol)

##### 3. 3. 1. 1. CIDR

Es un dispositivo intravaginal de “liberación interna controlada” de progesterona natural, como su nombre lo indica se libera de forma continua desde una capsula de silicón sobre una espina de nylon, la cual está adaptada para quedarse dentro de la vagina, contiene de 1.38 a 1.9 g de la hormona natural.

La progesterona (P4) se absorbe por medio de la mucosa vaginal, los niveles alcanzados en plasma son suficientes para suprimir la liberación de FSH y LH del

hipotálamo, deteniendo el estro y la ovulación del folículo dominante (Accelerated Genetics, 2008).

### **3. 3. 1. 2. CIDR + Benzoato de estradiol (EB)**

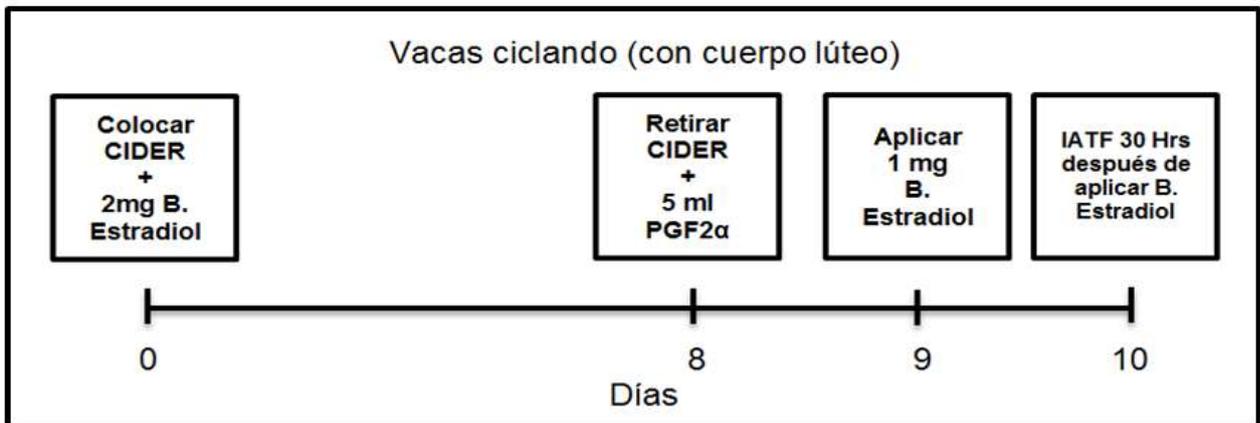
Este programa permite la IATF, consiste en una primera inyección de EB conjuntamente con la aplicación del dispositivo CIDR, bloquea la liberación de las hormonas LH y FSH inhibiendo la maduración folicular y la atresia de los mismos, se aplica en animales ciclando, esto permite el surgimiento de una nueva onda folicular entre los días 4 a 5 de una manera sincronizada.

Al retirar el CIDR se provoca un baja espontanea de P4 dando como resultado un incremento del pulso de la LH, permitiendo que el ovulo dominante ovule, una segunda inyección de EB aumenta la secreción de LH lo que produce la presentación del celo y ovulación.

Si para el día siguiente (día 11) de la IATF algunas vacas presentan celo se recomienda inseminarlas y administrar GnRH para estimular el desarrollo final del folículo dominante (ABS México, 2008).

En la siguiente figura se muestra el protocolo CIDER+EB, este consiste como ya se explicó, en el día 0 se coloca el CIDER mas una inyección de B. Estradiol, el día 8 se retira el CIDER y se administra 5 ml de PGF2 $\alpha$ , el día 9 se aplica 1 mg de B Estradiol, la inseminación a tiempo fijo se realiza el día 10, teniendo en cuenta que debe ser 30 horas después de la última aplicación de B. Estradiol, al momento de la IATF se puede administrar GnRH para estimular la ovulación (ABS México, 2008).

Figura 3. Protocolo CIDER + Benzoato de estradiol (EB)

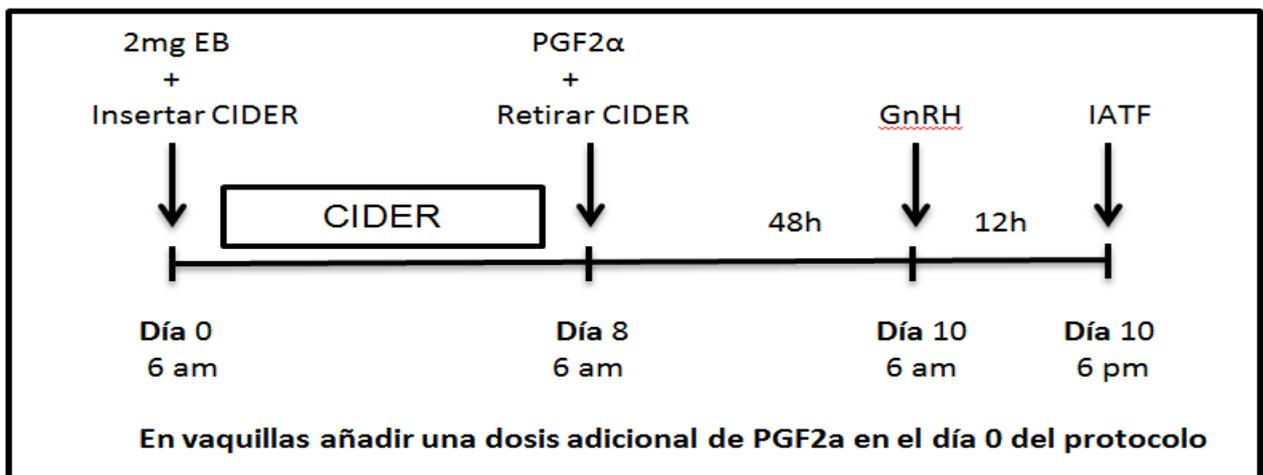


Fuente: (ABS México, 2008)

### 3. 3. 1. 3. EB + CIDR + GnRH

Este programa es similar al CIDR + EB, solo que al final en lugar de inyectar EB se utiliza GnRH, esto se realiza con la finalidad de tener una ovulación sincronizada, sin embargo las tasas de concepción son similares.

Figura 4. Protocolo EB + CIDR + GnRH



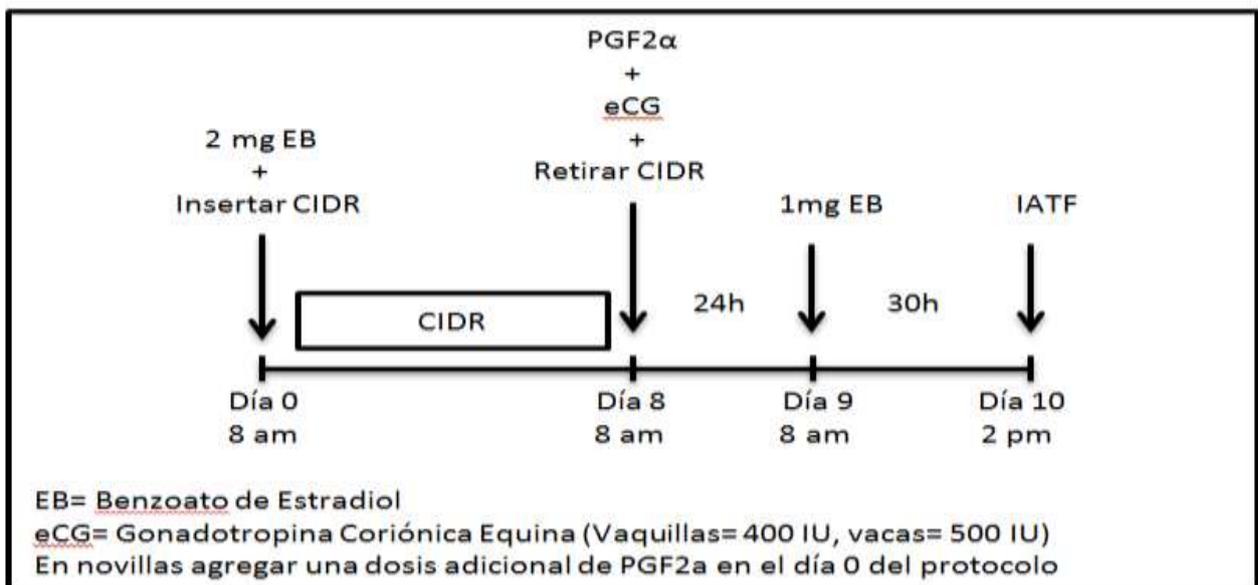
Fuente: (Accelerated Genetics, 2008)

