

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS CABRAS EN
ANESTRO UTILIZANDO eCG O ESTRADIOL.**

POR:

EVARISTO CARRILLO MORENO

TESIS:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS CABRAS EN
ANESTRO UTILIZANDO eCG O ESTRADIOL.**

POR:

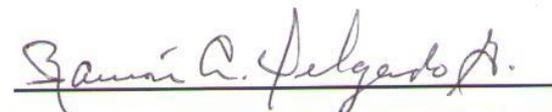
EVARISTO CARRILLO MORENO

ASESOR PRINCIPAL



DR. FRANCISCO G. VELIZ DERAS

COORDINACIÓN DE LA DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ



**Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS CABRAS EN ANESTRO UTILIZANDO
eCG O ESTRADIOL.**

TESIS POR:

EVARISTO CARRILLO MORENO

Elaborado bajo la supervisión del comité particular y aprobado como requisito parcial
para optar por el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

JURADO:

co. iliz
DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DÉRAS
PRESIDENTE

MC. GERARDO ARRELLANO RODRÍGUEZ
VOCAL

DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO
VOCAL

MC. ARACELY ZUÑIGA SERRANO
VOCAL SUPLENTE

Ramon A. Delgado G.
MC. RAMON ALFREDO DELGADO GONZALEZ

Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL, 2014

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**INDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LAS CABRAS EN
ANESTRO UTILIZANDO eCG O ESTRADIOL.**

POR:

EVARISTO CARRILLO MORENO

ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

ASESOR PRINCIPAL:

DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS

ASESORES:

M.C. OSCAR ÁNGEL GARCÍA

MC. JUAN MANUEL GUILLEN MUÑOZ

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

ABRIL, 2014

DEDICATORIAS

A DIOS NUESTRO SEÑOR

A MIS PADRES:

DR. EVARISTO CARRILLO CASTELLANOS

ING. MA. DEL SOCORRO MORENO NAVA

Por todo su apoyo, comprensión, cariño y por los grandes consejos que recibí por parte de ellos y por haberme guiado en este camino de trabajo y verdad, y siempre darme el mejor ejemplo.

A MIS HERMANOS

DALIA IVETTE CARRILLO MORENO

JESUS MANUEL CARRILLO MORENO

A Chuy por su gran apoyo en mi carrera y confianza que tiene hacia mí, a Dalia también por su gran apoyo en mi carrera y por ser el mejor ejemplo a seguir.

A TODA MI FAMILIA

CARRILLO CASTELLANOS

MORENO NAVA

Por su apoyo y por alentarme a superarme en mi carrera y por su gran confianza que tienen hacia mí.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna por a verme dado la oportunidad de desarrollarme como profesionista.

Especialmente al Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras por su gran apoyo para desarrollar esta tesis.

A todos mis maestros que tuve a lo largo de mi paso por esta Universidad que siempre me apoyaron de una u otra manera y por su gran compromiso que tienen hacia nosotros como alumnos.

A mis compañeros de carrera y los grandes amigos que obtuve gracias a esto.

A todas las instituciones que me brindaron la oportunidad de realizar prácticas y así mejorar mi desarrollo profesional. Al establo Ampuero, a la P.P La Victoria, al Dr. Armando López Loera, a GEMEX-ABS México.

Al M.V.Z. Francisco Papadakis, por darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales en la institución que él preside.

En especial a los técnicos asesores de ABS México, al M.V.Z Luis Alonso Ruiz, al M.V.Z Miguel Ángel Rosano, al M.V.Z Fernando Cavazos García, por darme la oportunidad de aprender de su gran experiencia profesional que tienen, por sus buenos consejos y apoyarme en mi superación personal y profesional.

Contenido

Resumen.....	V
I.- Introducción.....	1
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1.- Sistema endocrino.....	5
2.2.- Ciclo estral de las cabras.....	6
2.2.1.- Ciclo ovárico y regulación endocrina.....	6
2.2.2.- Comportamiento estral.....	8
2.3.- Estacionalidad reproductiva.....	9
2.4.- Control de la reproducción de los caprinos.....	11
2.4.1.- La progesterona y análogos (progestágenos).....	13
2.4.1.1.- Progesterona, progestágenos y su combinación con otros tratamientos.....	18
2.4.1.1.1.- Progesterona, GnRH y PGF 2α	18
2.4.1.1.2.- Progesterona, GnRH y eCG.....	25
2.4.2.- Las prostaglandinas y sus análogos.....	30
2.4.2.1.- Capacidad de respuesta del cuerpo lúteo a la administración de PG.....	33
2.4.2.2.- Ovsynch.....	38
2.4.2.3.- NCSynch.....	40
2.4.3.- Fotoperiodo y Bioestimulación.....	43
2.4.3.1.- Factores que influyen en la respuesta al efecto macho.....	46
2.4.3.1.1.- Proporción macho-hembras.....	47
2.4.3.1.2.- Periodo en que se realiza el efecto macho.....	50
2.4.3.1.3.- Intensidad de la conducta sexual de los machos.....	50
2.4.3.1.4.- Aislamiento previo de los sexos.....	51
Objetivo.....	52
Hipótesis.....	52
III.- Materiales y métodos.....	53
3.1.- Localización y animales en estudio.....	53
3.2.- Tratamientos Experimentales.....	55
3.3.- Variables evaluadas.....	56
3.3.1.- Actividad estral.....	56

3.3.2.- Actividad folicular	57
3.3.3.- Gestación	57
3.4.- Análisis estadístico.....	57
IV.- RESULTADOS	58
V.- DISCUSIÓN.....	61
VI.- CONCLUSION.....	64
VII.- Bibliografía.....	65

Resumen

El presente estudio se realizó para determinar la inducción de la actividad sexual de las cabras en anestro utilizando eCG (Gonadotropina coriónica equina) o estradiol (E_2) previa la aplicación de progesterona (P_4) o esponjas vaginales. Para ello se utilizaron 32 cabras Criollas adultas anovulatorias de la Comarca Lagunera que se encontraban en pastoreo extensivo antes del experimento. Las cabras se estabularon por cinco días y se dividieron en 4 grupos homogéneos en base a su peso y condición corporal ($n=8$). Primer grupo (**P_4+eCG**): a estas cabras se les inyectó 25 mg de progesterona (P_4) intramuscular y 24 horas después se les aplicó 250 UI de eCG; Segundo grupo (**$Esp+eCG$**): se les colocó una esponja intravaginal impregnada con 20 mg de cronolona durante 7 días y al momento de retirarla se les aplicó 250 UI de eCG; Tercer grupo (**P_4+E_2**) se les inyectó 25 mg de progesterona intramuscular y 24 horas después se les inyectó 1 mg de estradiol; Cuarto grupo (**$Esp+E_2$**) se les colocó una esponja intravaginal impregnada con 20 mg de cronolona durante 7 días, y al momento de retirarla se le aplicó 1 mg de estradiol. Durante este periodo, los animales fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y 200 g de concentrado (14% PC). En los resultados obtenidos, el porcentaje de hembras que presentaron actividad estral fue del 100% para los 4 grupos experimentales. En la ovulación en los grupos que se utilizó estradiol el porcentaje fue de 50% y 62.5% (**P_4+E_2** y **$Esp+E_2$**) respectivamente, mientras que para los grupos que se utilizó eCG fue 100% (**P_4+eCG** , **$Esp+eCG$**), evidentemente el porcentaje de gestación fue mayor en los grupos que se aplicó eCG, y fue de 87.5% y 100% para el grupo (**P_4+eCG**), (**$Esp+eCG$**) respectivamente, mientras que para los

grupos que se utilizó estradiol fue del 50% y el 62.5% (**P₄+E₂** y **Esp+E₂**) respectivamente. El número de folículos ováricos para el (**P₄+eCG**) fue de 1.3; para el (**Esp+eCG**) fue de 1.6; para el (**P₄+E₂**) fue de 1.25 y para el (**Esp+E₂**) fue de 1.4. Los resultados obtenidos indican que la inducción de la actividad sexual de las cabras Criollas anovulatorias mediante la aplicación de eCG posterior a la aplicación de progesterona o esponjas resultó más efectiva que la aplicación de estradiol posterior a la aplicación de progesterona o esponjas.

Palabras clave:eCG, Actividad estral, Progesterona, Estradiol, Anesta.

I.- Introducción

Las cabras fueron la segunda especie en domesticarse solo después del perro esto fue hace 10,000 años en el monte Zagros del creciente fértil (Cercano y Medio Oriente y el norte del subcontinente Indio, esto en Israel e Irán) la importancia de este hecho es que fue la primera especie productiva en domesticarse, posteriormente en un periodo de 1,000 a 2,000 años después le siguieron la oveja, el cerdo y el bovino, y la gallina hace 5,000 años (FAO, 2010). Desde su domesticación las cabras son criadas en una amplia gama de sistemas de producción y tienen una gran importancia económica en muchas regiones. Su capacidad de adaptación a condiciones severas (mejor resistencia al estrés por calor y la sequía, una mejor utilización y la digestibilidad de los pastos) permite que las poblaciones locales mejoren la producción animal en una gran variedad de condiciones climáticas que van desde los extremos de la selva tropical a los desiertos secos. Las cabras se encuentran ampliamente distribuidas en las zonas tropicales y se utilizan principalmente para la producción de carne, pero también en algunas regiones para la producción de leche. En las regiones templadas, son criadas principalmente para la producción de leche, pero también para la de carne y pelo (Fatetet *al.*, 2011). La cabra ocupa el quinto lugar de las cinco grandes especies de ganado que hay en el mundo. Hay unos 800 millones de cabras en todo el mundo; una por cada ocho personas. Aproximadamente el 70 % de la población mundial de cabras se halla en Asia y el Cercano y Medio Oriente, especialmente en China, India y Pakistán. La mayor parte de la población mundial restante se encuentra África, mientras que América Latina y el Caribe así como Europa y el Cáucaso sólo cuentan con un 5 %.

Las razas de cabra representan el 12 % del total de razas de mamíferos registradas en el mundo (FAO, 2010). México cuenta con una población de 9 004,377 cabras de las cuales 430,381 cabras se encuentran en la región lagunera que representan el 4.8% de la población nacional, y están divididas en la región lagunera de Durango con 233,293 cabras y la región lagunera de Coahuila con 197,088 cabras (SIAP, 2011).

Tabla 1: Muestra la producción caprina nacional y su valor durante el año 2012 (SIAP-2012).

Producto	Producción toneladas	Precio (pesos por kilogramo)	Valor de la producción (miles de pesos)	Animales sacrificados	Peso
Ganado en pie					
Caprino	80,877	22.71	1,836,371		34
Carne en canal					
Caprino	41,492	45	1,867,178	2,383,778	17
Leche					
Caprino	155,636	4.7	731,179		

La predicción de la producción de leche de cabra para el 2013 fue de 146,525 toneladas de las cuales la Comarca Lagunera aportara el 41.32% que corresponde a 60,621 toneladas y la predicción de la producción de carne de caprino es 40,943 toneladas (SIAP-2013).

La caprinocultura de la Comarca Lagunera es de gran importancia ya que aporta un porcentaje considerable del total de la producción caprina nacional, pero sobretodo es de gran importancia social para los productores de esta Comarca, ya que es el medio por el cual obtienen ingresos económicos a través de la venta de sus productos, ya sea leche o cabritos, considerando que en la Comarca Lagunera el sistema de producción es leche cabrito además que las características de la especie caprina como lo son su rusticidad, adaptabilidad al medio ambiente y aprovechamiento de los recursos naturales, permiten que tenga un buen desarrollo en esta Región. En algunas especies de ovinos y caprinos existe un periodo de reproducción natural y un periodo de inactividad sexual durante el año (Delgadillo *et al.*, 2003; Restall, 1992). La especie caprina en la Comarca Lagunera presenta una marcada estacionalidad en su actividad reproductiva (Delgadillo *et al.*, 2004). Las hembras presentan una actividad sexual (estros y ovulaciones) de agosto a febrero-marzo, mientras que el anestro se observa de marzo a julio (Delgadillo *et al.*, 2003; 2004). Mientras que en los machos el periodo en su actividad reproductiva, se observa de mayo a diciembre y el periodo de reposo sexual se presenta de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999). La presencia de esta marcada estacionalidad reproductiva en los caprinos provoca que la producción de leche y cabritos se concentren en cierta época del año, ocasionando que aproximadamente el 80 % de los partos ocurran de noviembre a febrero (Contreras y Saéz, 1991) la cual afecta directamente a la economía de los productores por que ocasiona que no se pueda programar la producción láctea durante todo el año además de que los precios de los productos tiendan a bajar por la gran oferta en una época del año (Saéz- Escárcega *et al.*, 1991), actualmente existen diversas investigaciones que están planteadas como una solución a dicho problema, en estas investigaciones se

encontró que la reproducción de los pequeños rumiantes específicamente caprinos puede ser controlada por diferentes técnicas reproductivas que ya están establecidas y otras que se encuentran en proceso de desarrollo. Dichos métodos o técnicas consisten en la administración programada de hormonas específicas tales como, progesterona y análogos, GnRH, prostaglandinas, eCG, melatonina, algunos otros métodos no incluyen la administración de hormonas como lo son tratamientos fotoperiodos y la bioestimulación, ya sea principalmente el efecto macho o efecto hembra, dichos métodos son considerados como métodos naturales. Estos métodos son una herramienta para evitar la estacionalidad reproductiva y que a los productores beneficia cuando implementan dichas técnicas, y por ende obtienen mayor productividad, por tal motivo se planteó la presente investigación con la finalidad de inducir la actividad estral y ovárica mediante la utilización de hormonas exógenas.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Sistema endocrino

El sistema endocrino, junto con el sistema nervioso, se encarga de homeostasis. El crecimiento, desarrollo, reproducción, presión arterial, concentración de iones y otras sustancias en la sangre, e incluso la conducta, son todos procesos regulados por el sistema endocrino. La fisiología endocrina implica secreción de hormonas y sus acciones subsecuentes sobre tejidos efectores (Constanzo, 2002).

Una hormona es definida como una sustancia química (Constanzo, 2002) que tiene las siguientes características: (A) Mensajero químico que es eficaz en pequeñas cantidades; (B) Es sintetizada en una glándula de secreción interna o endocrina; (C) secretada en el sistema circulatorio y transportado a través del sistema sanguíneo; (D) Actúa sobre los receptores en las células blanco específicas situadas a distancia del sitio de la síntesis; (E) Ejerce una acción reguladora fisiológica o bioquímica en las células blanco (Brown, 1994).

Las hormonas que regulan los procesos reproductivos se derivan primordialmente del hipotálamo, hipófisis, gonadas y placenta. Dichas hormonas son: GnRH, FSH, LH, prolactina, eCG, estrógenos, progesterona, testosterona, prostaglandinas, entre otras hormonas que intervienen en la reproducción. Aunque todas las hormonas son altamente específicas y selectivas en su acción, a menudo la respuesta particular de una hormona en un momento dado se modifica por la presencia o ausencia de otras hormonas.

2.2.- Ciclo estral de las cabras

El ciclo estral se consideran todos los eventos reproductivos que suceden de un celo a otro celo, en efecto el ciclo estral se compone de todos los cambios morfológicos y fisiológicos en los ovarios y el tracto genital que conducen a la expresión del estro (fase de receptividad hacia los machos), la ovulación y la preparación del tracto genital para la cópula, la fertilización y la implantación del embrión. Durante la temporada de reproducción, las hembras pueden someterse a varios ciclos de celo sucesivamente que dependen de la duración de la temporada de reproducción y de la raza de cabra. La longitud del ciclo estral se define como el intervalo entre dos expresiones sucesivas de estro o dos ovulaciones sucesivas. La duración media del ciclo estral de la cabra es de 21 días (Fatetet *al.*, 2011).

2.2.1.- Ciclo ovárico y regulación endocrina

Durante el ciclo estral, los ovarios se someten a una serie de cambios en su morfológica (reclutamiento folicular y el crecimiento), bioquímica (la maduración del folículo) y cambios fisiológicos (regulaciones endocrinas) que conducen a la ovulación. Estos cambios cíclicos en las gónadas se conocen como el ciclo ovárico. El crecimiento folicular evoluciona de una forma de onda similar a lo largo del ciclo. Una onda folicular se caracteriza por la secuencia de los tres eventos de gonadotropina dependientes en el crecimiento folicular: reclutamiento, selección y dominancia. Los estudios que utilizan la ecografía repetida sugieren que hay entre dos y seis oleadas de desarrollo folicular durante los ciclos estrales en cabras con tres o cuatro olas siendo el más frecuente. La última ola proporciona el folículo ovulatorio (Fatetet *al.*, 2011).

El ciclo ovárico se divide clásicamente en dos fases: la fase folicular y la fase lútea. La fase folicular corresponde a la onda de desarrollo folicular proporcionando el folículo ovulatorio y consiste en la maduración de los folículos de gonadotropina dependientes hasta la ovulación (crecimiento terminal). Durante la fase folicular, la FSH secretada por la glándula pituitaria estimula el crecimiento folicular. El incremento en las concentraciones periféricas de 17β estradiol, secretado por los folículos más grandes, induce el comportamiento estral y actúa como un retroalimentación positiva en el eje gonadotrópico. Con el consiguiente aumento de la secreción de GnRH induce el pico preovulatorio de LH que induce la ovulación 20-26 h más tarde y, posteriormente, la luteinización de las células foliculares. La fase lútea se inicia desde el momento de la ovulación. Alrededor de 5 días después del inicio del estro, las células del folículo ovulando se convierten en células luteas para formar el cuerpo lúteo (CL). Ellos secretan progesterona la causa de que sus concentraciones aumenten y permanecen en un nivel alto (> 1 ng/ml) durante 16 días. Durante esta fase lútea, el crecimiento folicular gonadotropina dependiente continúa de forma ondulada, pero la progesterona inhibe la ovulación. Al final de la fase lútea, 16-18 días después del estro, la prostaglandina $F2\alpha$ secretada por el útero grávido no induce la regresión del cuerpo lúteo llamada luteólisis y la disminución de la secreción de progesterona. La disminución de las concentraciones plasmáticas de progesterona elimina gradualmente la inhibición de la secreción de las hormonas gonadotrópicas y una nueva fase folicular comienza entonces (Fatetet *al.*, 2011).

2.2.2- Comportamiento estral

Comportamiento estral incluye dos fases: proceptividad y receptividad. La fase de proceptividad consiste en la búsqueda y la estimulación de la pareja masculina. Mientras que la fase de receptividad consiste en la expresión del reflejo de inmovilización en respuesta a empujones masculinos, la inducción de montaje y la cópula (Fatetet *al.*, 2011).

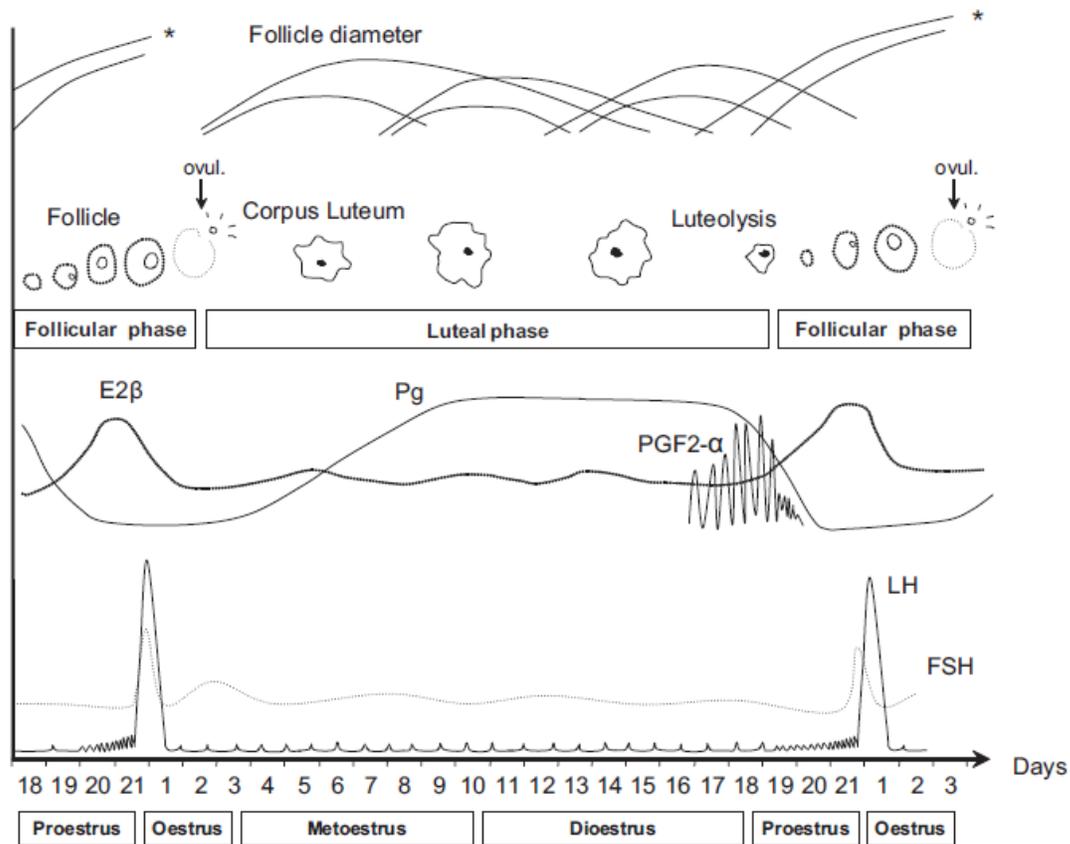
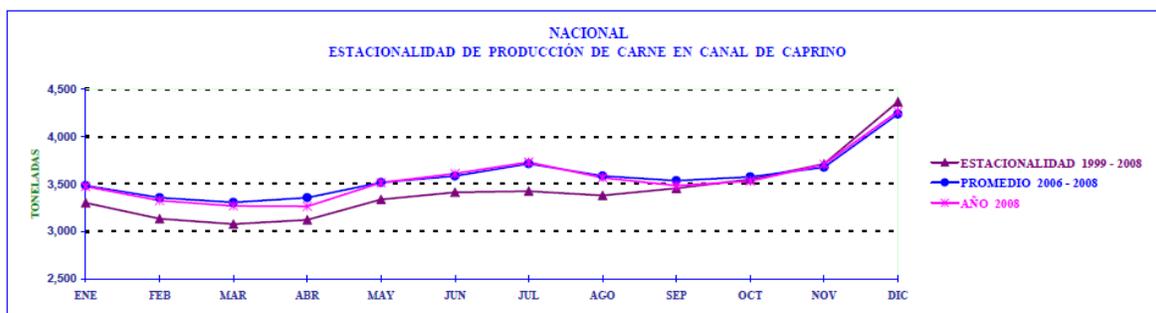
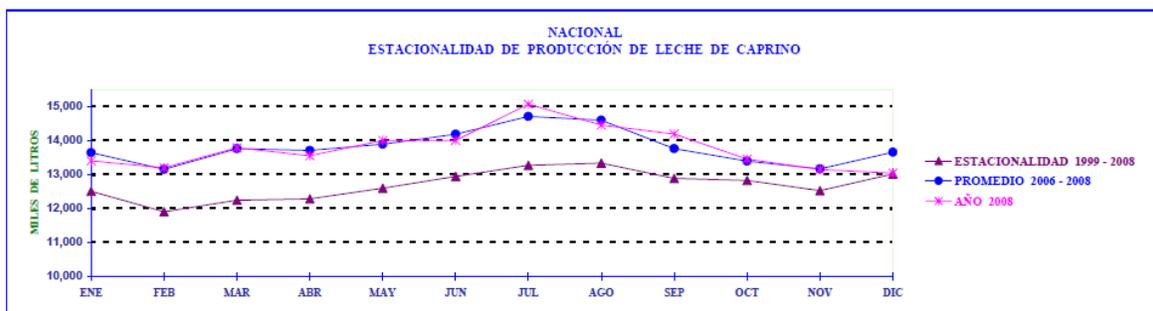


Figura 1: Representación esquemática de los diferentes eventos fisiológicos que ocurren durante el ciclo estral en la cabra: diseño del desarrollo del folículo, ciclo ovárico y regulaciones endocrinas (Fatetet *al.*, 2011).

2.3.- Estacionalidad reproductiva

Algunas especies de rumiantes, como las ovejas y las cabras, presentan ciclos estacionales en su actividad reproductiva. La domesticación de estas especies no fue capaz de modificar el patrón estacional de reproducción mostrado por estos animales de la vida salvaje, cuya finalidad es asegurar que los corderos y los cabritos nacieran en el momento óptimo del año, por lo general en la primavera (Abecia *et al.*, 2012). El patrón estacional en la actividad reproductiva de las cabras y ovejas está en relación con las variaciones anuales del fotoperiodo. El inicio y la duración de su período de cría durante todo el año dependen de diferentes factores ambientales y fisiológicos (Fotoperiodo, latitud, clima, disponibilidad de alimentos, raza y sistema de cría) (Fatet *et al.*, 2011). En el caso de la Comarca Lagunera, el periodo de anestro en las hembras y de reposo sexual en los machos coincide con el periodo de sequía de la región y, en consecuencia, con una dramática disminución de la cantidad y la calidad del forraje disponible para los animales (Delgadillo *et al.*, 2003; Carrillo *et al.*, 2010). La época de reproducción de estas especies es una sucesión de ciclos de celo, que por lo general comienzan en el verano o a principios del otoño, en respuesta a la reducción de la duración del día. El periodo de anestro cubre el final del invierno / principios de primavera o mediados de verano hasta el primer período, mientras que el período de transición se expande desde finales de primavera hasta el inicio del período de ovulación (Abecia *et al.*, 2012). Como ya se mencionó la raza es un factor que influye en la presentación, así como en la duración del periodo de anestro, en el caso de la Comarca Lagunera, en los machos de la raza Alpino Francés, el periodo de baja actividad sexual se extiende de enero a junio, mientras que en los machos cabríos locales, el periodo de anestro se extiende de enero a mayo, mientras que en las hembras

el periodo de anestro se extiende de marzo a julio considerando que el fotoperiodo es el principal factor del medio ambiente que sincroniza la actividad sexual (Carrillo *et al.*, 2010; Delgadillo *et al.*, 2003). El hecho de que su actividad sexual sea estacional afecta a la distribución de su producción durante el año y esto es un problema en los sistemas de producción tanto de carne como de leche que intentan tener una producción constante durante todo el año (Fatetet *et al.*, 2011). El resultado de esta temporada de cría es un patrón estacional de la producción de leche y carne. Esta situación al igual provoca un patrón estacional de los precios de los productos, habiendo una desproporción de los productos caprinos. Si los caprinocultores fueran capaces de producir fuera de temporada, sus productos, podrían beneficiarse de los precios más altos durante el invierno, mediante la inducción de ciclos de celo durante la época de anestro estacional (Abecia *et al.*, 2012).



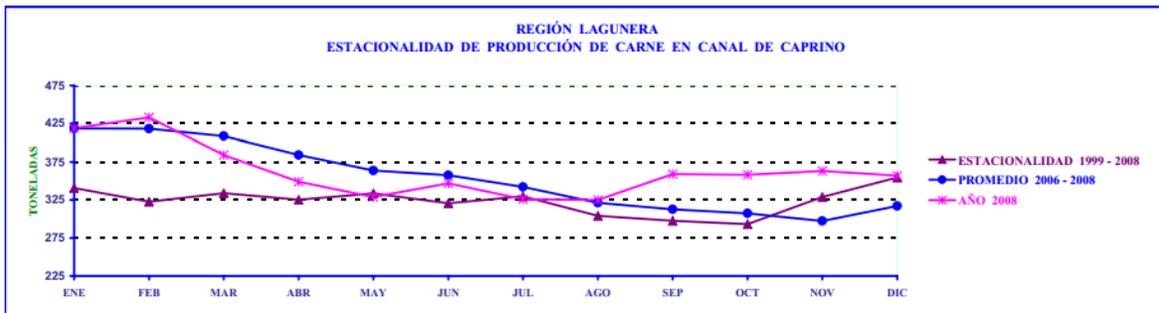
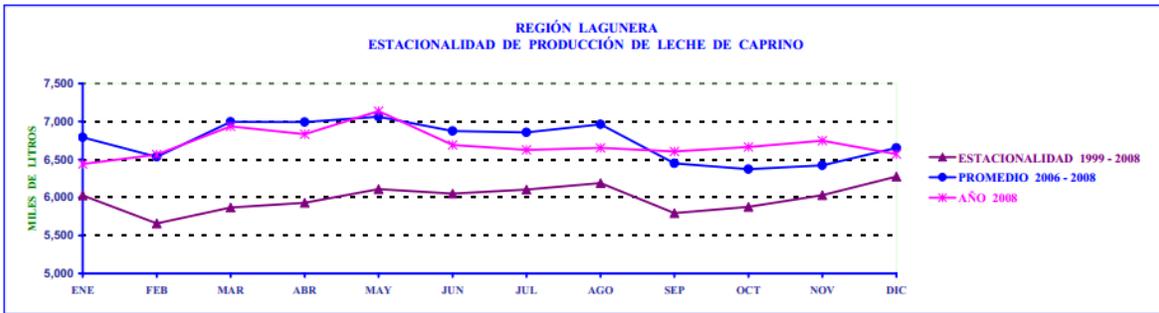


Figura 2:(SIAP-2008). La estacionalidad de la producción caprina (Carne y leche) tanto nacional como de la Región Lagunera.

2.4.- Control de la reproducción de los caprinos

La reproducción de los pequeños rumiantes puede ser controlada por varios métodos desarrollados en las últimas décadas, en las cuales se hicieron considerables esfuerzos para desarrollar métodos de sincronización de celos en los pequeños rumiantes para ser utilizados como una herramienta de gestión a los productores y a los investigadores. El elemento clave de tales métodos es el control de la luteólisis y la vida útil del cuerpo lúteo (Titi *et al.*, 2010). Algunos de estos métodos implican la administración de hormonas exógenas que modifican la cadena fisiológica de los eventos involucrados en el ciclo sexual. Algunos otros no incluyen hormonas, son los métodos naturales, tales como uso de tratamientos fotoperiodicos (Delgadillo *et al.*, 2003) o utilización del efecto macho (Véliz *et al.*, 2006). Así mismo se ha utilizado la administración de hormonas exógenas tales como la progesterona o sus análogos (progestágenos) así como las

prostaglandinas, que van a modificar la fase lútea del ciclo, y la melatonina que actúa a través de cambios en la percepción de fotoperiodo y el patrón anual de la reproducción. El uso de progestágenos para inducir el estro ha permitido el aumento del uso de la inseminación artificial en estas especies desde la década de 1970. A nivel comercial, la sincronización del estro permite el control y el acortamiento de partos, con la consiguiente sincronización de destete de las crías. También permite un uso más eficiente de las instalaciones de mano de obra y de los animales. Programas de transferencia de embriones y la superovulación también son posibles con el uso de la sincronización del celo y la inseminación artificial. Finalmente, los tratamientos hormonales también se han utilizado para inducir la pubertad en corderos y cabritos (Abecia *et al.*, 2012).

El control de la reproducción en los caprinos presenta varias ventajas (Chemineau *et al.*, 1993).

- Permite elegir con anticipación el periodo de los partos y ajustar ese periodo a la producción forrajera o al sistema de crianza.
- Permite también la adaptación al mercado, donde la demanda de productos lácteos o de carne es casi constante todo el año, mientras que la producción es muy estacional.
- También, con la reducción del periodo en que ocurren los partos, se permite reducir la mortalidad perinatal y constituir grupos homogéneos de animales para la alimentación en grupo.

- En razas productoras de carne explotadas de manera intensiva, el control de la reproducción permite disminuir los periodos improductivos antes de la pubertad o durante el anestro post-parto y estacional, y optimizar la prolificidad.
- También, permite acelerar la mejora genética. En un esquema de mejora genética, la introducción, aunque sea en una baja proporción, de la inseminación artificial, que no puede hacerse sin control de estro, induce un aumento considerable del progreso genético por la vía paternal.