### 3. 3. 1. 4. EB + eCG + CIDR

La gonadotropina coriónica equina (eCG) al ser adicionada al protocolo EB + CIDR ocasiona una excelente sincronización de una onda folicular, los resultados obtenidos específicamente en hembras en anestro son debidamente aceptables.

La función de la PGF2 $\alpha$  es la regresión del cuerpo lúteo, la maduración folicular y la presentación del celo y la ovulación, la última inyección del estrógeno provocara la ovulación de manera sistémica (Accelerated Genetics, 2008).

Figura 5. Protocolo EB + eCG + CIDR

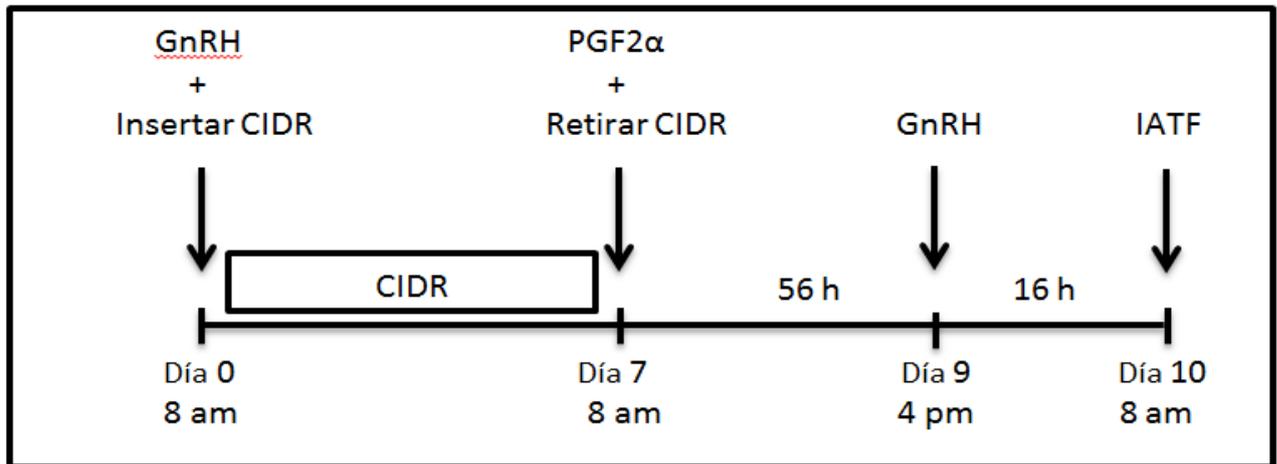


Fuente: (Accelerated Genetics, 2008).

### 3. 3. 1. 5. Ovsynch + CIDR.

La base de este protocolo es el OvSynch es decir a base de GnRH y PGF2 $\alpha$ , en el día cero se inyecta GnRH acompañado de la inserción del CIDR, para el día 7 se retira el CIDR y se aplica PGF2 $\alpha$ , posteriormente la siguiente inyección de GnRH se realiza las 56 horas posteriores y por consiguiente la IATF se realiza a las 16 horas después de la última administración de GnRH (Accelerated Genetics, 2008).

Figura 6. Protocolo Ovsynch + CIDR

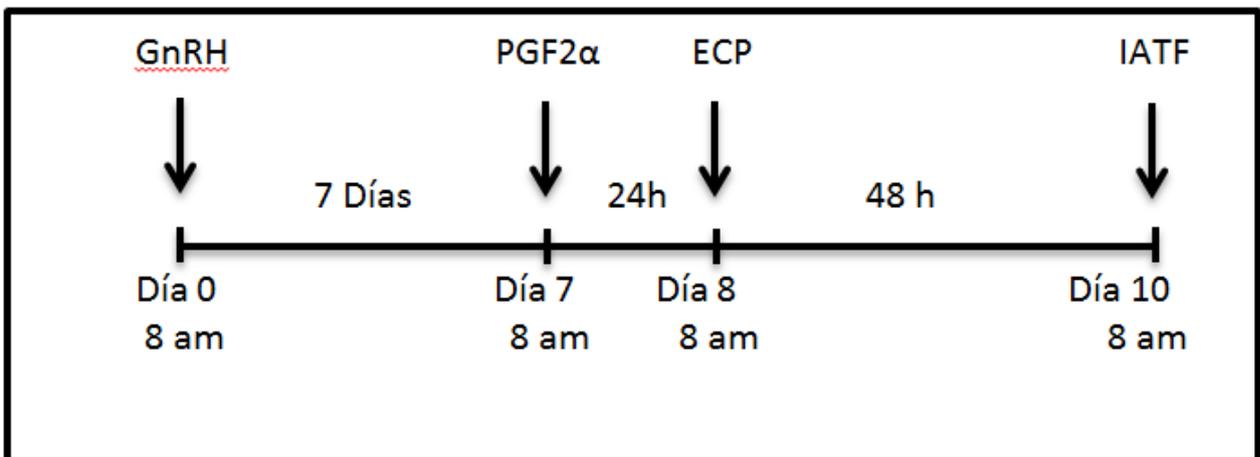


Fuente: (Accelerated Genetics, 2008)

### 3. 3. 1. 6. Heat-Synch

Las bases de este protocolo son las del Ovsynch, consiste en la administración de 1 mg de cipionato de estradiol a las 24 horas después de la inyección de PGF2α para inducir la ovulación en lugar de la GnRH que se realiza hasta las 48 horas (Accelerated Genetics, 2008).

Figura 7. Protocolo Heat-synch



Fuente: (Accelerated Genetics, 2008)

### 3. 3. 2. Protocolos Ovsynch (GnRH + PGF2 $\alpha$ )

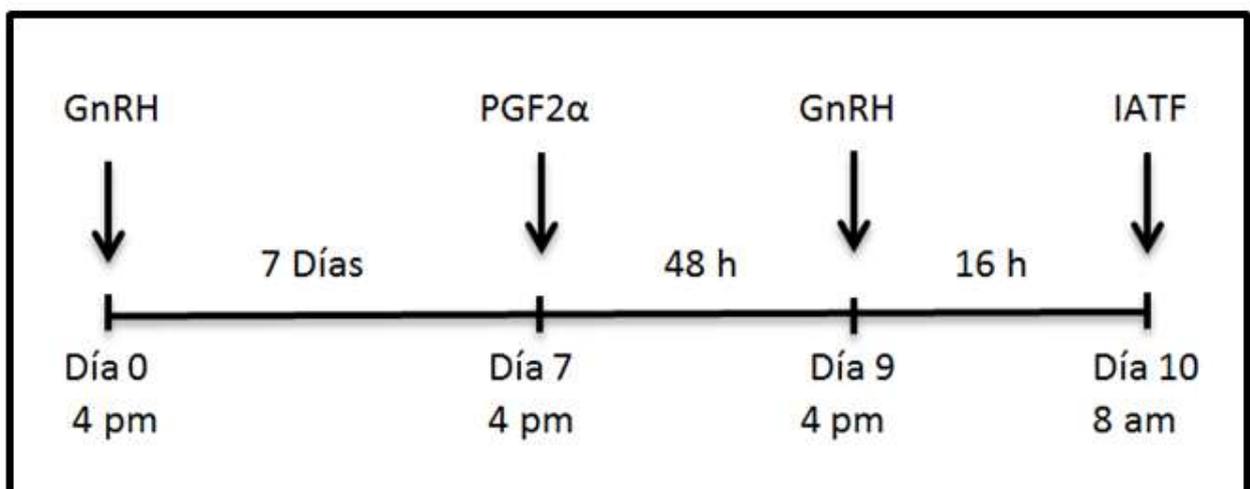
#### 3. 3. 2. 1. Ovsynch

Este protocolo fue desarrollado en la universidad de Wisconsin por el Doctor Pursley *et al.*, 1995, su finalidad es eliminar la necesidad de detectar celos y permitir la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), consiste en la combinación de GnRH y PGF2 $\alpha$ , su función es sincronizar la ovulación. El calendario consiste en tres inyecciones; la primera el día 0 con GnRH, la segunda el día 7 con PGF2 $\alpha$  y la tercera el día 9 con GnRH, la inseminación artificial a tiempo fijo se realiza a las 16 horas después de la última aplicación de GnRH.

La primer inyección de GnRH se realiza aleatoriamente independientemente de la fase del ciclo estral, provoca que el folículo dominante ya sea que este en fase de crecimiento o en fase estática, ovule. También provocara atresia en el folículo que no sea viable, lo cual inducirá una nueva onda de crecimiento folicular entre los 2 a 3 días después de la administración de GnRH (Pursley *et al.*, 1995).

La administración de prostaglandinas provoca la ruptura del cuerpo lúteo ya presente o recién formado, la segunda inyección de GnRH provocara una ovulación sincronizada, la IATF se realiza entre las 12-16 horas después de la última inyección de GnRH (Dejarnette, 2007).

Figura 8. Protocolo OvSynch



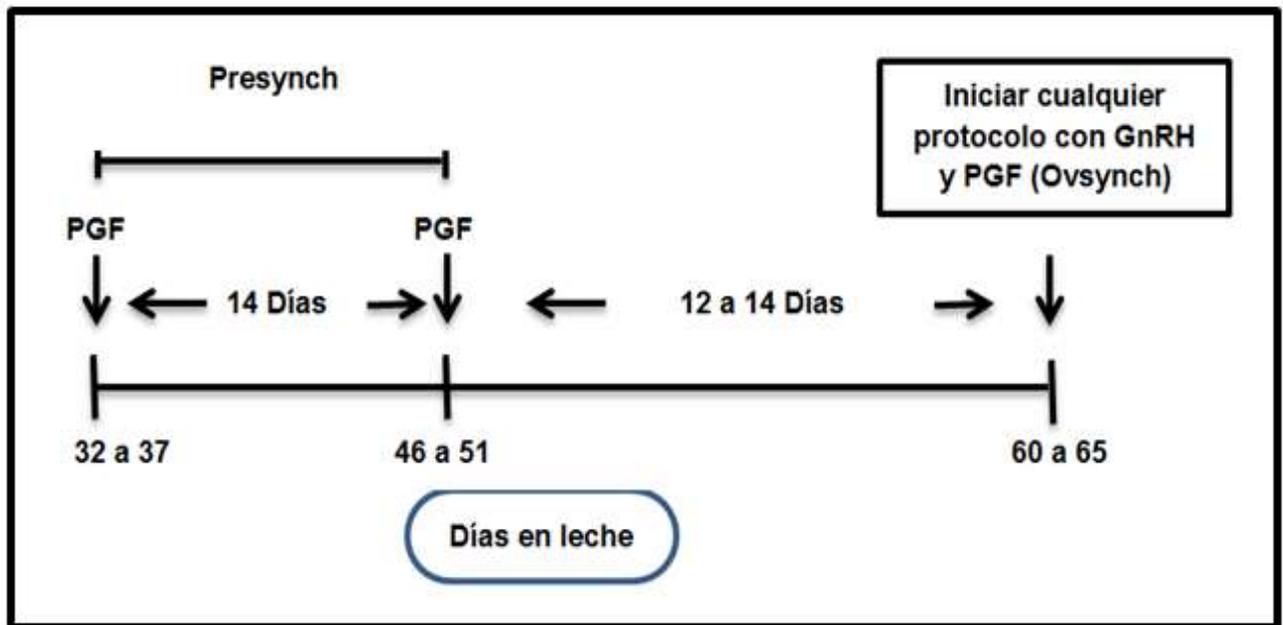
Fuente: (Dejarnette, 2007).

La ovulación ocasionada por la primera administración de GnRH ocurre en el 85% de las vacas y solo en 54% en vaquillas por lo tanto es más eficaz en vacas en lactancia que en vaquillas, sin embargo, tiene algunas limitaciones en vacas que no estén ciclando y en vacas que no están en una fase apropiada del ciclo estral para iniciar el tratamiento (Accelerated Genetics, 2008).

### **3. 3. 2. 2. Pre Synch-Ovsynch**

Consiste en la administración de dos inyecciones de PGF2 $\alpha$  antes del protocolo Ovsynch con intervalo de 14 días, la primera aplicación de GnRH es el día 12 después de la última de PGF2 $\alpha$  y así se sigue con el protocolo normal, la administración de PGF2 $\alpha$  se realiza para asegurar que la mayoría de las vacas estén en la fase adecuada del ciclo estral al iniciar el tratamiento Ovsynch, es decir del día 5 al 10. Esta estrategia mejora la tasa de concepción en el primer servicio postparto entre un 5 a 10%. Sin embargo no es posible inducir la ciclicidad en aquellas hembras que tengan folículos <math>-10\text{ mm}</math> sin CL, lo cual tiene una incidencia de 20 a 30% de las vacas a los 60 días postparto, asimismo la ovulación después de la última inyección de PGF2 $\alpha$  puede ocurrir entre los días 2 a 7 lo que provoca que se presenten folículos de diferente tamaño al inicio del protocolo Ovsynch (Dejamette, 2015).

Figura 9. Protocolo Presynch-Ovsynch

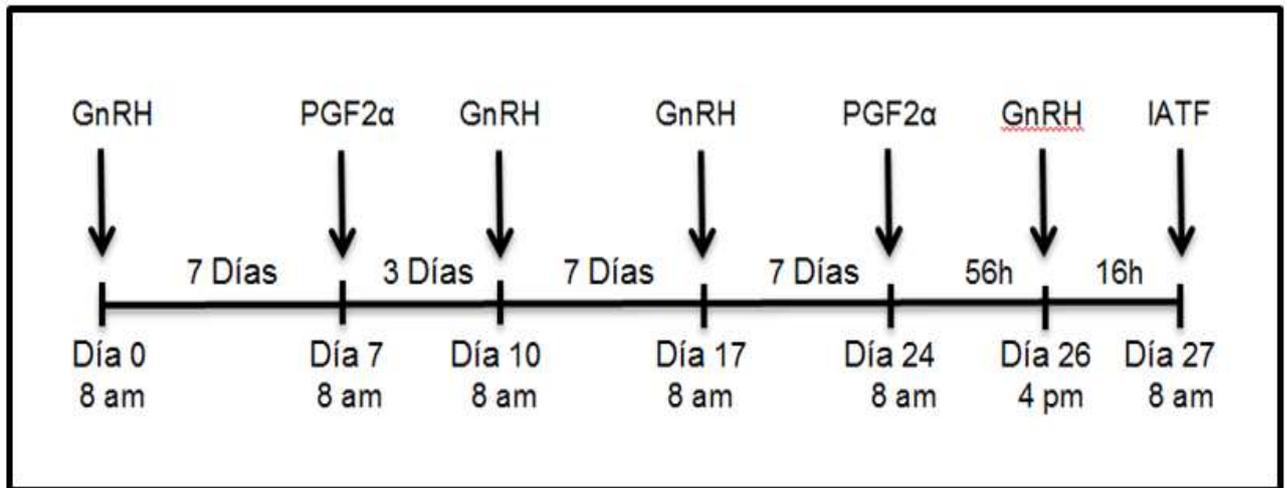


Fuente: (Dejamette, 2007)