2.4.1.- La progesterona y análogos (progestágenos)

La progesterona es una hormona gonadal esteroidal de 21 carbonos, es el progestágeno natural más prevalente, y es secretada por células del cuerpo lúteo, la placenta y la glándula suprarrenal. La secreción de progesterona es estimulada principalmente por la LH (Hormona luteinizante). La progesterona realiza las siguientes funciones: Prepara el endometrio para la implantación y mantenimiento de la preñez, desarrolla el tejido secretor (alveolos) de las glándulas mamarias, inhibe la motilidad uterina (Hafez y Hafez, 2002). La secreción adecuada de la progesterona juega un papel importante en el logro de una preñez exitosa y en la regulación de la ciclicidad del estro en las hembras (Suganuma *et al.*, 2006). Los métodos que utilizan progesterona o progestágenos, se basan en sus efectos sobre la fase lútea del ciclo, la simulación de la acción de la progesterona natural producida en el cuerpo lúteo después de la ovulación, que es responsable de controlar la secreción de LH desde la adenohipófisis. Por lo tanto, el control de la vida del cuerpo lúteo o la manipulación de las concentraciones circulantes de progesterona permite la regulación del estro y la

ovulación (Abecia *et al.*, 2012). El nivel de la producción de progesterona durante la fase folicular del ciclo estral, es muy bajo, durante el celo; posteriormente a las ovulaciones, y como consecuencia a la formación de los cuerpos lúteos, la concentración de progesterona se incrementa paulatinamente durante los primeros días del ciclo hasta el día 10 aproximadamente, donde alcanza su concentración mayor, este nivel se mantiene elevado por 16 días, hasta que la prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}) secretada por el útero grávido no induce la regresión del cuerpo lúteo y la disminución de la secreción de progesterona esto es de 16 a 18 días después del estro (Fatet *et al.*, 2011; Ruiz *et al.*, 2002). Durante la preñez, la progesterona que se produce en los cuerpos lúteos es esencial para mantener la gestación; la aplicación de agentes luteolíticos provoca el aborto. La concentración de progesterona puede variar de acuerdo a la cantidad de cuerpos lúteos o tejido lúteo y probablemente a la raza del animal. Durante el ciclo estral Jarrell y Dziuk (1991) y durante el inicio de la gestación encontraron la concentración de progesterona más alta en las cabras que tenían mayor cantidad de cuerpos lúteos. El nivel de progesterona también se relaciona con el tamaño de los cuerpos lúteos, como lo indica Kelly *et al.* (1983-1984) quienes encontraron mayor concentración de la hormona en las ovejas con mayor cantidad de tejido lúteo. La raza del animal es otro factor que influye en el nivel de progesterona, durante la fase lútea del ciclo estral en la cabra nativa venezolana la concentración mayor de la hormona fue ligeramente superior que en la cabra Alpina X Nubia X Nativa (Ruiz *et al.*, 2002).

En los esfuerzos para extender la vida útil del cuerpo lúteo para la sincronización, diversas formas de progestágenos y los diferentes métodos de administración se han utilizado en la ciclicidad, así como en anestro estacional, para inducir o sincronizar el

estro. La administración de progestágenos es común, especialmente en animales en anestro estacional y se ha utilizado con o sin tratamientos adjuntos, tales como gonadotropinas o análogos de la prostaglandina (Whitley and Jackson 2004).

Los primeros tratamientos para el control de la reproducción de las cabras consistieron en 14 inyecciones subcutáneas diarias de 10 mg de progesterona, en 2 ml de aceite de maíz; este tratamiento redujo la gama dentro de la cual los animales fueron criados dentro de 8 días por Dutt y Casida en 1948 y O'Maryet *al.*, en 1950 en algunas investigaciones posteriores, el suero de yegua preñada y las gonadotropinas coriónicas humanas se administraron, además del tratamiento de progesterona Braden *et al* en 1960. Sin embargo, la tasa de fertilidad fue baja, debido a un efecto persistente de la progesterona en el medio ambiente uterino y tubárico. Por lo tanto, un agente progestacional, cuya actividad cesara abruptamente después del final del tratamiento, proporcionaría mejores resultados. Esta fue la hipótesis de Southcott *et al.*, en 1962, que se utiliza con éxito en ovejas, un análogo de la progesterona, 6-metil-17 - acetoxyprogesterone, para inducir la sincronización del estro. Adicionalmente, se encontró que la vía intravaginal de la administración de progesterona o análogos facilitaría la retirada brusca de las hormonas. Desde principios de la década de 1960, óvulos insertados por vía intravaginal impregnados con progestágenos se han aplicado para sincronizar ciclos de celo ovejas Robinson en 1965 y se han encontrado para ser igualmente eficaces para la sincronización del estro en cabras por Ritareta *al.*, en 1984. Las formas comerciales más utilizadas de progestágenos son acetato de fluorogestona(20g/esponja) y acetato de medroxiprogesterona (60mg/esponja). Ambos parecen ser inhibidores eficaces temporales del ciclo estral (Abecia *et al.*, 2012).

Un problema añadido a la administración de progestágenos (principalmente acetatodefluorogestona) es la salida de los residuos, lo que ha suspendido su uso en los Estados Unidos y ha causado la aplicación de la regulación en los límites máximos de residuos (González *et al.*, 2005). En los Estados Unidos, ningún producto progestágeno aprobado por la FDA (Agencia de alimentos y medicamentos o drogas) está siendo fabricado para su uso en cabras. Sin embargo, en Australia y Nueva Zelanda, esponjas de progestágeno disponibles comercialmente formulados para las cabras, incluidos los que contienen acetato de fluorogestona (FGA ;Cronogest 45) y metilacetoxo progesterona (MAP ; Repromap y Veramix), se puede utilizar. Del mismo modo, un dispositivo interno de liberación de fármaco controlada (CIDR) en forma de un inserto de progesterona intravaginal de silicona también está disponible para su uso en cabras fuera de los Estados Unidos. Anteriormente, norgestomet, comercializado bajo el nombre SynchroMate-B (SMB), era un producto progestágeno disponible para su uso en ovejas en los Estados Unidos, y por lo tanto promesa para la aprobación para su uso en cabras. El uso exitoso de SMB en cabras ha sido revisado previamente y se ha documentado en otros países recientemente. Sin embargo, debido a que el producto SMB ya no se fabrica, otras formas de progestinas se han estudiado más de cerca en los últimos años y algunos han sido comparados a SMB para la eficacia. Cuando se compararon tres protocolos SMB con protocolos similares que implican dispositivos CIDR en cabras cíclicas Saanen, se informó de resultados comparables a dosis estándar con nuevos insertos vaginales, así como con insertos utilizados anteriormente, y ambos eran más eficaces cuando se utilizan con gonadotropina co-tratamiento en la eliminación (vs. el análogo de prostaglandina, closprostenol solo). Norgestomet implantes de oído (Cooper, UK Ltd., Cambridge, Reino Unido) también se compararon

con las esponjas naturales de la progesterona, y de nuevo, se reportaron resultados similares con 92 y 83% criado dentro de 21 días y 64 y 70% para las esponjas y los implantes, respectivamente (Whitley and Jackson 2004).

Estudios realizados en la década de 1960 mostraron que la ovulación en el ganado ovino y caprino se puede sincronizar con esponjas intravaginales impregnadas con progestágenos. Sin embargo, la eficiencia de la sincronización del estro con progestágenos conduce a tasas de concepción más bajas que la monta natural, debido a alteraciones en los patrones de liberación de LH, en la calidad de la ovulación y/o en el transporte de los espermatozoides y la supervivencia en el tracto reproductor femenino (González *et al.*, 2005). Solo un bajo porcentaje de cabras son inducidas al estro llegan a la ovulación cuando son tratadas únicamente con progesterona o progestágenos. Por ejemplo, en las cabras Angora durante el Anestro, solo el 13% (5/13) de las hembras ovulan cuando se utilizan esponjas vaginales conteniendo 45 mg de FGA (Acetato de flurogestona), mientras que el 90% de estas (141/156) ovulan cuando reciben las mismas esponjas, mas PMSG (gonadotropina extraída del suero de yegua preñana). Durante la estación sexual, solo el 72% (167/232) de las cabras cruzadas con Angora, presentaron celo y estas tienen un fertilidad baja (49%) después del retiro de las esponjas vaginales impregnadas con 20 mg FGA. En abril, durante el Anestro, ninguna cabra Alpina (0/5) tratada solamente con esponjas vaginales (45mg FGA) presenta celo, comprado con el 100% (15/15) de las que son tratadas con esponjas y hormonas gonadotropicas (Chemineau *et al.*, 1993). Sin tener en cuenta estos inconvenientes, la sincronización con progestágenos es el método más utilizado en la práctica para la sincronización del estro y su utilización se ha extendido a otras

técnicas de reproducción asistida, como superovulación y transferencia de embriones (González *et al.*, 2005).

2.4.1.1.- Progesterona, progestágenos y su combinación con otros tratamientos

2.4.1.1.1.- Progesterona, GnRH y PGF2 α

Durante la temporada de cría, la sincronización del estro puede llevarse a cabo con la administración de la PGF2 α , el factor luteolítico en rumiantes. La administración exógena de PGF2 α o sus análogos se puede aplicar para inducir una luteólisis controlada, y el uso de dos dosis de 9 a 11 días es eficaz en la sincronización de estro. Sin embargo, se ha informado de la fertilidad de las ovejas en el primer servicio se reduce en comparación con esponjas de progestágenos, lo que apunta a una interrupción de la dinámica folicular ovulatoria y una luteogénesis normal y/o una variabilidad en el momento de la ovulación después de la luteólisis inducida por PGF2 α (González *et al.*, 2005). Por lo que es conveniente una combinación de tratamientos para obtener mejores resultados. El uso potencial de GnRH y PGF2 α ha sido reportado en el ganado. El tratamiento de progestágenos junto con los resultados producidos con GnRH son comparables con los resultados obtenidos de tratamiento de progestágenos y eCG. Otra alternativa incluye la utilización de la GnRH seguido de tratamiento PGF2 α . La sincronización con este procedimiento fue desarrollada y se utiliza para controlar la ovulación y la inseminación en el ganado bovino (Titi *et al.*, 2010). La alteración de la dinámica folicular ovárica con GnRH antes de la inducción de la regresión del cuerpo lúteo con PGF2 α , mejora la precisión de la respuesta del estro. En las ovejas, un dispositivo de progesterona 4 días antes era esencial para la eficacia del protocolo GnRH y PGF2 α en ovejas en anestro (Huseinet *et al.*, 2005).

La mejora de las tasas de preñez fue reportada en el ganado con el protocolo de recepción de GnRH y PGF2 α para la sincronización del estro cuando se aplicó la progesterona durante el tratamiento. La progesterona puede evitar la ovulación durante el período en el que se puede producir espontáneamente luteólisis en animales cuyos folículos dominantes son sensibles a inyección de GnRH (Titi *et al.*, 2010). Varias investigaciones han desarrollado distintos protocolos para la inducción del celo, utilizando, progesterona, GnRH y PGF2 α , como sus principales componentes. En un estudio se administraron dispositivos por vía vaginal, ya sea con 300 mg de progesterona (CIDR-G, Pharmacia and Upjohn Company Limited, MT Wellington, Auckland)(CGPEy CGP) o 0 mg de progesterona(GPE y GP). Los dispositivos se mantienen en su lugar por 5 días. Veinticuatro horas después de la eliminación de inserción, las cabras fueron inyectadas con 100 μ g de GnRH (Cystorelin, Sanofi Animal Health, LibourneCedex, Francia), 6 días después por una inyección de 15 mg de PGF2 α (Lutalyse $\text{\textcircled{R}}$, Pharmacia&Upjohn NV / SA Puurs, Bélgica). Inmediatamente después de la inyección de PGF2 α , cada cabra en los grupos CGPE y GPE se les administro una inyección con 300 UI de eCG (Sanofi Animal Health, LibourneCedex, Francia) y los grupos CGP y GP fueron administrados con solución salina (Husein *et al.*, 2005).

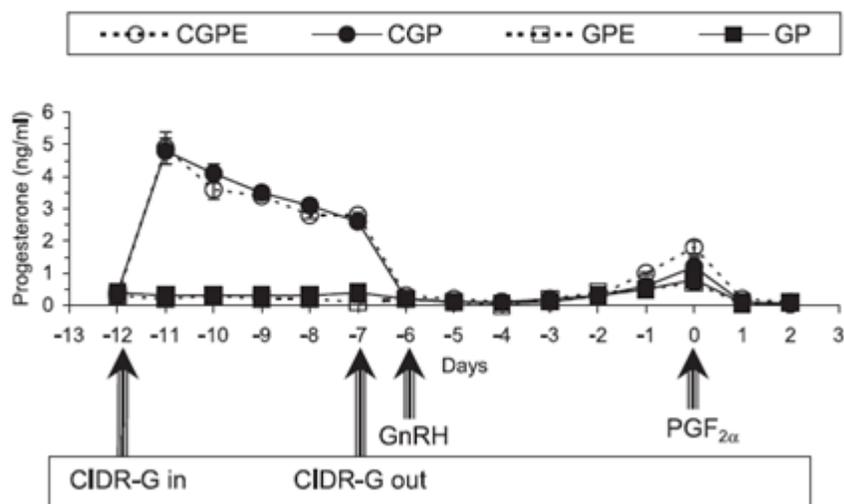


Figura 2: (Husein *et al.*, 2005). Concentración plasmática de progesterona del día -12 al día 1 en cabras en anestro tratadas con GnRH-PGF2a.

Los resultados de este estudio demuestran que un tratamiento de progesterona 5 días antes de un tratamiento con GnRH-PGF2a combinado con eCG en el momento de la inyección de PGF2a era capaz de producir mayores tasas de preñez y parto. Dicho tratamiento también causó un aumento significativo en el número de crías nacidas, en gran medida por el aumento del número de gemelos en el grupo CGPE. Los datos obtenidos de este estudio indican que los protocolos basados en GnRH no inducen ciclos fértiles en el 55,6% (GPE y grupos GP) de las cabras, por lo tanto, el tratamiento previo progesterona era esencial para la eficacia del tratamiento con GnRH-PGF2a en cabras tratadas en la época de anestro. Esta evaluación tubo excelentes tasas de expresión del estro (100%), preñez (100%) y parto (88,9%) en el grupo de CGPE. (Husein *et al.*, 2005).

Tabla 2: (Husein *et al.*, 2005). Respuesta sexual de las cabras en anestro tratadas con GnRH-PGF2 α .

	Tratamiento			
	CGPE	CGP	GPE	GP
Numero de cabras expuestas	9	9	9	9
Numero de cabras que expresaron estro	9/9	7/9	7/9	6/9
Intervalo de detección de estro	31.3 \pm 3.1	36.9 \pm 3.6	32.6 \pm 3.6	44.0 \pm 3.8
Numero de cabras gestantes	9/9	7/9	4/9	4/9
Numero de cabras paridas	8/9	7/9	4/9	4/9
Duración de la gestación	147.7 \pm 0.5	148.4 \pm 0.6	148.3 \pm 0.8	149.5 \pm 0.8
Fecundidad	1.9 \pm 0.3	1.0 \pm 0.3	0.7 \pm 0.3	0.6 \pm 0.3
Prolificidad	2.1 \pm 0.2	1.3 \pm 0.2	1.5 \pm 0.3	1.3 \pm 0.3
Tazas de gestación múltiple	7/8	2/7	2/4	1/4

Otras investigaciones proponen la utilización de progesterona en un protocolo de sincronización con GnRH y PGF2 α , para evitar la ovulación y luteólisis en animales cuyos folículos dominantes son sensibles a inyección de GnRH, también proponen la aplicación de GnRH al momento de la introducción de los dispositivos (Titi *et al.*, 2010).

Whitley y Jackson (2004) nos muestran una comparación de diferentes protocolos de progestágenos en combinación con otros tratamientos para la sincronización en cabras.

Tabla 3: (Whitley and Jackson 2004). Variables de diferentes protocolos de sincronización con progestágenos y en combinación con otros tratamientos y su respuesta.

Variables reproductivas para la sincronización de estro con progestágeno durante la época de reproducción

Variables								
Referencia	Progestágeno	Dosis	Duración, d	Combinación de tratamiento	N	Tiempo al estro, h	Estro %	Fertilidad %
Oliveira et al. (2001)	Norgestomet (SMB)	20mg	9	2,5 mg de valerato de estradiol y 1,5 mg de norgestomet antes de la inserción; 100 IU de eCG y 0,05 mg de cloprostenol a la eliminación	2 0	La mayoría dentro de 24	100	80.0
	CIDR	0.3g	9	100 UI de eCG y 0,05 mg de cloprostenol a la eliminación	2 0	La mayoría dentro de	100	100

						24			
Requeiroet al. (1999)	MAP	60mg	14	500 UI de eCG al retiro	4	34.5 ±	100	41.0	
					0	11.9			
	MAP	60mg	14	2 ml de solución salina a la eliminación	4	42.9 ±	100	64.1	
					0	19.6			
Motlomeoet al. (2003)	MAP	60mg	16	300 UI de PMSG al retiro	3	32.2 ±	93.1	51.7	
					0	0.50			
	FGA	40mg	16	300 UI de PMSG al retiro	3	30.9 ±	97.6	60.0	
					0	0.40			
	CIDR	0.3g	16	300 UI de PMSG al retiro	3	27.2 ±	46.7		
					0	0.40			

(Whitley and Jackson 2004).

2.4.1.1.2.- Progesterona, GnRH y eCG.