### 3. 3. 2. 3. Doble – Ovsynch

De la misma manera que el Ovsynch fue desarrollado en la Universidad de Wisconsin por el Doctor Milo Wiltbank, como su nombre lo indica se realiza la implementación doble del protocolo Ovsynch, este consiste de la siguiente manera: en el día 0 se administra GnRH, el día 7 PGF $2\alpha$  y el día 10 GnRH, pasados 7 días después de la última aplicación de GnRH se aplica esta misma, posteriores 7 días PGF $2\alpha$  y por ultimo 56 horas después de la PGF $2\alpha$  se administra GnRH, la inseminación a tiempo fijo se hará a las 16 horas consecutivas de la última inyección de GnRH (Souza *et al.*, 2008).

Figura 10. Protocolo doble Ovsynch

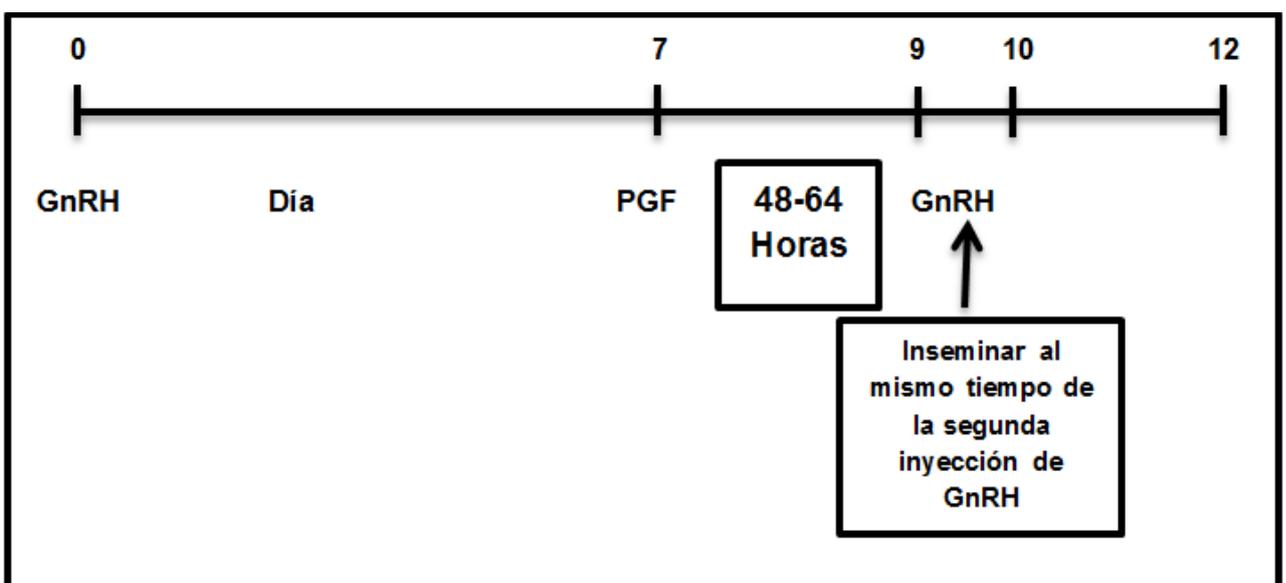


Fuente: (Souza *et al.*, 2008)

### 3. 3. 2. 4. Cosynch

Este protocolo tiene como finalidad establecer variaciones en la base de concepción en caso de que se realice la IATF el mismo día de la última aplicación de GnRH del protocolo Ovsynch, los resultados de este protocolo para la tasa de concepción es de 29.2% en comparación con el del Ovsynch que es de 35.1% lo cual se considera aceptable (Dejamette, 2007)

Figura 11. Protocolo de sincronización Cosynch

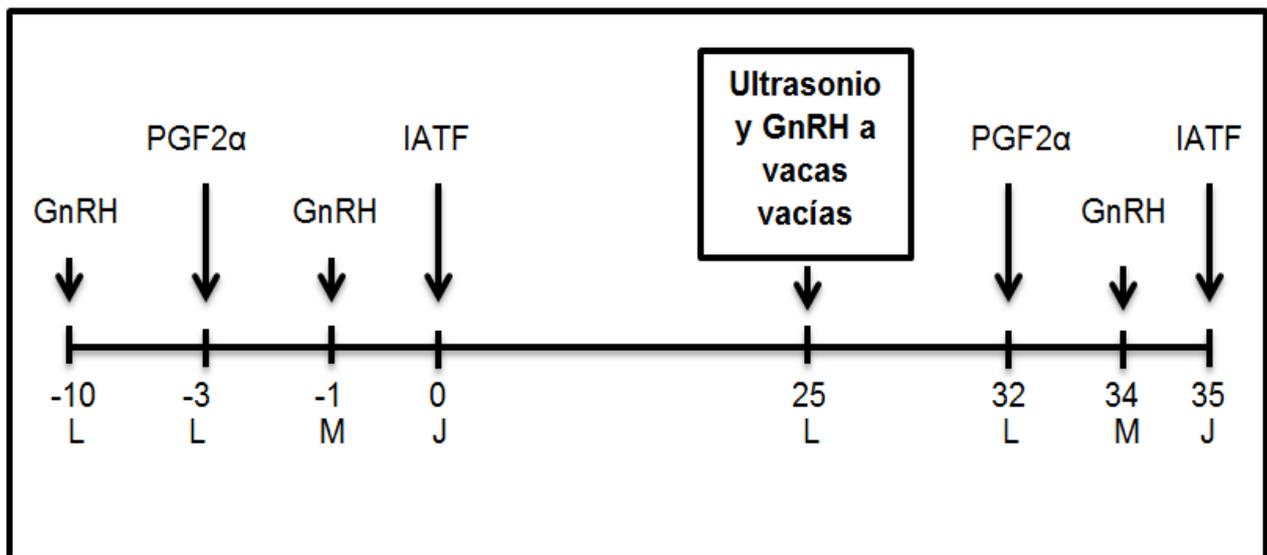


Fuente: (Dejamette, 2007)

### 3. 3. 2. 5. Resynch

El promedio de la tasa de concepción del protocolo Ovsynch es de 35%, lo cual nos indica que el 65% de las vacas están vacías, con ayuda del ultrasonido se puede realizar el diagnóstico de gestación temprano (33-40 días), esto nos indicara que vacas están vacías y así es posible retomar nuevamente el tratamiento Ovsynch el mismo día del diagnóstico (Fricke, 2007).