La gonadotropina coriónica equina (eCG) ha sido relacionada con la mejora de la ovulación y la concepción de los resultados en los programas de inseminación a tiempo fijo sobre todo en el ganado bovino. La gonadotropina coriónica equina es una glicoproteína secretada por las copas endometriales de yeguas gestantes con una larga vida media relativa de aproximadamente 3 días y que tiene actividad tanto FSH y LH en el ganado bovino. Su administración parenteral estimula el crecimiento folicular y la ovulación en el ganado. La eCG administrada algunas horas previas a la ovulación estimula el crecimiento folicular a través de su acción de FSH y LH, aumenta el tamaño del folículo preovulatorio, incrementa las concentraciones plasmáticas de progesterona luego de la ovulación, mejora así el desarrollo embrionario y el mantenimiento de la preñez (Ferreira *et al.*, 2013).

En una investigación que se realizó para sincronizar cabras se observó que cuando las cabras se tratan con 1000 UI de eCG (SC) en el día 12 del ciclo estral y sin tratamiento previo progestágeno y sincronizados por 50 mg de cloprostenol aplicado 2 días después del inicio de tratamiento con gonadotropina, la incidencia de grandes folículos que no pueden ovular es significativamente elevado. También, muchos de los ovulados de estas cabras exhiben fallo de fase lútea. Posteriormente en otro estudio se investigó la inducción del estro con múltiples inyecciones de eCG en cabras durante el anestro estacional, en dicha investigación cuatro de cinco cabras tratadas con eCG sólo durante 6 días en temporada de anestro profundo exhibieron estro y tres cabras fueron preñadas, eCG se utiliza generalmente como una sola inyección a una dosis entre 250 UI y

500 UI 48 h antes de retirar los implantes. Sin embargo, en esta investigación, 950 UI de eCG fueron divididas en seis partes y se aplica una durante 6 días. Las dosis diarias de eCG fueron de 300 UI, 200 UI, 200 UI, 100 UI, 100 UI y 50 UI, respectivamente, los resultados sugieren que los divididos de múltiples inyecciones de un total de 950 UI eCG son eficaces sin progestágeno pretratamiento en la inducción del estro y la obtención de éxito de preñez y la viabilidad de las crías en las cabras mohair de color durante la temporada de anestro (karaca*et al.*, 2009).

En una investigación se describe el crecimiento folicular preovulatorio y la respuesta del estro después de la sincronización del estro con PGF2 α , FGA, y sus combinaciones, ya sea con eCG o FSH exógena (Modu*et al.*, 2012).

Tabla 4:(Moduet *al.*, 2012).Variables de diferentes protocolos de sincronización con progestágenos y en combinación con eCG y PGF_{2α} y su forma de aplicación.

Grupo	Técnica de sincronización	N	Forma de administración	Duración del tratamiento	Gonadotropina
1	PGF _{2α} + eCG	9	Inyección intramuscular de PGF Doble _{2α} (125 g)	11 días aparte	eCG (300 UI)
2	PGF _{2α} + FGA + eCG	9	Una única inyección de PGF _{2α} en la inserción de esponja	14 días	eCG (300 UI)
3	FGA + PGF _{2α} + eCG	9	FGA esponja insertado y PGF _{2α} en el retiro de las esponjas	14 días	eCG (300 UI)
4	FGA + eCG	9	FGA esponja sólo	14 días	eCG (300 UI)
5	PGF _{2α} + FSH	9	Inyección intramuscular Doble	11 días aparte	FSH (5 mg)
6	PGF _{2α} + FGA + FSH	9	La inyección intramuscular de PGF _{2α} en la inserción de esponja	14 días	FSH (5 mg)
7	FGA + PGF _{2α} + FSH	9	FGA esponja insertado y PGF _{2α} eliminación esponja	14 días	FSH (5 mg)
8	FGA + FSH	9	FGA esponja sólo	14 días	FSH (5 mg)
9	PGF _{2α} (control)	9	Inyección intramuscular Doble	11 días aparte	3 ml de solución salina normal

(Moduet *al.*, 2012).

Tabla 5:(Moduet *al.*, 2012). Respuesta sexual a los diferentes protocolos de sincronización con progestágenos y en combinación con eCG y PGF2 α .

Técnica de sincronización	N	Estro (%)	Inicio del estro (h)	Duración estro (h)	Ovulación (%)	Cortisol en plasma (ng / ml)
PGF_{2α} + eCG	9	100	76.0 ± 3.5 ^a	37.3 ± 6.8 ^a	88.9	13.6 ± 1.8a
PGF_{2α} + FGA + eCG	9	100	49,3 ± 2.4ab	41.3 ± 9.2 ^a	77.8	14.1 ± 2.3a
FGA + PGF_{2α} + eCG	7 ^{un}	100	41.1 ± 2.4c	36,0 ± 11.1ab	85.7	12.3 ± 2.1a
FGA + eCG	9	100	49,3 ± 1.3ab	26,7 ± 5.9ab	88.9	14.6 ± 2.8a
PGF_{2α} + FSH	9	33.3	23.6 ± 5.7c	15.3 ± 4.1c	11.1	13.0 ± 4.4a
PGF_{2α} + FGA + FSH	9	77.8	30.9 ± 7.7c	26,7 ± 9.3ab	44.4	12.6 ± 2.8a
FGA + PGF_{2α} + FSH	9	88.9	35.2 ± 8.3c	33,3 ± 6.9ab	33.3	17.0 ± 5.2a
FGA + FSH	7 ^{un}	42.9	29.7 ± 9.3c	15.3 ± 5.5c	14.3	13.1 ± 1.5 ^a

(Modu et al., 2012).

En conclusión, de los protocolos estudiados, el mejor protocolo de sincronización de celos en las cabras fuera de la estaciona reproductiva, es el protocolo de FGA

+ eCG con o sin la administración de PGF2 α . Sin embargo, la sincronización del estro con PGF2 α + FGA + FSH resultó en crecimiento folicular más alto que el método FGA + eCG, con o sin la administración de PGF2 α , y es la combinación más prometedora para el desarrollo como una mejor alternativa a la sincronización del estro con eCG debido efectos adversos de eCG sobre la fertilidad futura (Moduet *al.*, 2012). Como algunas otras investigaciones sugieren, que el uso repetido de eCG para la sincronización del estro a resultado en reacciones inmunogénicas y la producción de anticuerpos anti-eCG que disminuye la fertilidad de las hembras (Modu et al., 2012). Varias estrategias se han utilizado para el control de la actividad ovárica centrándose en mejorar la fertilidad de los pequeños rumiantes. Combinado progestágeno y gonadotropina coriónica equina (eCG) en el momento de la retirada del progestágeno se han utilizado ampliamente con respuestas estro aceptables. Sin embargo, esta técnica ha sido acompañada con una baja tasa de concepción primera del ciclo y baja fertilidad, especialmente en condiciones semiáridas (Titi *et al.*, 2010). La respuesta de anticuerpos anti-eCG se caracteriza por las hembras tratadas una vez al año (500 UI eCG) durante cuatro años consecutivos. Los resultados mostraron que en las ovejas como en las cabras, algunas hembras desarrollan una fuerte secreción de anti-eCG (fuerte respuesta inmune humoral) después del primer tratamiento (hasta 60 mg/ml), a diferencia de algunas otras que desarrollan una muy baja secreción de anticuerpos anti-eCG (<2 μ g/ml). Esta característica individual se repite para cada tratamiento. Algunas hembras siempre serán las productoras más pobres de anticuerpos anti-eCG, independientemente del número de tratamientos recibidos. Por el contrario, las hembras que producen fuerte secreción anti-eCG tienen una

secreción de anticuerpos sistemática y cada vez más alta durante los tratamientos sucesivos. Esto condujo a la identificación de un fenotipo de "anti-eCG respuesta inmune humoral débil o fuerte" (Maurelet *al.*, 2003).

La interferencia negativa de anticuerpos anti-eCG sobre la fertilidad de las hembras inseminadas después del tratamiento de inducción de la sincronización de la ovulación: una hembra anti-eCG de respuesta inmune humoral fuerte (RIH) tiene un alto número de anticuerpos circulantes anti-eCG residuales, presentes en el tratamiento que se da al año siguiente. Este parámetro se correlaciona muy significativamente con el retraso del celo y del pico preovulatorio de LH. El retraso en el picopreovulatorio de LH provoca un retraso de la ovulación que de ese modo se convierte en demasiado tarde con respecto al momento de la inseminación. Este cambio de la ovulación se explican los pobres resultados de fertilidad obtenidos después de la IA para algunas hembras y al no saber los productores que esas hembras son RIH, estas son eliminadas de los hatos (Maurelet *al.*, 2003).

2.4.2.- Las prostaglandinas y sus análogos

Las prostaglandinas se aislaron primero de líquidos de glándulas sexuales accesorias y se denominaron prostaglandinas por su asociación con la próstata. Casi todos los tejidos corporales las secretan. Todas las prostaglandinas son ácidos grasos hidroxiiinsaturados de 20 carbonos con un anillo ciclopentano. El ácido araquidónico, que es un ácido no graso esencial, es el precursor de las prostaglandinas relacionadas más estrechamente con la reproducción, principalmente PGF_{2α} y prostaglandina E₂ (PGE₂). La mayor parte de los las

prostaglandinas actúan localmente en el lugar de su producción mediante un interacción célula a célula y por lo tanto no entran exactamente en la definición clásica de hormona. Las prostaglandinas se pueden considerar como hormonas que regulan varios fenómenos fisiológicos y farmacológicos, como la contracción de musculo liso en los aparatos gastrointestinal y reproductivo, la erección, la eyaculación, el transporte de los espermatozoides, la ovulación, la formación del cuerpo amarillo, el parto y la eyección de leche (Hafez y Hafez, 2002). Un método alternativo para el control de la reproducción en ovinos y caprinos es la inducción de la luteólisis, eliminando el cuerpo lúteo, y la inducción de una fase folicular posterior a la ovulación. El factor de luteolítico primario en los rumiantes es la prostaglandina F₂α, por lo que la administración exógena de PGF₂α o sus análogos es útil para inducir luteólisis (Abecia *et al.*, 2012). La prostaglandina F₂α y sus análogos sintéticos (PG) han sido ampliamente estudiados desde su descubrimiento en 1970 como un poderoso agente luteolítico (Fierro *et al.*, 2013). Con el descubrimiento de PGF₂α como un agente luteolítico en animales de granja se utilizó como un agente de sincronización, que se ha aplicado para acortar el ciclo y sincronizar las hembras para la cría. Tanto individual y dobles inyecciones de PGF₂α, a intervalos de 10 a 11 días han tenido éxito. Sin embargo la limitación de este régimen de sincronización, es que sólo es eficaz en hembras cíclicas o fuera del Anestro estacional (Riaz *et al.*, 2012). La principal ventaja del tratamiento con prostaglandina es la posibilidad de la administración por inyección intramuscular. Por lo tanto, la gestión y el bienestar animal se mejoran, en comparación con dispositivos intravaginales (Abecia *et al.*, 2012). Y, por otra parte, debido a la demanda de los consumidores de alimentos producidos por métodos

"limpios, verdes y éticos", PG son una buena alternativa, ya que se metabolizan rápidamente y casi totalmente (99%), en el pulmón y por lo tanto no se acumulan en los tejidos (fierro *et al.*, 2013 y Abecia*et al.*, 2012).

Varios análogos sintéticos fueron desarrollados con el objetivo de retrasar la degradación metabólica rápida de los precursores naturales PGF₂α. Por ejemplo, el análogo sintético de la prostaglandina 15-[RS]-metil-13,14-dihidro-PGF₂α (ONO 453), es un potente agente luteolítico en ovejas cíclicas, eficaz en dosis de 2 mg (dosis mínima luteolítica) cuando se administró después del día 3. El aumento de la potencia de este compuesto en el tracto reproductivo se asocia con un aumento de su actividad biológica en otros tejidos (músculo liso del sistema vascular, y el tracto gastrointestinal), los efectos indeseables que limitan su uso en la práctica médica y veterinaria. El análogo sintético más ampliamente utilizado ha sido el 16 aryloxyprostaglandin (ICI 80996; Cloprostenol), que es 100 veces más potente que la PGF₂α, y con propiedades biológicas más selectivas. El efecto luteolítico de ICI 80996 administra por vía intramuscular era idéntica a la producida por una infusión de ovario local a través de la arteria ovárica usando PGF₂α. Su eficacia era en parte debido a la acción más selectiva de este compuesto en el CL y de su tiempo de vida más largo. Una inyección de 100 g de Cloprostenol dio lugar a un alto grado de sincronía en el retorno al estro y el momento del pico de LH. Otros investigadores sugirieron que la dosis apropiada de este análogo fue de 125 mg. Sin embargo, se informó de dosis tan bajas como 50 mg son eficaz para inducir luteólisis en la oveja. Dos isómeros activos (D y L) y una mezcla racémica, DL, de Cloprostenol están disponibles comercialmente, pero sólo el isómero D se une a

los receptores de PG del CL bovino y células del miometrio, lo que permite su actividad luteolítica. Además, debido a D-cloprostenol es 10 veces más potente que la DL-Cloprostenol, una dosis más baja del isómero D es eficaz. Otro análogo utilizado en la reproducción de las ovejas es ONO 1052 (delprostenate). Se informó de que la dosis efectiva más baja en un régimen de una sola inyección fue de 40 g, sin embargo, cuando se aplicó un régimen de doble inyección, la dosis eficaz puede ser disminuida a 35 g. A pesar de los resultados prometedores con este análogo de la prostaglandina, solo algunos artículos han informado de su uso en la reproducción de las ovejas. Dos dosis de Dinoprost, han logrado resultados prometedores con 10mg por dosis en comparación con 5 mg. Otros investigadores utilizaron este análogo para estudiar los efectos en la motilidad uterina y el transporte de los espermatozoides. El intervalo entre las dos dosis en los resultados reproductivos se estudió en otros informes con resultados reproductivos aceptables (fierro *et al.*, 2013).

2.4.2.1.- Capacidad de respuesta del cuerpo lúteo a la administración de PG

Como ya se mencionó el primer inconveniente de la utilización de PGF₂ α es que, sólo es eficaz en hembras cíclicas o fuera del Anestro estacional (Riazet *al.*, 2012 y Abeciaet *al.*, 2012). Y esto es por qué a fin de que la hormona sea eficaz, necesita ser aplicada en la presencia de un cuerpo lúteo activo y la respuesta a exógeno PGF₂ α (Abeciaet *al.*, 2012). Es bien sabido que la administración de PG entre los días 5 y 14 del ciclo estral induce luteólisis (regresión del cuerpo lúteo rápida), seguido por el estro y la ovulación (fierro *et al.*, 2013). Otros autores señalan que el cuerpo lúteo puede ser sensible a PGF₂ α a partir del día 3 del ciclo

estral, por lo tanto, los animales en anestro o en fase lútea temprana o tardía o fase folicular en el momento de la inyección se no responder al tratamiento al igual otra investigación señaló que el 50% de las ovejas tratadas en el Día 3 mostró estro (2/4), y se sugirió que las ovejas que respondieron al tratamiento (Fierro *et al.*, 2013 y Abecia *et al.*, 2012).

Teniendo en cuenta la imposibilidad de conocer la fase del ciclo estral en un grupo de hembras, que por lo tanto es necesario administrar dos inyecciones de PGF2 α , de 9-12 días separados, por lo tanto, casi todos los animales del grupo estarán mediados de fase lútea en la segunda dosis y responderán al tratamiento (Abecia *et al.*, 2012, Riaz *et al.*, 2012, Vazquez *et al.*, 2010 y González *et al.*, 2005).

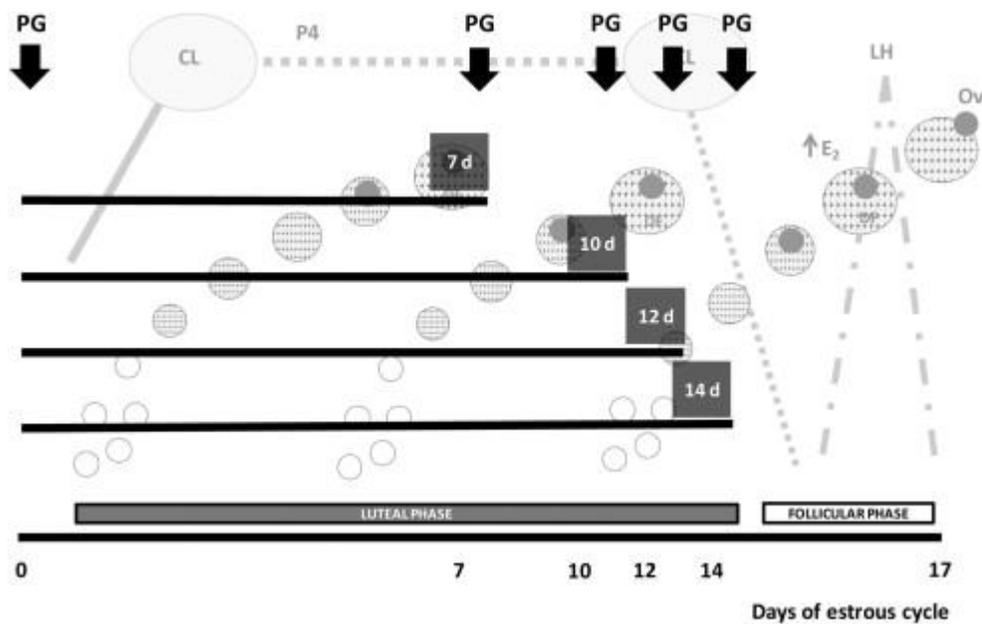


Figura 3: (Fierro *et al.*, 2013) Representación esquemática de los efectos previstos de la segunda administración de prostaglandina (PG) con los intervalos de 7, 10, 12 y 14 días en el folículo dominante de la onda en desarrollo.