Figura 12. Protocolo que combina el tratamiento Ovsynch con el diagnóstico de gestación temprano por ultrasonografía (Resynch)



Fuente: (Fricke, 2007)

### 3. 3. 2. 6. Resynch – 7

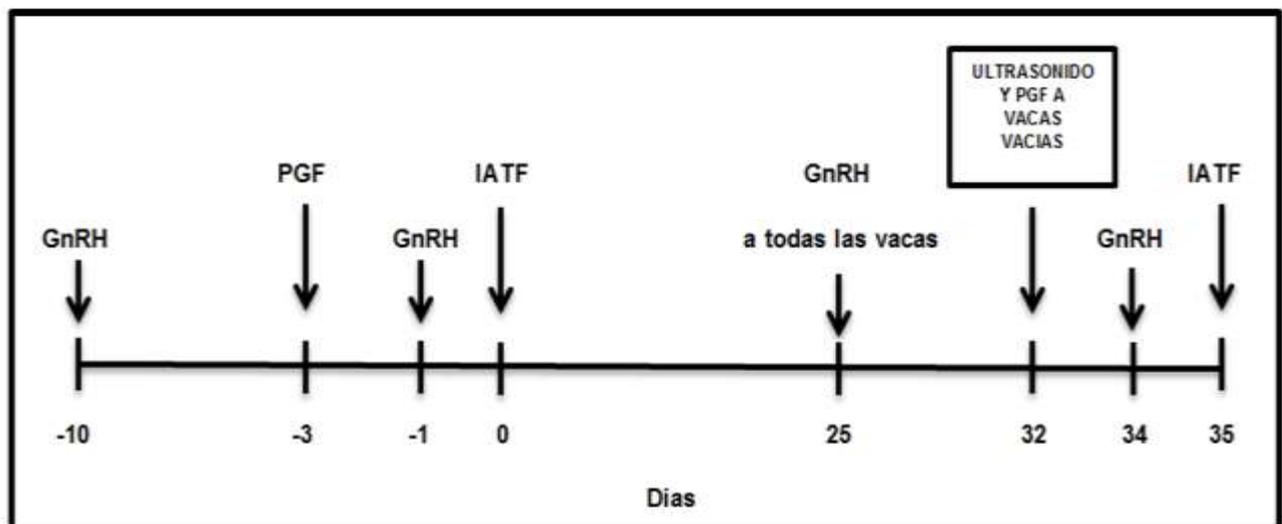
Este protocolo es un tanto agresivo ya que la primera inyección de GnRH se realiza 7 días antes del diagnóstico de gestación por ultrasonografía, en cuestión de vacas preñadas no hay ningún problema ante esta hormona y el hecho de adelantar siete días el tratamiento es una gran ventaja.

Para el día 7 o día 33 después de la primera inseminación cuando se realiza el diagnóstico de gestación se administra PGF2α a aquellas vacas que se encuentran

vacías y la IATF se realiza de acuerdo al protocolo que se determine utilizar ya sea el Ovsynch o Cosynch.

Para lograr un mejor éxito en este protocolo es recomendable no realizar el diagnóstico de gestación antes de los 33 días y por consiguiente no administrar GnRH antes de los 26 días, la desventaja principal es que no se obtienen ondas foliculares sincronizadas, por lo tanto la etapa del desarrollo folicular en inseminación sistemática es desconocida (Fricke, 2007).

Figura 13. Protocolo agresivo que combina el tratamiento Ovsynch con el diagnóstico de gestación temprano por ultrasonografía (Resynch – 7)

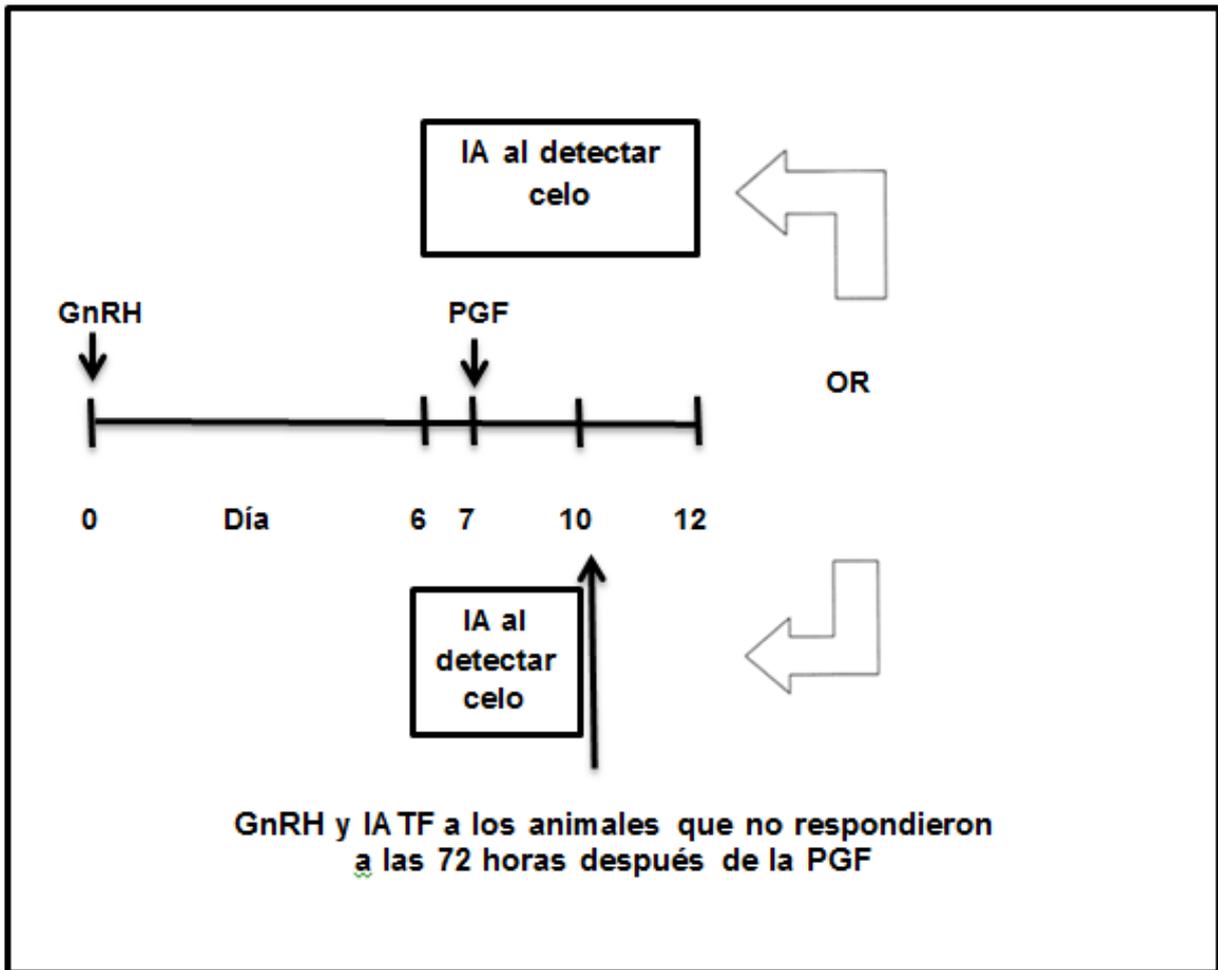


Fuente: (Fricke, 2007)

### 3. 3. 2. 7. Select–Synch

La base de este esquema de sincronización de celo es el Ovsynch, la diferencia es que la última inyección de GnRH no se realiza, y las vacas se inseminan a estro detectado, de acuerdo a este protocolo las vacas presentaran celo hasta las 84 horas, la inseminación se realiza aunada a la administración de GnRH (Dejamette, 2004).