La primera limitación de este protocolo es que solo puede utilizarse en hembras cíclicas (Riazet *et al.*, 2012 y Abeciaet *et al.*, 2012). El segundo inconveniente es que el protocolo de 9-12 días es eficaz en la sincronización del ciclo estral, pero la fertilidad de las ovejas en primer apareamiento es sólo alrededor de 70%, significativamente más bajo que después de los tratamientos progestágenos y servicios naturales (Abeciaet *et al.*, 2012). Otro autor obtiene resultados similares en la fertilidad al primer servicio después de los tratamientos PGF2 α se reduce en comparación con las esponjas progestágenos 67% vs 80% (Vazquezet *et al.*, 2010).

Las posibles causas de la disminución de la tasa de concepción no están claras. Estudios en ovejas, han descrito la misma reducción de la fertilidad, ya sea por alteraciones de la dinámica folicular ovulatorios y/o en el momento de la ovulación (Fernández *et al.*, 2008). El problema parece ser causado por el hecho de que el intervalo de 9-12 días asegura la presencia de un cuerpo lúteo en la segunda inyección en la mayoría de los animales, pero la presencia de un cuerpo lúteo activo altera la funcionalidad y la maduración final del folículo preovulatorio (altas concentraciones de progesterona no permiten una luteogenesis normal durante la mitad de la fase lútea del ciclo estral, por la disminución secreción de LH, que es crucial para el crecimiento final y maduración de los folículos preovulatorios) y/o provoca una variabilidad en el momento de la ovulación después de la luteólisis inducida por PGF2 α (Abeciaet *et al.*, 2012 y González *et al.*, 2005). Por lo tanto la ovulación inducida de pequeños folículos en el momento de la IA a tiempo fijo genera una disminución en el éxito de la preñez (Perry *et al.*, 2012).

La fertilidad de ovejas inducidas a ovular por el tratamiento de PGF2 α puede estar influenciada por factores que afectan el desarrollo folicular, ovocito y el desarrollo embrionario, y por los que afectan a la función uterina. La alteración de estos procesos podría estar relacionada con algunos cambios observados en el ciclo estral después del tratamiento con PGF2 α que incluyen retraso en la formación CL (evaluado por las concentraciones de progesterona en plasma), desarrollo retardado de día 13 blastocistos, y aumento de la duración del ciclo estral. La disminución en la secreción de progesterona por el CL durante la fase lútea del ciclo estral posterior al tratamiento PGF2 α podría estar relacionada con características de desarrollo de los folículos que ovulan después del tratamiento. Por ejemplo, los folículos que fueron inducidas a ovular demasiado pronto en la fase folicular, o los que tienen baja capacidad androgénica, resultan en CL subfuncionales (Cárdenas *et al.*, 2004). La disminución en las concentraciones plasmáticas de P4 es más pronunciada después de la luteólisis inducida por PG en comparación con luteólisis natural. La regresión luteal completa se logra de 6 a 24 horas frente a 72 horas (luteólisis inducida vs natural, respectivamente) (Fierro *et al.*, 2013). El cambio de la disminución precipitada en las concentraciones de progesterona que se producen durante la regresión CL inducida por la administración de PGF2 α a una disminución más gradual, similar a la regresión natural, cambia la duración del ciclo estral posterior de extendida a la duración normal (Cárdenas *et al.*, 2004). Los folículos inducidos a ovular después de un tratamiento PG tienen un menor número de células de la granulosa, lo que resulta en una menor producción de P4 entre los días 3-6 después del estro. Para resumir, la respuesta a PG es dependiente de la fase del ciclo estral en la administración,

debido a los cambios dinámicos en el crecimiento del folículo se producen durante la fase lútea, debido a los cambios dinámicos en P4, la FSH y la LH . Sin embargo, las alteraciones de la función androgénica de los folículos pre-ovulatorios, ovulación, y prolificidad después de la administración PG son controvertidos (Fierro *et al.*, 2013).

Una función folicular comprometida y una mala sincronización de crecimiento del folículo durante las etapas de mediados de la fase lútea, puede ser remediado por el tratamiento, ya sea durante la fase luteal temprana o tardía del ciclo. El tratamiento en la fase luteal temprana parece ser la mejor opción, debido a la presencia de folículos en crecimiento a partir de la primera ola de desarrollo de esta manera, lo que indica un mayor número de hembras que muestran signos de estro, un aspecto anterior de tal comportamiento y un mayor número de hembras que ovulan después de ser tratado en la fase lútea temprana. El tratamiento puede ser aplicado tan pronto como desde el 3º día del ciclo estral, cuando el cuerpo lúteo de los pequeños rumiantes es sensible a la PGF2 α . Sin embargo, desde un punto de vista práctico, es mejor administrar la segunda dosis de prostaglandina en el quinto día del ciclo estral hipotéticamente (es decir: 7 días después de la primera dosis). La eficiencia luteolítica, el porcentaje y el momento de aparición del celo, la liberación preovulatoria de LH y la ovulación y la funcionalidad posterior del cuerpo lúteo son similares después de la administración, ya sea en tercero o quinto día del ciclo, el tratamiento en el quinto día se evitaría la posibilidad de que los animales del primero o segundo día del ciclo, que no responden a PGF2 α (Abecia *et al.*, 2012).

2.4.2.2.- Ovsynch

Un régimen de tratamiento de control de la generación de las ondas foliculares, así como de la duración de la vida del cuerpo lúteo en vacas. Se incluye una secuencia de tratamiento GnRH-PGF2 α -GnRH- y se conoce como "Ovsynch" (Holtz *et al.*, 2008). El protocolo Ovsynch, que se desarrolló originalmente para las vacas, se ha investigado y propuesto como una alternativa a los tratamientos clásicos de sincronización progestágenos en cabras (Riaz *et al.*, 2012). La primera sincronización tratamiento ovulación OvSynch para el ganado fue desarrollado por Pursley *et al.* (1995) y consistió en una inyección inicial por vía intramuscular de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH; 100 g), seguido de siete días más tarde por una inyección intramuscular de 35 mg de prostaglandina F2a (PGF 2 α). 48h después de la inyección de PGF2 α , 100 mg de GnRH, se le dio a una inseminación artificial programada o inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), que se produjo 24 horas después. La ventaja clave en el uso de un protocolo de sincronización de la ovulación para coordinar el desarrollo folicular, la regresión del cuerpo lúteo y la ovulación en todas las hembras tratadas de forma concomitante es que permite que se produzca IATF sin la necesidad de la detección del estro (Bowdridge *et al.*, 2013). Cuando las hembras cíclicas con un folículo dominante presente en el momento de la primera inyección de GnRH se desencadena la ovulación y la formación de un cuerpo lúteo accesorio. Al mismo tiempo, se reprograma desarrollo folicular mediante el inicio de la aparición de una nueva onda folicular. Para obtener el control total de la función ovárica, el tratamiento Ovsynch incluye una inyección de prostaglandina 7 días después del primer tratamiento con GnRH en la regresión lútea (naturales y cuerpo lúteo

accesorio) en todas las hembras. La ovulación se mide el tiempo de la segunda administración de GnRH (Holtzet *al.*, 2008).

Una investigación, comparo el protocolo Ovsynch contra las esponjas vaginales, su protocolo de sincronización fue: Los animales del grupo "Ovsynch" recibieron, el día 0, una inyección IM de 0.004 mg del análogo de GnRH buserelina (1 ml Receptal ®, Intervet) seguido, 7 días más tarde, por una inyección IM de 3,75 mg de la PGF2 α analógica luprostiol (0,5 ml Prosolvin® ,Intervet) y, en el día 9, una segunda inyección de 0.004 mg de buserelina. Los animales del grupo de "esponjas" fueron tratados con esponjas de poliuretano intravaginales impregnadas con 45 mg de acetato de fluorogestona (Chrono-Gest ®, Intervet) que se inserta en la vagina durante 12 días. Dos días antes de la retirada de las esponjas, las hembras recibieron inyecciones IM de 3,75 mg de PGF2 α analógico luprostiol y 250 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG, Chrono-Gest ® PMSG, Intervet). Las principales conclusiones de este estudio son que la sincronización del comienzo de la fase folicular y la ovulación fue generada con éxito por el tratamiento Ovsynch, la fertilidad y prolificidad siguiendo el esquema de sincronización Ovsynch compara favorablemente con el tratamiento esponja "clásica". Un sistema de sincronización Ovsynch puede ser una alternativa útil comparado con a la "esponja progestágeno + eCG" sincronización clásica, siempre que los animales estén cíclicos. También se evita el desarrollo de anticuerpos eCG (Holtzet *al.*, 2008).

Tabla 6:(Holtzet *al.*, 2008) Resultados de sincronización de estro por "Ovsynch" o tratamiento "esponja", seguido de una única inseminación a tiempo fijo con semen congelado-descongelado.

Variable	Ovsynch	Esponja
Animales	24	24
Tiene respuesta		
Número	24	24
Por ciento	100	100
Tiene con regresión prematura del CL		
Número	7	4
Por ciento	29	17
Preñada 30 días después de la inseminación		
Número	14	12
Por ciento	58	50
Tiene una cría		
Número	14	11
Por ciento	58	46
(Holtzet <i>al.</i>, 2008).		

2.4.2.3.- NCSynch

Más recientemente, los protocolos de prostaglandina basados en inyección única se han utilizado en combinación con GnRH o eCG para ITA en cabras utilizando semen congelado. Desafortunadamente, estos tratamientos resultaron en una alta

proporción de animales de ciclo corto, y aparecieron a reducir las tasas de partos en comparación con los controles. En el ganado, la mejora de las tasas de preñez después de OvSynch-TAI se ha logrado mediante la adición de tratamientos presincronización adicionales (Holtz *et al.*, 2008 y Perry *et al.*, 2012). Un protocolo de pre-sincronización fue desarrollado y está basado en la utilización de PGF2 α -GnRH- PGF2 α -GrRH-IATF y lo llamaron NCSynch-IATF. En dicho protocolo se administró IM la PFG2 α (15 mg, Lutalyse) en el día 1 como un tratamiento pre-sincronización. El día 8, se les administro el GnRH (50 mg im, Cystorelin). Siete días más tarde, el día 15, una segunda inyección de PGF se administra para inducir luteólisis. Las hembras fueron inseminadas artificialmente 72 h después de la segunda inyección de PGF momento en el que se administró una segunda inyección de GnRH (50 mg im) para inducir el pico de LH y la ovulación (Bowdridge *et al.*, 2013).

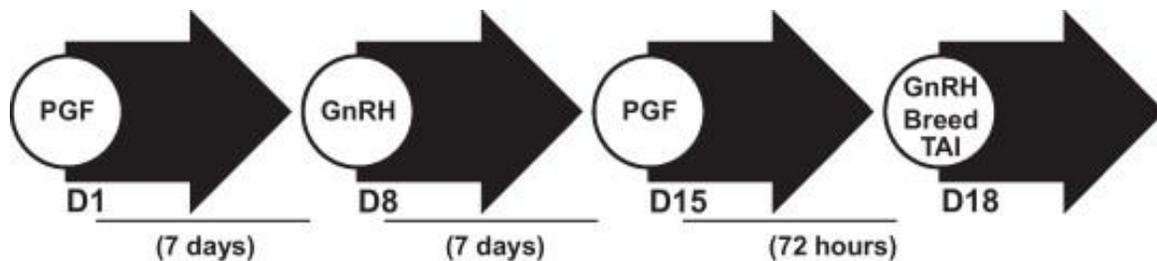


Figura 4: (Bowdridge *et al.*, 2013) Protocolo de tratamiento NCSynch-TAI. Inyección de PGF se inició el día 1, seguido de una inyección de GnRH 7 días (día 8). Una segunda inyección de PGF se administra durante 7 días más tarde (día 15).

15). IAT ocurrió 72 h después (día 18). Una segunda inyección de GnRH se administró en el momento de la IATF.

Tabla 7:(Bowdridge *et al.*, 2013) Respuesta reproductiva del protocolo NCSynch comparado con el grupo control.

	Control				NCSynch			
	Año			Años 1-3 combinado	Año			Años 1-3 combinado
	1	2	3		1	2	3	
Número de hembras	15	26	25	66	15	26	25	66
Proporción en estro (%)	13/15 (87)	24/26 (92)	21/25 (84)	58/66 (88)	10/15 (67)	24/26 (92)	14/25 (56)	48/66 (73)
Montas (%)	13/15 (87)	24/26 (92)	21/25 (84)	58/66 (88)	15/15 (100)	26/26 (100)	25/25 (100)	66/66 (100)
La tasa de preñez (%)	8/13 (62)	19/24 (79)	8/21 (38)	35/58 (60)	11/15 (73)	20/26 (77)	14/25 (56)	45/66 (68)
La tasa global de preñez (%)	8/15 (53)	19/26 (73)	8/25 (32)	35/66 (53)	11/15 (73)	20/26 (77)	14/25 (56)	45/66 (68)
Tasa nacimientos (%)	7/15 (47)	19/26 (73)	8/25 (32)	34/66 (51)	11/15 (73)	20/26 (77)	14/25 (56)	45/66 (68)
(Bowdridge <i>et al.</i>, 2013).								

NCSynch-IATF es un nuevo protocolo de sincronización a base de progestágeno que tiene éxito en la sincronización de la ovulación para la inseminación artificial programada de las cabras durante la época de reproducción. Este protocolo también elimina la necesidad de comprobar calor antes de la IA y permite la cría que se produzca en un horario que se puede establecer por el productor mientras que todavía mantiene las tasas de preñez que son comparables con el método de estro tradicional (Bowdridge *et al.*, 2013).

2.4.3.- Fotoperiodo y Bioestimulación

Los tratamientos fotoperiodicos han sido experimentados para tratar de inducir la actividad sexual durante el periodo de Anestro o de reposo sexual de razas estacionales originarias de las latitudes medianas y altas. Estos tratamientos son derivados directamente de los resultados experimentales que permitieron comprender el modo de acción del fotoperiodo sobre la reproducción. Los objetivos de estos tratamientos son principalmente tres: Avanzar la estación sexual anual en la hembra, inducir y mantener en contra estación un actividad cíclica en la hembra o abolir totalmente las variaciones estacionales en el macho. Cualquiera que sea el objetivo, los tratamientos están basados en la alternancia de días largos (crecientes) y de días cortos (decrecientes) puesto que no existe ningún fotoperiodo constante que permita mantener una actividad sexual permanente. Según las circunstancias, los días largos pueden ser reales (luz artificial o natural), por ejemplo, 16 horas de luz día, adicionados con 1 o 2 horas de luz artificial proporcionando entre 15 y 18 horas después del atardecer que es fijado artificialmente, en cuanto a los días cortos, estos pueden ser artificiales (edificios

oscuros) o imitados con la administración de melatonina. Esta hormona puede ser distribuida de diferentes maneras: ingestión o inyección en un momento preciso del día para aumentar la duración de los niveles elevados en la sangre o liberación permanente por implantes subcutáneos, dispositivos intraruminales o intravaginales (Chemineau *et al.*, 1993). Un elemento que rige los ciclos reproductivos y su expresión lo representa la presencia de compañeros con actividad sexual manifiesta; la presentación de actividad reproductiva, al inicio de la estación natural de apareamiento, se acelera si existen machos activos o hembras en estro en el rebaño. Al papel estimulante de la presencia del macho sobre la actividad sexual de las hembras en anestro se le conoce como efecto macho mientras que cuando dicha estimulación obedece a la presencia de hembras activas sexualmente, al fenómeno se le conoce como efecto hembra. Para referirse a uno o ambos fenómenos se ha utilizado el término de bioestimulación sexual (Alvares, 2001). Los primeros estudios referentes al efecto macho en ovinos fueron reportados por Girard (1813) posteriormente se realizaron otros estudios en el oeste de Australia en ovinos de la raza Merino, en los cuales se observó que cuando los carneros eran separados de las ovejas en Anestro y luego reintroducidos, estos inducían la actividad reproductiva de las ovejas y en consecuencia adelantaban el periodo natural de reproducción (Underwood *et al.*, 1944). En los caprinos los primeros estudios sobre el efecto macho fueron realizados por Shelton (1960). Después de estos reportes y hasta hoy en día, el efecto macho se utiliza ampliamente en ovinos como en caprinos para manipular su actividad reproductiva (Carrillo, 2006). En ovejas y cabras que se encuentran en Anestro estacional, la introducción repentina del macho provoca el reinicio de la

actividad reproductiva cíclica. Del total de las hembras expuestas al semental, un porcentaje alto ovula dentro de los primeros tres a cinco días (Alvares, 2001). En ambas especies la introducción del macho resulta en un rápido aumento en la frecuencia y la amplitud de pulsos de liberación de la hormona luteinizante (LH), seguido por un incremento en la secreción pulsátil de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH). Este incremento de la GnRH estimula la secreción de las gonadotropinas a nivel de la adenohipofisis (LH y FSH), las cuales estimulan el crecimiento y desarrollo folicular, incrementando a su vez los niveles plasmáticos de estradiol. Estos niveles altos de estradiol inducen la actividad estral de la hembra y a su vez ejercen una retroalimentación positiva sobre la liberación de la LH provocando la aparición de un pico preovulatorio aproximadamente 15 h después del inicio del estro (Carrillo, 2006 y Alvares, 2001). El efecto macho constituye un estímulo social que actúa para iniciar la actividad reproductiva tanto en ovejas como en cabras (Alvares, 2001).

2.4.3.1.- Factores que influyen en la respuesta al efecto macho

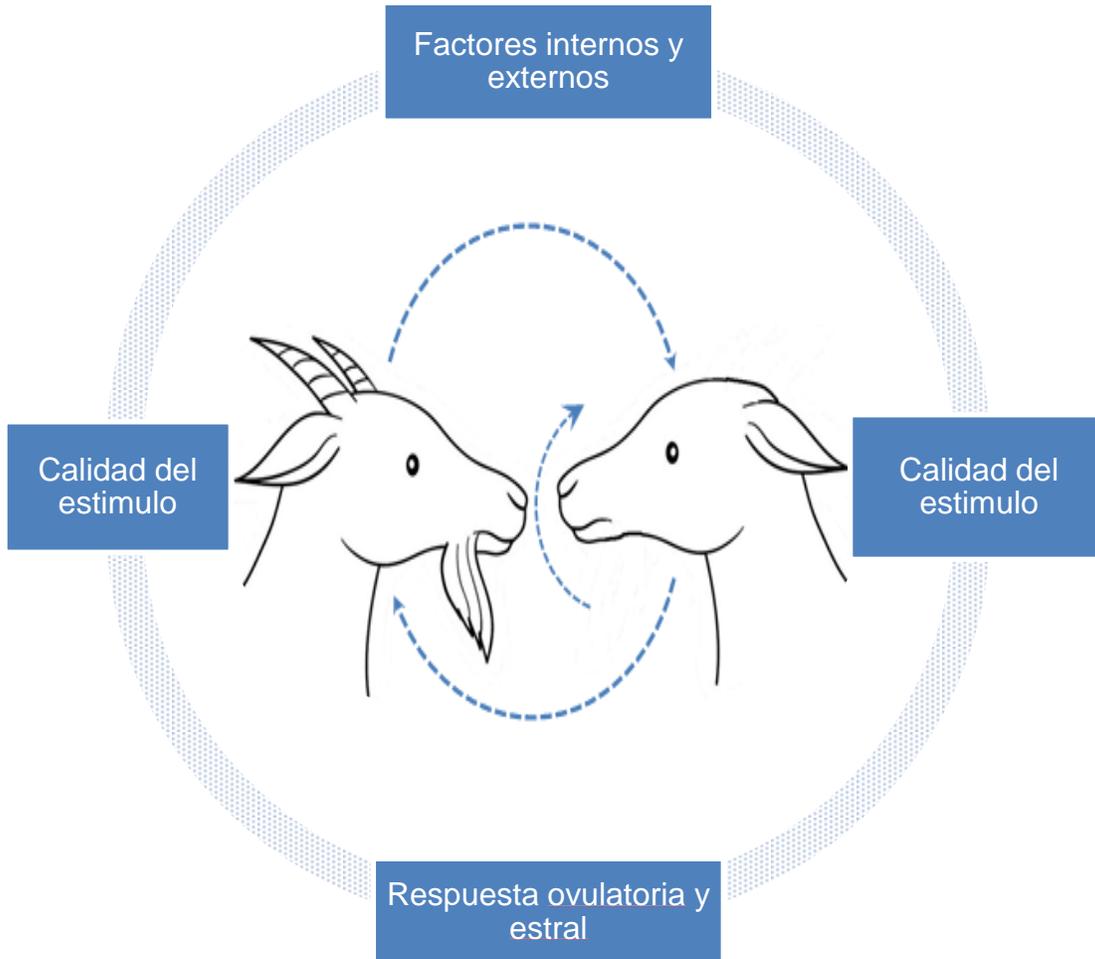


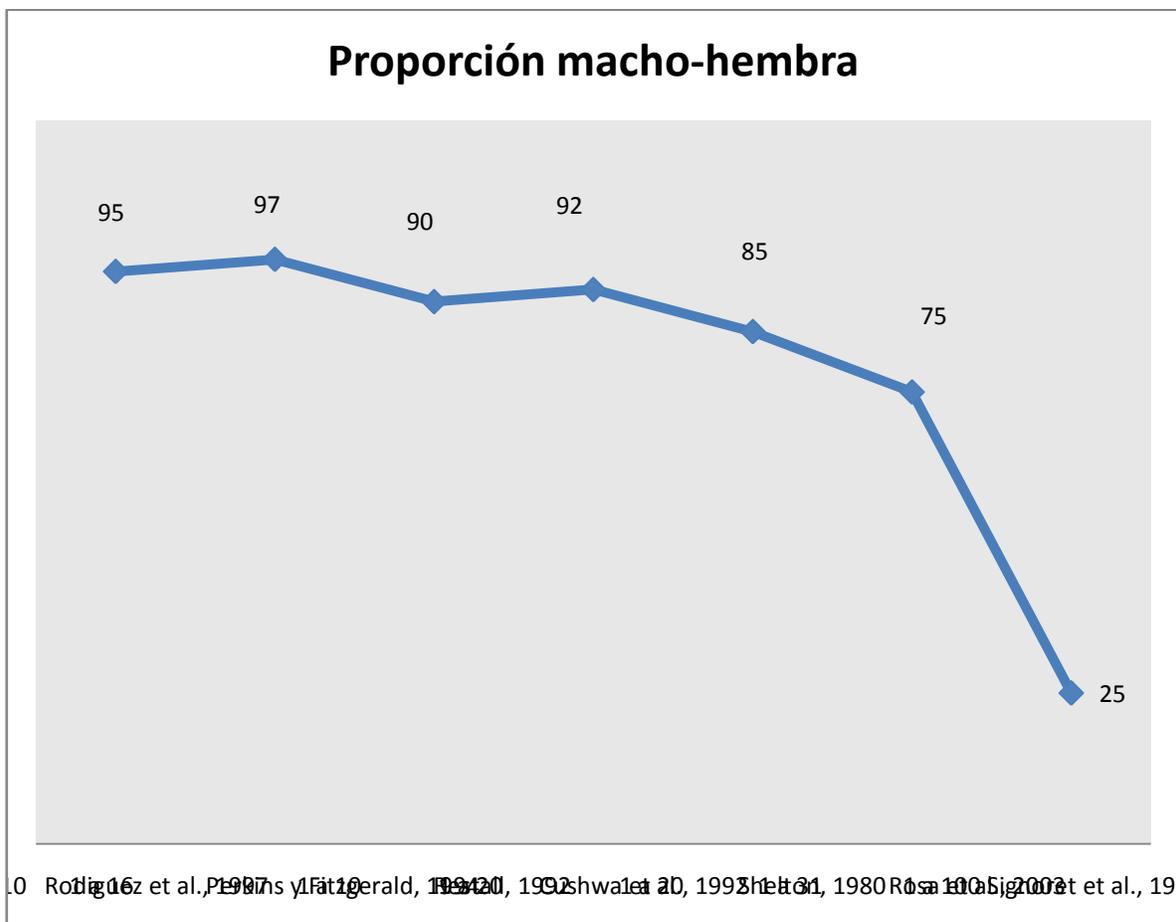
Figura 5: representación esquemática de las interacciones sociales que se presentan entre hembras y machos de las especies ovina y caprina. El efecto macho puede ser reforzado mediante el efecto hembra directamente o indirectamente. La respuesta sexual de las hembras onovulatorias a la introducción de un macho puede ser afectada por varios factores:

- **Internos y externos:** madurez sexual, lactación, fotoperiodo, nutrición.
- **Calidad del estímulo:** intensidad, duración, complejidad, y novedad.

- **Respuesta ovulatoria y estral:** porcentaje que responden, sincronización, e intervalo (Adaptado de Walkden-Brown *et al.*, 1999).

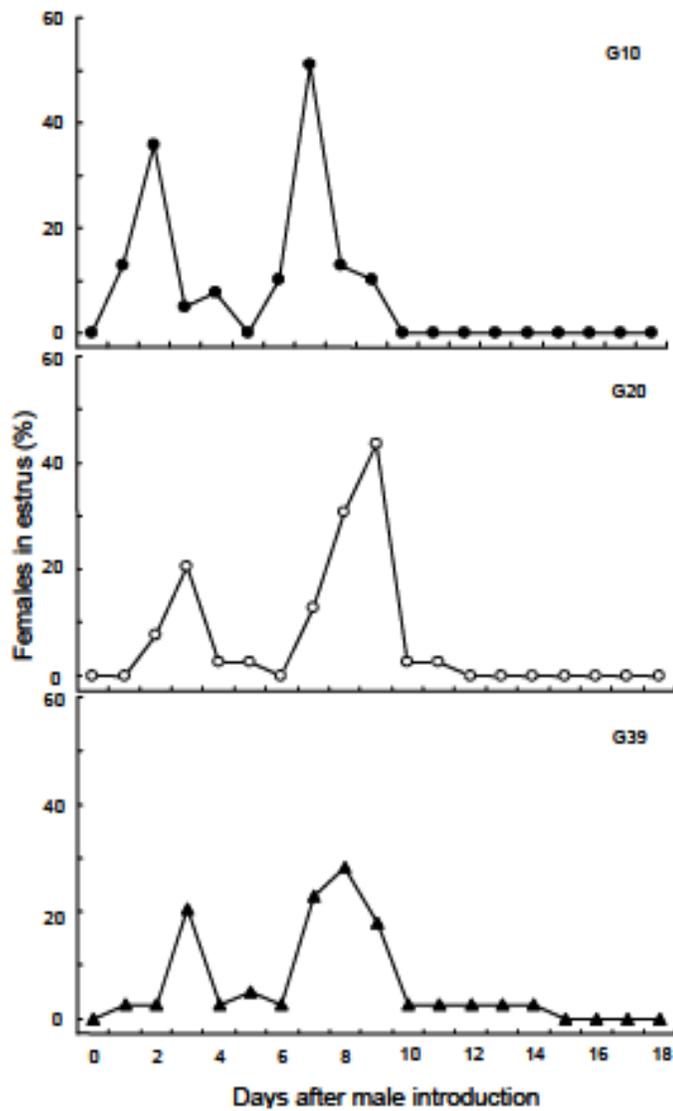
2.4.3.1.1.- Proporción macho-hembras.

La cantidad de hembras expuestas a un macho puede modificar la respuesta ovárica y estral de las hembras sometidas al efecto macho.



Grafica 1:efecto macho realizado en diferentes proporciones macho-hembra, encontrando la mejor respuesta cuando se utiliza una proporción de 1:10 a 1:20.(Adaptado de Carrillo 2006).

Este estudio muestra la influencia de la proporción, en dicho estudio se determinó que el porcentaje de hembras que manifestaron actividad estral durante los 18 días de estudio no fue diferente ($P > 0.05$) entre los tres grupos (G10: 92 %, G20: 95 %, y G39: 90 %;). Sin embargo, durante los primeros cinco días después de la introducción de los machos fue mayor en el G10 (61.5 %) que en el G20 (33.3 %) y G39 (33.3 %; $P < 0.01$). En cambio, del día 6 al día 18 no hubo diferencias significativas en la respuesta estral entre los tres grupos (G10: 85 %, G20: 92 %, y G39: 85 %). Estos resultados indican que el decremento en la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad de los machos cabríos sexualmente activos para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias. Sin embargo, se retarda la respuesta al efecto macho. (Carrillo *et al.*, 2007).



G10=ratio 4:39; G20=ratio 2:39; G39=ratio 1:39.

Figura 6: Actividad estral de las cabras después de la introducción de machos previamente inducidos a una intensa actividad estral. (Carrillo *et al.*, 2007).

2.4.3.1.2.- Periodo en que se realiza el efecto macho

La época del año en que se realiza el efecto macho es un factor importante que determina la eficiencia del efecto macho que es la respuesta estral y ovárica de las hembras (Alvares, 2001; Delgadillo *et al.*, 2012). En las razas de ovinos y caprinos que muestran estacionalidad reproductiva muy marcada, el efecto macho se realiza principalmente un mes antes del inicio de la época natural de reproducción o un mes después del final de esta época debido a que la respuesta sexual es más elevada (Carrillo, 2006). Por el contrario, cuando el efecto macho se realiza en la época de anestro profundo o mediados del anestro estacional, la respuesta sexual de las hembras anovulatorias es baja o es ausente (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2003) de igual manera la primera ovulación se retrasa al comparado con el efecto macho que se realiza en la época de anestro superficial (Alvares, 2001). Esta ausencia de respuesta puede estar asociada con la alta sensibilidad del eje Hipotalámico hipofisario, a la retroalimentación negativa del estradiol el cual es responsable de la baja secreción pulsátil de LH, provocando que su secreción sea insuficiente para la ciclicidad ovárica (¿?ii) sin embargo, otra posibilidad, que pudiera explicar la falta de respuesta es que el estímulo otorgado por los machos los cuales se encuentran en reposo sexual no sea suficiente para inducir la actividad sexual de las hembras (Delgadillo *et al.*, 2012).

2.4.3.1.3.- Intensidad de la conducta sexual de los machos

La intensidad en el comportamiento sexual de los machos así como la intensidad del estímulo dado de los machos a las hembras, es un factor importante que

modifica la respuesta estral y ovárica de las hembras al ser sometidas al efecto macho (Flores *et al.*, 2000; Alvares, 2001). Lo anterior indica que el comportamiento sexual (aproximaciones, olfateos ano-genitales, intentos de monta, montas, etc.) desplegado por los machos es un factor importante para inducir la actividad sexual de las hembras (Carrillo, 2006) y entre más estrecha sea esta comunicación entre machos y hembras se obtiene una mayor intensidad en el estímulo de las hembras (Alvares, 2001).

2.4.3.1.4.- Aislamiento previo de los sexos

Las hembras en contacto continuo con el macho exhiben un patrón reproductivo estacional similar al observado en los animales completamente aislados de los machos y su pubertad no se acelera (Alvares, 2001). Algunos autores sugieren que la estimulación de hembras anéstricas mediante el efecto macho requiere de un periodo de aislamiento previo de los sexos, lo que sugiere que el macho debe representar un estímulo “novedoso” (Alvares, 2001). El requisito de aislamiento previo es indispensable, en él se debe considerar tanto su duración como su calidad. La calidad del aislamiento se refiere al hecho de que la hembra no será capaz de percibir al semental por ninguno de sus sentidos, eliminando las posibilidades de comunicación química (olfativa), visual, auditiva y táctil. En cabras se ha sugerido que el aislamiento de los sexos deberá ser de por lo menos tres semanas (Alvares, 2001; Delgadillo *et al.*, 2003).

Contrario a esto en 2006 una investigación determinó que la separación de los dos sexos no es necesaria para estimular la actividad reproductiva de las hembras al someterlas al efecto macho (Veliz *et al.*, 2004).

Objetivo

Evaluar el efecto de la utilización de eCG (Gonadotropina coriónica equina) o estradiol (E_2) previa la aplicación de progesterona (P4) o esponjas intravaginales para la inducción de la actividad sexual de las cabras criollas en anestro.