Figura 14. Protocolo Select Synch



Fuente: (Dejamette, 2007)

### 3. 3. 2. 8. Similitud y diferencias de los protocolos de sincronización

Los protocolos de sincronización se dividen en dos, aquellos que sincronizan el ciclo estral y aquellos que sincronizan la ovulación:

Cuadro 5. Similitud y diferencias de los protocolos de sincronización

Sincronización del ciclo estral	Similitud	Diferencias
Prostaglandinas	Estro sincronizado	Ruptura del cuerpo lúteo para tener un celo sincronizado (Salverson y Perry, 2007).
Progestágenos		Bloqueo de la ovulación para posteriormente sincronizar el celo (Galina, 2009).
<b>Sincronización de la ovulación</b>		
CIDR	Estro sincronizado	Bloqueo de la ovulación para posteriormente sincronizar el celo (Accelerated Genetics, 2008).
CIDR + Benzoato de estradiol (EB)	Ovulación sincronizada	Bloquea la ovulación para su posterior sincronización (ABS México, 2008).
EB + CIDR + GnRH		Bloquea la ovulación para su posterior sincronización (Accelerated Genetics, 2008).
EB + eCG + CIDR		Maduración folicular, lisis del CL y ovulación sincronizada (Accelerated Genetics, 2008).
OvSynch + CIDR		
Heat-Synch		
Pre Synch-OvSynch		
Doble OvSynch		Ovulación, lisis de CL, ovulación, ovulación, lisis de CL y ovulación sincronizada (Souza <i>et al.</i> , 2008).
CoSynch		Maduración folicular, lisis del CL y

		ovulación sincronizada (Dejamette, 2004).
ReSynch		Maduración folicular, lisis del CL y ovulación sincronizada, se realiza diagnóstico de gestación temprano, se inicia nuevamente el protocolo con las vacas que resulten vacías (Fricke, 2007).
ReSynch-7		Diagnóstico de gestación a los 33 días, a las vacas vacías se le implementa nuevamente el tratamiento (Fricke, 2007).
Select-Synch	Estro sincronizado	Maduración folicular y lisis de CL (Dejamette, 2004).
Ovsynch	Ovulación sincronizada	Maduración folicular, lisis del CL y ovulación sincronizada Dejamette, (2015).

Fuente: Elaboración propia con los datos recabados de la literatura

### 3. 3. 2. 9. Ventajas del protocolo Ovsynch

El uso del tratamiento hormonal conocido como OvSynch se ha extendido en establos de todo el mundo, esto se debe a que sus ventajas sobre los demás protocolos incumben en muchos aspectos de la producción, Pursley *et al.*, (1995) y Dejamette, (2015) mencionan las ventajas de la siguiente manera:

- Inseminación artificial a tiempo fijo.
- Se administran tres inyecciones, dos con GnRH y una PGF2 $\alpha$ .
- Sincroniza la ovulación.

- No se necesita palpar los ovarios para saber su estado, sino que se realiza la primera inyección independientemente de la fase del ciclo estral.
- Solo 10 días tarda el protocolo.
- El manejo se reduce al inyectar e inseminar en conjunto a todos los animales.
- A los animales que no queden gestantes se sabrá la fecha en la cual repitan celo.
- El costo de las hormonas es accesible para el productor.

#### **4. Planteamiento del problema**

En la ganadería lechera la fertilidad de las vacas en lactancia es particularmente baja debido a la deficiencia de detección de celos y su baja fertilidad, otro de los problemas importantes para el manejo reproductivo es el anestro postparto. Por lo tanto, la importancia de un método de sincronización de celos como lo es el Ovsynch es una solución adecuada para este problema.

## **5. Hipótesis**

La utilización del protocolo de sincronización Ovsynch permite obtener una fertilidad del 60% en vacas lecheras.

## **6. Objetivo**

Determinar el efecto del protocolo de sincronización (Ovsynch) sobre la fertilidad en ganado lechero.

## 7. Material y método

Para el presente trabajo fueron utilizadas diez vacas de la raza Holstein de la Posta Zootécnica del CU UAEM Amecameca, las cuales fueron sometidas al protocolo hormonal conocido como Ovsynch.

### 7. 1. Protocolo de sincronización

El protocolo OvSynch consiste en la aplicación de las hormonas GnRH y PgF2 $\alpha$ . Los días de administración de las hormonas se presentan en el Cuadro 6. La hormona GnRH utilizada fue Gonadorelina a 0.1 mg vía intramuscular profunda y PgF2 $\alpha$  fue Dinoprost trometamina a una dosis de 25 mg por vía intramuscular profunda.

Cuadro 6. Protocolo Ovsynch

<b>Protocolo OvSynch</b>
Día 0 GnRH
Día 7 PgF2 $\alpha$
Día 9 GnRH
Día 10 IATF

Fuente: Elaboración propia con datos del trabajo

### 7. 2. Inseminación artificial a tiempo fijo

La inseminación se realizó 16 horas después de la última inyección de GnRH.

Las hembras bovinas fueron divididas en dos grupos al azar, el primero se inseminó con semen sexado y el segundo con semen convencional, el cuadro 7 muestra el nombre del toro para cada vaca así como también el tipo de semen y si hubo presencia de celo o no en las vacas.

Cuadro 7. Número de vaca inseminada, tipo de semen y presencia de celo

Vaca núm.	Tipo de semen	Toro	Presencia de celo
01	Normal	Holman	-
02	Sexado	Shatchel Red	+
03	Normal	Holman	+
04	Normal	Holman	+
05	Normal	Holman	+
06	Sexado	Sosa	+
07	Sexado	Sosa	-
08	Normal	Gizmo	-
10	Normal	Gizmo	+
11	Sexado	Shatchel Red	+

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del trabajo

### 7. 3. Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación se realizó a los 60 días después de la inseminación por palpación rectal, sin embargo las vacas con número de identificación 01, 03, 07 y 10 se descartaron como positivas al primer servicio, ya que presentaron celo los días 20 y 40 después de la primera inseminación.

### 7. 4. Análisis de la información

Los datos obtenidos por medio de la palpación rectal a los 60 días después del primer servicio, es decir los animales positivos y negativos a la gestación temprana se analizaron por medio de técnicas de estadística descriptiva.

## **8. Límite de espacio**

El trabajo de campo se llevó a cabo en la posta zootécnica del Centro Universitario UAEM Amecameca, ubicado en el Municipio de Amecameca. El clima predominante es templado semifrío y subhúmedo, presenta una altitud de 2440 msnm, a una latitud norte de 20° 06' y longitud oeste de 99° 50, la temperatura oscila entre los -8°C a los 32°C, la precipitación pluvial promedio es de 935.6 mm por año.

## 9. Resultados y discusión

Los tratamientos para el Ovsynch se aplicaron según el protocolo establecido en el método, se observó que 7 de 10 vacas mostraron signos externos de estro tal como se observa en el cuadro 7, el cual representó el 70%, tal situación es similar a lo reportado en la literatura Pursley *et al.*, (1995), cabe hacer mención que las vacas presentan el estro debido a que se desencadena toda la endocrinología del eje hipotálamo hipófisis gónadas, dándose un incremento de los estrógenos y por consecuencia los signos externos del celo, por otro lado el 30% de las vacas no presentó signos lo cual era de esperarse ya que en ocasiones no existen los niveles suficientes de estrógenos y no hay signos externos del celo, a pesar de esto, si se desencadena las cuestiones endocrinológicas y se presentan signos internos de estro y sobre todo según cita la literatura hay generación de folículos, maduración de estos y liberación de un óvulo con potencial para ser fecundado (Huanca, 2001). Al momento de la palpación rectal para establecer la inseminación rectovaginal se observó que todas las vacas presentaron signos internos como turgencia del útero, producción de moco cervicouterino y edema en vulva.