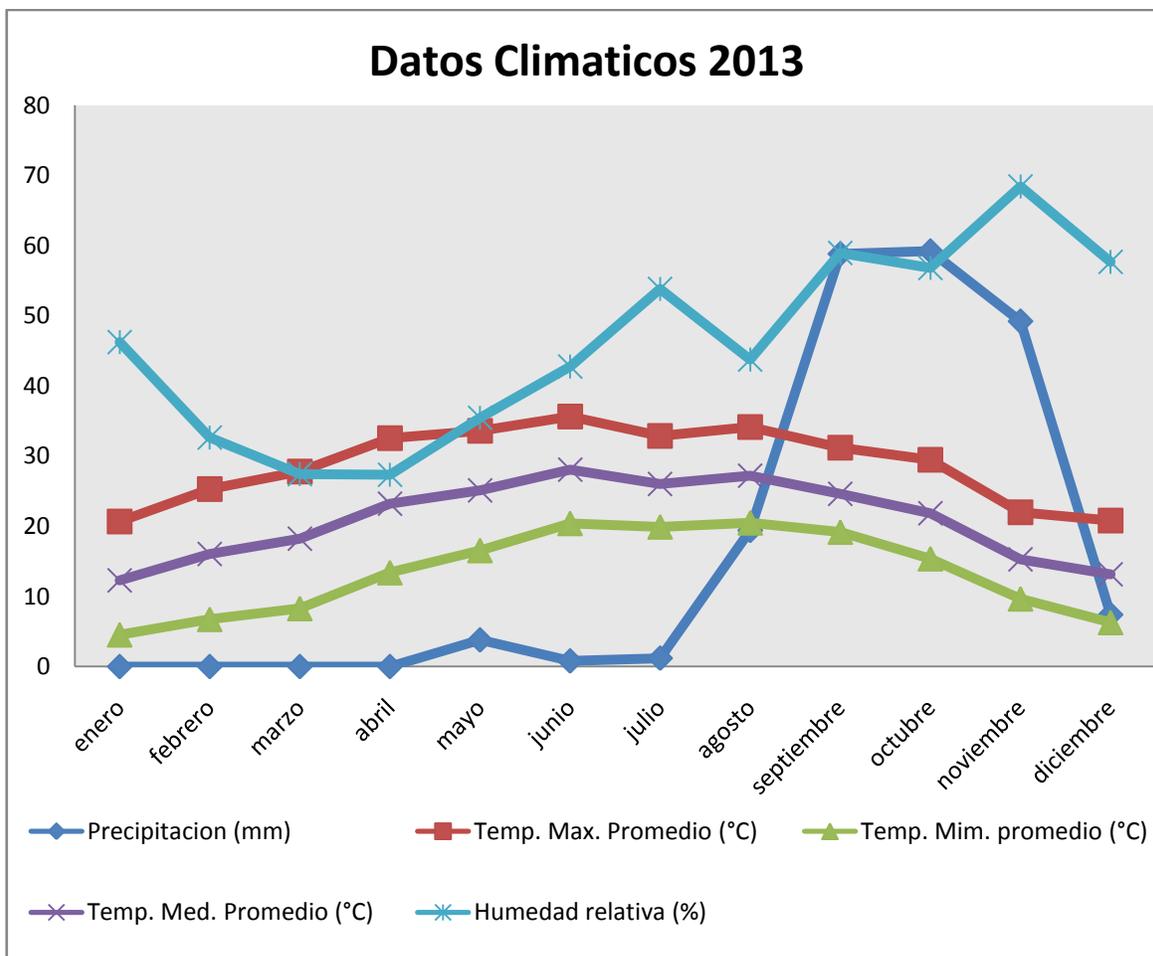
Hipótesis

La aplicación de eCG o estradiol posterior a la aplicación de progesterona o esponjas intravaginales inducen la actividad sexual de las cabras criollas en anestro.

III.- Materiales y métodos

3.1.- Localización y animales en estudio

El presente estudio se realizó en la Comarca Lagunera (Latitud 26°23'N y Longitud 104° 47'O), específicamente en un hato de caprinos ubicado en el municipio de la Partida Coahuila, para lo cual se utilizaron 32 cabras multíparas anovulatorias de la raza Criolla, las cuales fueron divididas aleatoriamente en cuatro grupos (n=8) homogéneos en cuanto a su condición y peso corporal, así mismo se utilizaron 4 machos cabrios adultos Criollos. Los animales en estudio pertenecen a un hato comercial manejado en condiciones extensivas. Las cabras son mantenidas en agostadero (matorral parvifolio inerme) y ocasionalmente en terrenos con esquilmos agrícolas.



Grafica 2: La temperatura máxima promedio del 2013 en la región lagunera fue de 36.63 °C registrada en el mes de junio, la temperatura mínima promedio fue de 4.54°C registrada en el mes de enero, la humedad relativa oscila entre los 27.32% en el mes de abril y los 68.43% en el mes de noviembre, la precipitación anual total fue de 199.8mm siendo el mes de octubre el más alto con 59.2mm (Adaptado Inifap-2013).

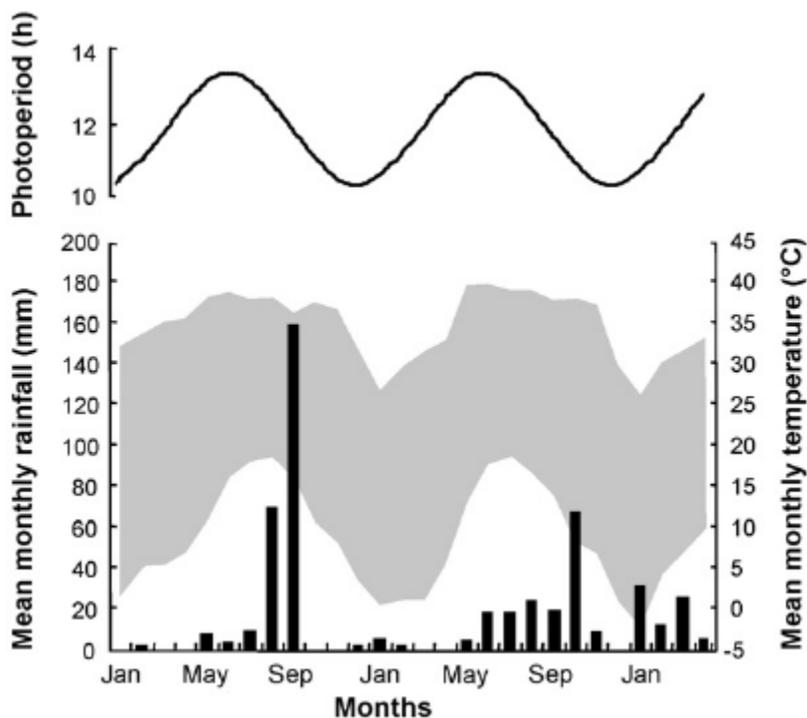


Figura 7: Variación del fotoperiodo (parte superior), las temperaturas máximas y mínimas (área sombreada) y la precipitación mensual (milímetros) en la región subtropical del norte de México (26 ° N) durante la realización de este estudio. El fotoperiodo en esta región varía de 13 h 41 min de la luz en el solsticio de verano a 10 h 19 min de la luz en el solsticio de invierno (Duarte *et al.*, 2008).

3.2.- Tratamientos Experimentales

Primer grupo de cabras (P₄+eCG) recibió una inyección de 25 mg de progesterona IM y 24 horas después se les inyectó 250 UI de eCG.

Segundo grupo de cabras (Esp+eCG) recibió una esponja intravaginal impregnada con 20 mg de cronolona durante 7 días y al momento del retiro se les aplicó 250 UI de eCG.

Tercer grupo (P_4+E_2) se les aplicó una inyección de 25 mg de progesterona IM y 24 horas después se les inyectó 1 mg de estradiol.

Cuarto grupo ($Esp+E_2$) se le aplicó una esponja intravaginal impregnada con 20 mg de cronolona durante 7 días, y al momento del retiro se le aplicó 1 mg de estradiol.

Al momento de la aplicación de los tratamientos hormonales, las cabras fueron estabuladas durante cinco días. Durante este periodo, los animales fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y 200 g de concentrado (14% PC) por día por animal. Además las cabras tenían acceso a bloques de sales minerales.

3.3.- Variables evaluadas

3.3.1.- Actividad estral

Se evaluó la actividad estral mediante la introducción de un macho cabrío a cada grupo, durante 15 min en la mañana (08:00 h) y 15 min en la tarde (17:00 h). Las cabras detectadas en celo por medio del comportamiento sexual típico como son los movimientos de la cola, el orinar con frecuencia, la inflamación de la vulva y el permitir la monta, fueron llevadas a otro corral donde había dos machos cabríos sexualmente activos. Estas cabras ya no regresaron a su corral original.

3.3.2.- Actividad folicular

Se evaluó la actividad folicular diariamente por medio de ultrasonido con un transductor rectal, para lo cual cada hembra fue monitoreada de las 08:00 h a las 12:00 h desde 7 días antes de la aplicación del tratamiento hormonal hasta 7 días posteriores a éste. Se registraron los folículos presentes día a día tomando el diámetro de cada uno de ellos con el fin de identificar el folículo ovulatorio. Se tomó como folículo ovulatorio aquel que alcanzaba al menos 5 mm de diámetro, luego desaparecía del ovario y antes de 10 días presentaba un cuerpo lúteo en aproximadamente la misma región. Se anotó el tamaño y la localización de cada folículo para evaluar posteriormente el crecimiento folicular.

3.3.3.- Gestación

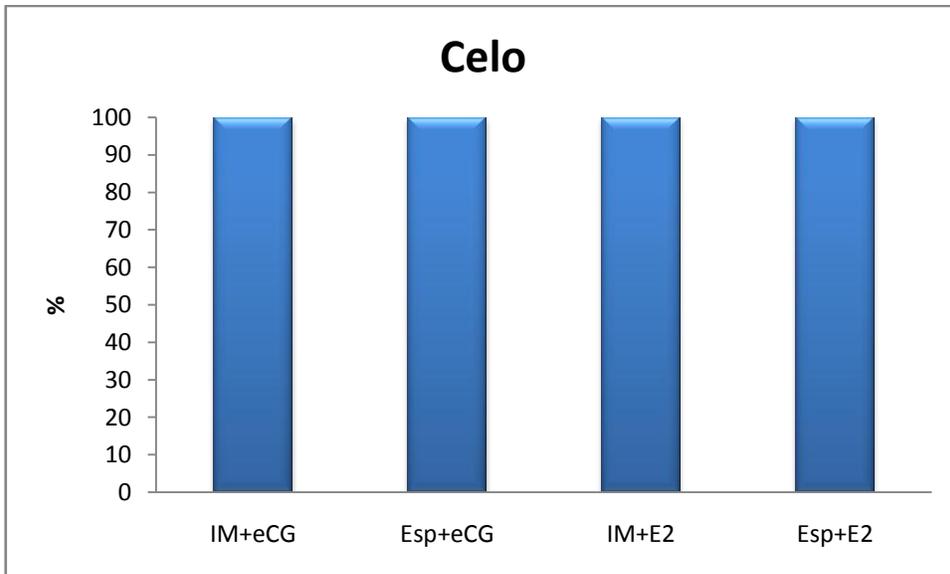
Esta variable se determinó a los 45 días posteriores a la detección del celo mediante la utilización de ultrasonografía rectal.

3.4.- Análisis estadístico

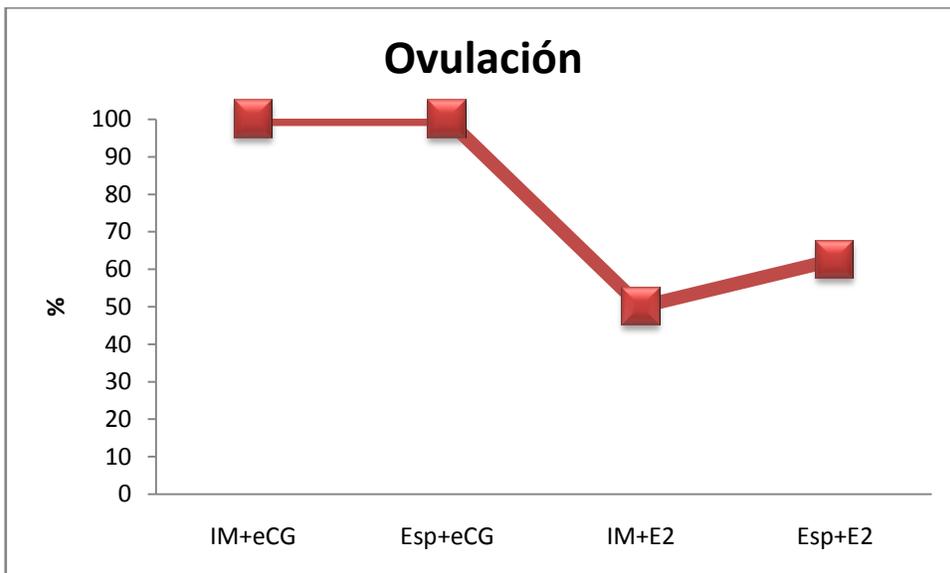
Se comparó el número y tamaño de folículos de las cabras de los diferentes grupos mediante un análisis de varianza. Cuando se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) se llevaron a cabo pruebas de diferencia mínima significativa para la comparación de medias. Los porcentajes de cabras en estro, que ovularon y que quedaron gestantes, se compararon por medio de una prueba de χ^2 . El paquete estadístico utilizado fue el MYSTA 12, (2007).

IV.- RESULTADOS

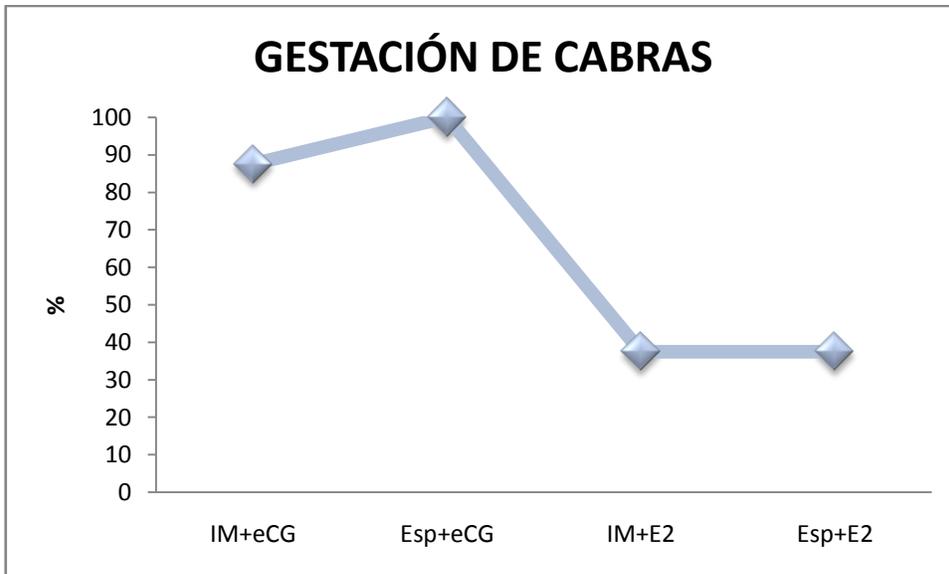
La respuesta estral y ovárica de las cabras a los diferentes tratamientos hormonales de este estudio en cuanto a el porcentaje de hembras que presentaron actividad estral fue del 100% para los 4 grupos experimentales (**P₄+E₂** y **Esp+E₂**). En cuanto a la ovulación en los grupos que se utilizó estradiol el porcentaje fue menor respecto a los grupos de eCG y fue de 50% y 62.5% (**P₄+E₂** y **Esp+E₂**) respectivamente, mientras que para las grupos que se utilizó eCG fue 100% (**P₄+eCG**, **Esp+eCG**), evidentemente al igual que el porcentaje de ovulación el porcentaje de gestación también fue mayor en los grupos que se aplicó eCG, y fue de 87.5% y 100% para el grupo (**P₄+eCG**), (**Esp+eCG**) respectivamente, mientras que para los grupos que se utilizó estradiol fue del 50% y el 62.5% (**P₄+E₂** y **Esp+E₂**) respectivamente. En cuanto a la actividad folicular se obtuvieron los siguientes resultados el número de folículos ováricos para los grupos de eCG (**P₄+eCG**) fue de 1.3; para el (**Esp+eCG**) fue de 1.6; para el (**P₄+E₂**) fue de 1.25 y para el (**Esp+E₂**) fue de 1.4.



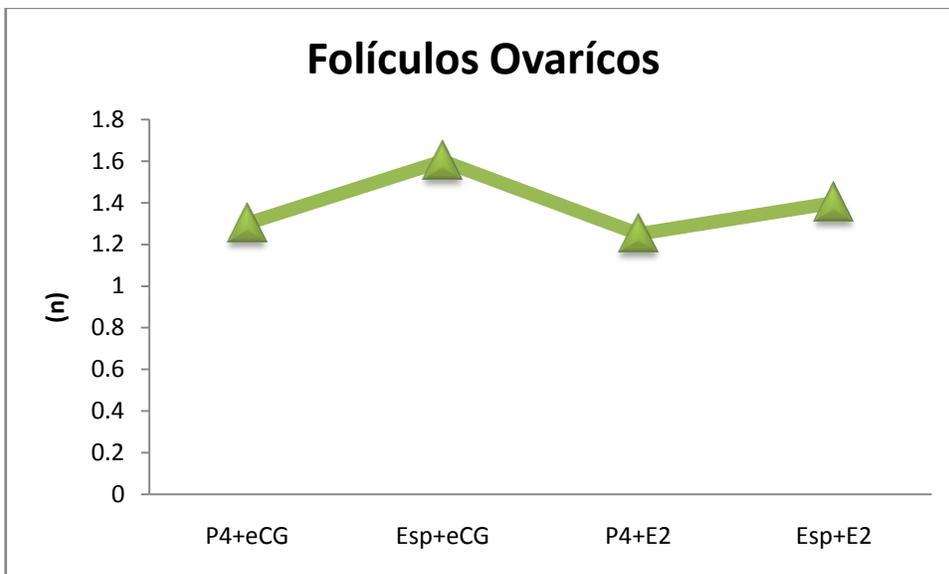
Grafica 3: El 100% de las cabras presentaron actividad estral en todos los grupos experimentales después de la aplicación de eCG o estradiol.



Grafica 4: el 100% de las cabras de los grupos P₄+eCG y Esp+eCG ovularon; mientras que solamente el 50% de las cabras de los grupos P₄+E₂ y Esp+E₂ ovularon (P<0.05).



Grafica 5: La gestación de las cabras a las que se les aplicó eCG fue de 87.5 y 100% mientras que a las que se les aplicó estradiol (E_2) fue de 37.5% en ambos grupos.



Grafica 6: El número de Folículos ováricos fue de 1.3 y 1.6 para las cabras que se les aplicó eCG y para las que se les aplicó estradiol (E_2) fue de 1.25 y 1.4.

V.- DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante el presente estudio demuestran que la utilización de hormonas exógenas ya sean progesterona combinada con estradiol o gonadotropina corionica equina, así como también, esponjas vaginales combinada con estradiol o gonadotropina corionica, en todas estas combinaciones indujeron en un 100% la actividad estral en las cabras Criollas anovulatorias en la Comarca Lagunera, estos resultados coinciden con los obtenidos por (Chemineau *et al.*, 1993). Donde la respuesta estral de cabras anovulatorias fue del 100% cuando se trataron cabras con esponjas vaginales más hormonas gonadotropicas, en contraste cuando solo se les aplicó esponjas vaginales impregnadas con 45mg de Acetato de Flurogestona (FGA) la respuesta estral fue baja y muy variada, en efecto, en cabras Angora durante el Anestro, solo el 13% de las hembras ovulan cuando se utilizan esponjas vaginales conteniendo 45 mg de FGA, mientras que el 90% de estas ovularon cuando recibieron las mismas esponjas, mas PMSG (gonadotropina extraída del suero de yegua preñana), lo que sugiere que es necesario para inducir la actividad sexual combinar progestágenos con gonadotropinas, ya que los métodos que utilizan progestágenos, se basan en los efectos de fase lútea, la simulación de la acción de la progesterona natural producida en el cuerpo lúteo después de la ovulación, que es responsable de controlar la secreción de LH desde la adenohipófisis. Por lo tanto, la manipulación de las concentraciones circulantes de progesterona permite la regulación del estro y la ovulación (Abecia *et al.*, 2012). De igual manera en

otros estudios demuestran que el tratamiento previo progesterona es esencial para la eficacia del tratamiento con GnRH-PGF2a en cabras tratadas en la época de anestro. Obteniendo una expresión del estro del 100%, preñez 100% y parto del 88,9% (Husein *et al.*, 2005).

El porcentaje de cabras gestantes en esta investigación fue de 87 y 100% en los grupos a los cuales se les aplicó gonadotropina corionica lo cual coincide con lo reportado en cuanto a la importancia de las funciones de esta gonadotropina ya que en otros estudios la utilización de eCG en los tratamientos de inducción de la actividad estral y o sincronización es efectiva ya que estimula el crecimiento folicular a través de su acción de FSH y LH, aumenta el tamaño del folículo preovulatorio, incrementa las concentraciones plasmáticas de progesterona luego de la ovulación, mejora así el desarrollo embrionario y el mantenimiento de la preñez (Ferreira *et al.*, 2013). De igual manera nuestros resultados están de acuerdo con otros estudios donde se han utilizado Gonadotropinas corionica y que han considerado estos protocolos los mejores en cuanto a la sincronización de celos en las cabras fuera de la estación reproductiva, tal y como lo es el protocolo de FGA + eCG con o sin la administración de PGF2 α . Sin embargo, la sincronización del estro con PGF2 α + FGA + FSH resultó en crecimiento folicular más alto que el método FGA + eCG, con o sin la administración de PGF2 α , y es la combinación más prometedora para el desarrollo como una mejor alternativa a la sincronización del estro con eCG (Moduet *et al.*, 2012). Otras investigaciones proponen la utilización de progesterona en un protocolo de sincronización con GnRH y PGF2 α , para evitar la ovulación y luteólisis en animales cuyos folículos

dominantes son sensibles a inyección de GnRH, (Titi *et al.*, 2010). Así mismo, se ha considerado la sincronización con progestágenos como uno de los métodos más utilizados en la práctica para la sincronización del estro y su utilización se ha extendido a otras técnicas de reproducción asistida, como superovulación y transferencia de embriones (González *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos en este estudio de la combinación del tratamiento de progestágenos con hormonas gonadotropinas corionicas indican que es un tratamiento efectivo en la inducción de la actividad sexual de las cabras Criollas en nuestro estacional, y que puede ser utilizado por los caprinocultores para modificar y mejorar sus programas reproductivos.

VI.- CONCLUSION

Los resultados del presente estudio demuestran la aplicación de eCG posterior a la aplicación de progesterona o esponjas vaginales resulto más efectiva que la aplicación de estradiol posterior a la aplicación de progesterona o esponjas vaginales para inducir la actividad sexual de las cabras Criollas anovulatorias,

VII.- Bibliografía

Abecia, J.A., Forcada, F., González- Bulnes, A., 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animalreproductionscience*, 130 173-179.

Alvares Ramírez Lorenzo, Zarco Quintero Luis A., 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Veterinaria México*.

Bowdridge, E.C., Knox, W.B., Whisnant, C.S., Frain, C.E., 2013. NCSynch: A novel, progestagen-free protocol for ovulation synchronization and timed artificial insemination in goats. *Small Ruminant Research*. 11042-45.

Cárdenas, Horacio, Wiley, Tood, M., Pope, William, F., 2004. Prostaglandin F_{2α}-induced estrus in ewes exhibiting estrous cycles of different duration. *Theriogenology*. 62 123-129.

Carrillo Castellanos Evaristo. 2006. Los machos cabríos sexualmente activos inducen la actividad sexual de las cabras anovulatorias con diferente proporción macho hembra y en diferentes meses del Anestro estacional. Tesis de maestría en Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Carrillo E., Meza Herrera C. A., Veliz F. G., 2010. Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-Francés adaptados al subtrópico Mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(2): 169-178.

Carrillo, E., Veliz, F.G., Flores, J.A., Delgadillo, J.A., 2007. A diminution in the male/female ratio does not reduce the ability of sexually active male goats to induce estrus activity in anovulatory female goats. *Tec. Pec. Mex*. 45(3)319-328.

Chemineau, P., Baril, G., Delgadillo, J.A., 1993. Control hormonal de la reproducción en el caprino. Revista científica, FCV-LUZ/Vol. III, N°3,

Delgadillo José Alberto, Duarte Gerardo, Flores José Alfredo, Vielma Jesús, Hernández Horacio, Fitz-Rodríguez Gonzalo, Bedos Marie, Fernández Ilda Graciela, Muñoz-Gutiérrez Minerva, Retana-Márquez Ma. del Socorro. 2012. Control de la actividad sexual de los machos caprinos sin hormonas exógenas: uso del foroperiodo, efecto macho y nutrición. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 15 SUP 1: S15 - S27.

Delgadillo Sánchez J.A., Flores Cabrera J.A., Veliz Deras F.G., Duarte Moreno G., Vielma Sifuentes J., PoindronMassot P., BenoitMalpoux. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtropico mexicano utilizando tratamientos fotoperiodicos y efecto macho. Veterinaria México.34.1

Duarte, G., Flores, J.A., Malpux, B., Delgadillo, J.A., 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. Domestic Animal Endocrinology 35 362–370.

Fatet, Alice., Maria Teresa Pellicer Rubio., Bernard Leboeuf. 2011. Reproductive cycle of goats. Animal reproductionscience. 124 211-219.

Fernandez, Moro, D., Veiga, Lopez, A., Ariznavarreta, C., Treseguerres, J, A, F., Encinas, T., Gonzalez, Bulnes, A., 2008. Preovulatory Follicle Development in Goats Following Oestrous Synchronization with Progestagens or Prostaglandins.Reproduction in Domestic Animals. 43 9-14.

Ferreira, R. M., Ayres, H., Sales, J. N. S., 2013. Effect of different doses of equine chorionic gonadotropin on follicular and luteal dynamics and P/AI of high-producing Holstein cows. *AnimalreproductionScience*. 140 26-33.

Fierro, Sergio. Gil, Jorge.,Viñoles, Carolina., Olivera, Muzante, Julio., 2013. The use of prostaglandins in controlling estrous cycle of the ewe: a review. *Theriogenology*.79 399-408.

Flores, J.A., Veliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62:1409-1414.

Girard, L. Moyensemployésavecsuccés, par M, Morel de Vindé, Membre de la Societéd´Agriculture de Seine et Oise, pour obtenir, dans le temps le plus court possible, la fecondation du plus grand nombre des breibisportièresd´untroupeau. *Éphémérides de la Société d´Agriculture du Département de l´Indrepourl´An 1813, Séance du 5 Septembre, VIII Cahirer, Château-Rox, Departement de l´Indre, VII: 66-68.*

González-Bulnes, A., Veiga, López, A., García, A., García, García, R.M., Arizanavarreta, C., Sánchez, M.A., Tresguerres, J.A.F., Cocero, M.J., Flores, J.M., 2005. Effects of progestagens and prostaglandin analogues on ovarian function and embryo viability in sheep. *Theriogenology* 63 2523-2534.

Hafez E. S. E. y Hafez B., 2002. Reproducción e inseminación artificial en animales. Séptima edición, cuarta edición en español. McGraw Hill interamericana editores.

Holtz, W., Sohnerly, B., Gerland, M., Driancourt, M.A. 2008. Ovsynch synchronization and fixed-time insemination in goats. *Theriogenology* 69 785-792.

Husein Mustafa, Q., Mohammed, Ababneh, M., Serhan, Haddad, G. 2005. The effects of progesterone priming on reproductive performance of GnRH-PGF2 α -treated anestrous goats. *Reproduction nutrition development*. 45 689-698.

Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (INIFAP). Clima. Datos históricos, El porvenir, Fráncico I Madero Coahuila, latitud: 25° 46' 58.9", longitud: 103° 19' 6.4", 2013. <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/historicos.aspx?est=26800&edo=5&m=1&an=2013>. Fecha de consulta 05/01/2014.

Karaca, F., Tasal, I., Alan, M., Preliminary report on induction of estrus with multiple eCG injections in Colored Mohair goats during the anestrus season. *Animal Reproduction Science*. 114 (2009) 306-310.

Maurel, M.C., Roy, F., Herve, V., Bertin, J., Vaiman, D., Cribiu, E., Manfredi, E., Bouvier, F., Lantier, I., Boue, P., Guillou, F., Immune response to equine Chorionic Gonadotropin used for the induction of ovulation in goats and ewes. *Gynecologie Obstetrique and Fertilité*. 31 (2003) 766-769.

Modu, Bukar, Muhammad., Yuusoff, Rosnina., Wahid, Haron Abd., Kaur, Dhaliwal, Gurmeet., Goriman, Khan, Mohd, Azam., Ariff Omar Mohammed., Estrus response and follicular development in Boer does synchronized with flugestone acetate and PGF 2α or their combination with eCG or FSH. *Animal Health Production*. 44 (2012) 1505-1511.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO) La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Parte 1 Situación de la biodiversidad en el sector ganadero. Sección B situación de los recursos zoogenéticos. (2010).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO) La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Parte 1 Situación de la biodiversidad en el sector ganadero. Sección A origen e historia de la diversidad del ganado (2010).

Perry, G.A., Perry, B.L., Krantz, J.H., Rodgers, J., Influence of inducing luteal regression before a modified fixed-time artificial insemination protocol in postpartum beef cows on pregnancy success. *Journal of Animal Science*. 90(2012) 489-494.

Riaz, H., Sattar, A., Arshad, M. A., Ahmad, N., Effect of synchronization protocols and GnRH treatment on the reproductive performance in goats. *Small Ruminant Research*. 104(2012) 151-155.

Ruiz-Rodriguez, A., Peralta-Castillo, J.A., Escobar-Medina, F.J., Rincon-Deslgado R.M., De la Colina-Flores, F., Caracterización de la función luenta en el ciclo estral

de la cabra criolla y Nubia x saanen. Revista Chapingo serie zonas áridas. 2002 (1) 67-71.

Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). 2008. Estacionalidad de la producción de carne en canal y leche de caprino. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/Estacionalidad/Nacional/lcaprino.pdf. Fecha de consulta 07/10/2013.

Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). 2008. Región lagunera. Estacionalidad de la producción de carne en canal y leche de caprino. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/Estacionalidad/EstadoRegion/estpecrlq.pdf. Fecha de consulta 07/10/2013.

Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). 2011. Población ganadera, Caprino http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/caprino.pdf. Fecha de consulta 07/10/2013.

Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). 2013. Avance mensual de la producción pecuaria, carne en canal de caprino y leche de caprino. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&layout=detail&id=362. Fecha de consulta 07/10/2013.

Shelton, M. 1960 influence of the presence of male goat on the initiation of oestrous cycling and ovulation of Angora does. *J. Anim. Sci.* 19:368-375.

Suganuma, Chiho., Takenobu, Kiroiwa., Tomomi, Tanaka., Hideo, Kamomae., 2007. Changes in the ovarian dynamics and endocrine profiles in goats treated with a progesterone antagonist during the early luteal phase of the estrous cycle. *Animal reproduction science.* 101 285-294.

Titi, H.H., Kridli, R.T., Alnimer, M.A. 2010. Estrus Synchronization in Sheep and Goats Using Combinations of GnRH, Progestagen and Prostaglandin F2a. *Reproduction in domestic animals.* 45. 594-599.

Underwood, E.J., Shier, F.L., Davenport, N., 1944. Studies in sheep husbandry in western Australia. V. The breeding season of merino, crossbred and British breed ewes in the agricultural districts. *J. Agric. West Aust.* 11 (2): 135-143.

Vazquez, M. I., Blanch, M. S., Alanis, G. A., Chaves, M. A., Gonzalez, Bulnes, A., 2010. Effects of treatment with a prostaglandin analogue on developmental dynamics and functionality of induced corpora lutea in goats. *Animal Reproduction Science.* 118. 42-47.

Véliz Deras Francisco Gerardo, Véliz Monroy Leonardo Iván, Flores Cabrera Jose Alfredo, Duarte Moreno Gerardo, Poindron Massot Pascal, Malpoux Benoit, Delgadillo Sánchez José Alberto. 2004. La presencia del macho en un grupo de cabras anestrar no impide su respuesta estral a la introducción de un nuevo macho. *Veterinaria México,* 35 (3)

Veliz, F.G., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2006. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrous female goats. *Anim. Reprod. Sci.* 92:300-309.

Walkden-Brown, S.W., Martin, G.B., Restall, B.J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J.Reprod.Fertil. Suppl.* 52: 243-257

Whitley, N.C., and Jackson, D.J., 2004. An update on estrus synchronization in goats: A minor species. *Journal Animal science.* 82 E270-E276