Cuadro 8. Número de vacas que respondieron al tratamiento hormonal

Vaca núm.	Presencia de celo
01	-
02	+
03	+
04	+
05	+
06	+
07	-
08	-
10	+
11	+

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del trabajo

Una vez que las vacas fueron inseminadas se estableció un periodo de espera para realizar el diagnóstico de preñez, el cual consistió en esperar la repetición de celos o bien esperar un periodo de 60 días para realizar palpación rectal.

En el cuadro 9 se observa que 6 de 10 vacas quedaron preñadas lo cual presentó una respuesta del 60% del tratamiento de OvSynch, cabe hacer mención que la literatura indica que este proceso reproductivo tiene una fertilidad del 60 al 70 % Rabiee *et al.*, (2005), en este estudio la fertilidad está acorde con lo indicado en la literatura.

Cuadro 9. Diagnóstico de gestación

Vaca núm.	Presencia de gestación
01	-
02	+
03	-
04	+
05	+
06	+
07	-
08	+
10	-
11	+

Fuente: Elaboración propia con los resultados obtenidos de la investigación

Se observa que una de las vacas que no mostró signos externos de estro fue fertilizada y quedó preñada tal como lo establece la literatura ya que se desencadena la ovulación, y algunas vacas que sí mostraron celo no quedaron preñadas, aunque sí presentaron repetición de celos indicando que estas vacas mostraron reactivación y periodicidad en sus ciclos, dichos animales fueron inseminados posteriormente.

## **10. Conclusiones.**

La aplicación del protocolo de sincronización e inseminación a tiempo fijo conocido como Ovsynch en vacas Holstein lactantes mostró una fertilidad del 60%, siendo este una opción para lograr objetivos reproductivos dentro de un hato lechero.

## **11. Sugerencias**

Dados los resultados obtenidos en este experimento se sugiere seguir realizando investigaciones en reproducción aplicada y llevarla a escenarios de sistemas de producción de leche, ya que se observó que este programa es efectivo y coadyuva a que la reproducción de las vacas se dé y por ende se lleve a cabo la producción de leche.

## 12. Literatura revisada

ABS México, “Programas de sincronización”. Página virtual.  
<http://www.absglobal.com/holstein1> Última revisión marzo de 2014.

Accelerated Genetics, “Programas de sincronización”. Página virtual.  
<http://www.accelgen.com/program/english/22/1/dairy-programs> Última revisión marzo de 2015.

Agudelo Gómez, D. A. y Bedoya Mejía, O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Vol. 2, núm. 1, pp.38-42.

Bavera, G. A. (1970). Eversión y prolapso uterino en el vacuno. Rev. Med. Vet. 51 (5): 379-396.

Becaluba, F. (2006). Métodos de sincronización de celos en bovinos. Reproducción, Bs. As.

Cano, C. P. (2005). Diagnóstico y tratamiento de los principales problemas reproductivos en los bovinos. En 1as. Jornadas Bovinas. Ed. UNAM.

Castro, L. J., Sánchez, R. G., Iruegas, E. L. F., Saucedo, L. G. (2001). Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red leche en México, FIRA. Núm. 317, Vol. XXXIII.

Castañeda, M. L. (2009). Fisiología de la reproducción bovina: desde la fecundación hasta la implantación embrionaria. Tesis de licenciatura. Universidad la Salle. Bogotá.

Callejas, S. (2004). Control farmacológico del ciclo estral bovino: bases fisiológicas, protocolos y resultados. Taurus Bs. As. 6 (24): 22-34.

- Catalano, R. y Callejas, S. (2001). Detección de celos en bovinos. Factores que la afectan y métodos de ayuda. Rev. Med. Vet. Vol. 82: 17-22.
- Córdoba, I. A., Murillo, M. A. L. y Castillo, J. H. (2010). Efecto de factores climáticos sobre la conducta reproductiva en los trópicos-una revisión. REDVET. 11 (1)
- Colín Palmer. (2008). Endometritis en vacas lecheras. Taurus. Bs. As. 10 (37): pp. 25-32.
- Colín Palmer. (2007). Metritis postparto en vacas lecheras. Taurus. 9 (36). pp. 20-37.
- Dalton, J. C., Nadir, S., Noftsinger, M., Saacke, R. G. (2011). Factores que afectan el resultado de un programa de sincronización de celos. Taurus, Bs. As. 12 (49): 4-19.
- Dejarnette, M. y Nebel R. (2015). Anatomía y fisiología de la reproducción bovina en: Select Sires. Página virtual. [http://www.selectsires.com/dairy/LA\\_resources.html](http://www.selectsires.com/dairy/LA_resources.html) Última revisión junio de 2019.
- Dejarnette, M. (2015). Ov Synch, Co synch, Presynch and Kitchensynch: How did Breeding cows get so complicated?, en: Select Sires. Página virtual. [http://www.selectsires.com/dairy/LA\\_resources.html](http://www.selectsires.com/dairy/LA_resources.html) Última revisión junio de 2019.
- Dejarnette, M. (2004). Estrus synchronnization: a reproductive management tool, en: Select Sires. Página virtual. [http://www.selectsires.com/dairy/LA\\_resources.html](http://www.selectsires.com/dairy/LA_resources.html) Última revisión junio de 2019.
- Duque Muñoz L., Tatiana Loaiza E. y Olivera M., (2011). Quistes foliculares en vacas posparto y su evolución con tratamiento de GnRH y PGF2. Revista Lasallista de investigación, vol. 8, núm. 2. pp. 89-95.
- Dyce, M. K., Sack, W. O., Wensing, C. J.G. (2012). Anatomía veterinaria (4°ed). México (D.F). (Ed) El manual moderno, pp. 700-719.

- Echeverría, J. (2006). Endocrinología reproductiva: prostaglandinas F2a en vacas. REDVET. Vol. VII, Num. 01. 1-12
- Fernández Martínez A., Silveira Prado E. A. y López Rojas O. F. (2006). Las infecciones uterinas en la hembra bovina. REDVET, Vol. VII, núm. 10.
- Filipiak, Y., Viqueira M , Bielli A. (2016). Desarrollo y dinámica de los folículos ováricos desde la etapa fetal hasta la prepuberal en bovinos. Veterinaria Montevideo. 202 (52): 14-22.
- Fricke, P. M. (2007). Estrategias agresivas de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva. Instituto babcock, Universidad de Wisconsin. Reproducción y selección genética N° 604.
- Funston, R. N., Ansotegui, R. P., Lipsey, R. R. y Geary, T. W. (2002). Synchronization of estrus in beef heifers using either melengestrol acetate (MGA)/prostaglandin or MGA/Select Synch. Theriogenology. 57, 1485-1491.
- Galina C. y Valencia J. (2009). Reproducción de animales domésticos. (Ed) Limusa. México, DF. pp. 66-87.
- Golcochea, L. J. (2005). El ciclo estral y el factor humano. En: Manual de ganadería doble propósito. Gonzalez-Stagmaro, C., Soto-Belloso E. (Ed) Astro Data. Maracaibo Venezuela.
- Góngora, A. y Hernández, A. (2010). La reproducción de la vaca se afecta por las altas temperaturas ambientales. Rev. U. D. C. A. Act. Div. Cient. 13 (2): 141-151.
- Gómez, R. J. I. (2015). Utilización de dos protocolos hormonales para la sincronización de la ovulación (Ovsynch +CIDR vs Ovsynch) y su efecto sobre

la fertilidad de vacas lecheras Holstein. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila

Grigera, J. y Bargo, F. (2005). Evaluación del estado corporal en vacas lecheras. Informe técnico. Consultores Elanco Animal Health.

Gutiérrez, A.C.J. (2008). Hormonas de la reproducción bovina. Desarrollo sostenible de ganadería de doble propósito. Pagina virtual.[http://www.avpa.ula.ve/libro\\_desarrollosost/pdf/capitulo\\_42.pdf](http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollosost/pdf/capitulo_42.pdf) Ultima revisión julio de 2017.

Hafez, E. (2000). Reproducción e inseminación artificial en animales. Parte III, ciclos reproductivos. (Ed) Mc Graw Hill. México, pp. 161-266.

Hernández, C. J. (2012). Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros. ISBN 978-607-00-5524-9.

Hernández, C. J. (2004). Mejoramiento Animal, Reproducción Bovinos, México D.F. SUA-ED, UNAM.

Huanca, Wilfredo. L. (2001). Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras. Rev Inv Vet Peru, 12 (2): 161-163.

Lamb, G., Smith, M., Perry, G., Atkins, J., Risley, M., Busch, D., Petterson, D. (2009). Reproductive endocrinology and hormonal control of the estrous cycle. North Florida Research and Education Center, University of Florida.

Laven, R. A. y Peters, A. R. (1996). Bovine retained placenta: etiology, pathogenesis and economic loss. Vet. Rec. 139: 465-471. doi: 10.1136/vr.139..19.465.

Lucy, M.C. (2007). The bovine dominant ovarian follicle. Journal of animal science. 1 (85). 89-99.

- Maurino, A., Bernardi, S., Rinaudo, A. y Marini, P. R. (2012). Prevalencia de endometritis subclínica y cuatro horas después de la inseminación artificial en vaquillonas. *Spermova*, 2 (1): pp. 47-48.
- Mellado, B. M. (2010). Producción de leche en zonas templadas y tropicales. Capítulo 9, Manejo reproductivo del ganado lechero. (Ed) Trillas, México, pp. 155-190.
- Meléndez, G. J. R. y Alonso, P. A., (2000). Costos de producción en tres niveles de producción láctea en establos del altiplano Mexicano, México, D.F. UNAM-FMVZ,
- Motta, D. P. A., Ramos, C. N., Gonzales, S. C.M y Castro, .R. E. (2011). Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. *Vet. zootec.* 5 (2): 88-99.
- Monteiro, H. A. E. (1994). Etiopatogenia e terapéutica da retencao placentaria nos bovinos. Proc. 7as Jornadas Internacionales de Reproduccion Animal. Murcia, pp. 181-192.
- Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. Leche, denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Pagina virtual <http://dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm> Ultimas revision Julio de 2019.
- OCDE/FAO. (2013), Perspectivas agrícolas 2013-2022, Texcoco, Estado de México, Universidad Autónoma Chapingo. [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2013-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2013-es)
- Palomares, R. A., Graves, W. M., (2017). Programas de sincronización de hatos. UGA extensión. Boletín 1227, pp 1-8.
- Peralta, R., Péndola, C., Paramidani, E. y Scena, C. (2000). La inseminación artificial en los rodeos de cría. *Taurus.* 2 (7): 4-18.

- Porras, A. A. I., Paramo, R. R. M. (2009). Manual de prácticas de reproducción animal. Capítulo 7. Morfología del aparato reproductor. UNAM-FMVZ, pp. 7-30.
- Ptaszynska, M. (2007). Compendio de reproducción animal. Intervet (99<sup>o</sup> ed). Sinervia, Uruguay/Paraguay.
- Pursley, J. R., Mee, M. D., Wiltbank, M. C. (1995). Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2 and GnRH. *Theriogenology*, 44: 915-923.
- Rabiee, A. R., Lean, I. J., Stevenson, M. A. (2005). Efficacy of Ovsynch Program on reproductive performance in dairy cattle: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 88: 2754-2770.
- Rebhun, C. W. (1999). Enfermedades del ganado vacuno lechero. Capítulo 9, Enfermedades de la reproducción. (Ed) Acribia. México, pp. 403-460.
- Rocha, J. C. y Córdoba, I. A. (2008). Causas de retención placentaria en el ganado bovino. *REDVET*, Vol. III, núm. 2.
- SADER. SIAP. 2018. Boletín de leche, Octubre-Diciembre de 2018. Página virtual. <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Bolet%C3%ADn%20de%20Leche%20octubre-diciembre%202018.pdf> Última revisión Julio 2019.
- Saharrea, M. A. (2004). Distocia y Membranas Obstétricas. En Hernández Cerón J. (Ed). *Mejoramiento Animal, Reproducción Bovinos* (pp. 57-68). México D.F. SUA-ED, UNAM.
- Sanz, P. M. A. (2000). Dinámica folicular en vacas nodrizas sometidas a condiciones nutricionales y de manejo del ternero con diferentes factores de explotación asociados a la duración del anestro postparto. Memoria de investigación de Doctorado. Universidad de Zaragoza.

- Santos, R. M., Vasconcelos, J. L. M., Souza, A. H., Meneghetti, M., Ferreira, J. N. (2002). Efeito da aplicao de prostaglandina (PGF $2\alpha$ ) no pos-parto imediato sobre a incidencia de retencao de placenta em vacas de leite. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. Vol. 54, Núm. 1, pp. 29-34.
- Salverson, R. y Perry, G. (2007). Cómo funcionan los protocolos de sincronización del celo en vacas. Albeitar. (111): 12-14.
- Solorzano, Z. W., Dominguez, R. R. L. y Padilla, E. G. (2002). Evaluación de diferentes tratamientos en el posparto temprano a vacas lecheras con infecciones uterinas. Tec. Pec. Mex. Vol. 40, núm. 1, pp. 105-117, INIFAP.
- Souza, A. H., Ayres, H., Ferreira, R. M. y Wiltbank, M. C. (2008). A new presynchronization system (doublé-ovsynch) increases fertility at first postpartum timed AI in lactating dairy cows. Theriogenology 57, 208-215.
- Secretaria de economía, dirección general de industrias básicas, análisis del sector lácteo en México, (2002) [http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf)
- Sisson, S., Grossman, J. D. (2003). Anatomía de los animales domésticos (5<sup>o</sup> ed.) Tomo (I). Barcelona, España. (Ed) Masson.
- Squires, E. (2006). Endocrinología animal aplicada. (Ed) Acribia S. A. Zaragoza, España. pp 174-188.
- Sumba, L. J. P. (2012). Inseminación Artificial con celo natural en vacas productoras de leche con semen sin el proceso de descongelado en el canton paute. Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.

- Yunga, A. E. S. (2013). Efecto de la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG) en la maduración folicular en bovinos con su cría al pie. Tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias agropecuarias, Cuenca, Ecuador.
- Van, W. T., Schukken, Y. H., Lloyd, J., Brand, A., Heeringa, H. T. (1992). The effects of duration of retained placenta on reproduction, milk production, postpartum disease and culling rate, *Theriogenology*. 37,1191-1203,
- Villareal, G. J. R., Aguilar, V. A., Luevano, G. A. (1998). El impacto socioeconómico de la ganadería lechera en la región lagunera. *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. III, núm. 3.
- Villamar, A. L. y Olivera, C. E. (2005). Situación Actual y Perspectiva de la Producción de leche de Bovino en México 2005, Coordinación general de ganadería. Sagarpa. México, Pág. 4.
- Villagómez, A. M. E., Catillo, R. H., Villa-Godoy, A., Roman P. H. y Vázquez, P. C. (2000). Influencia estacional sobre el ciclo estral y el estro en hembras cebú mantenidas en clima tropical. *Tec. Pec. Mex.* 38 (2): 89-103.
- Xolapa, V. M., Pérez, R. M. y García, C. (2003). Factores asociados a eventos de la falla reproductiva de los bovinos hembras del Complejo Agropecuario e Industrial de Tizayuca (caitsa), Hidalgo México, durante el periodo 2000 a 2001. *Rev. Sld. Anim.* Vol. 25, Núm. 54, pp. 129-137