



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS GRÍCOLAS

## **CAMPUS MONTECILLO**

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**EFFECTO DE LA RESTRICCIÓN DEL AMAMANTAMIENTO Y  
EL ACEITE DE SOYA EN EL DESARROLLO FOLICULAR Y EL  
RETORNO A LA ACTIVIDAD OVÁRICA POSTPARTO EN  
OVEJAS DE PELO**

**CAMELIA ALEJANDRA HERRERA CORREDOR**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**DOCTORA EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2008

La presente tesis titulada "Efecto de la restricción del amamantamiento y el aceite de soya en el desarrollo folicular y retorno a actividad reproductiva postparto de ovejas de pelo" realizada por la alumna Camelia Alejandra HERRERA CORREDOR, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTORA EN CIENCIAS**  
**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**  
**GANADERÍA**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO

Dr. Jaime GALLEGOS SÁNCHEZ



ASESOR

Dr. Javier VALENCIA MÉNDEZ



ASESOR

Dr. Carlos M. BECERRIL PÉREZ



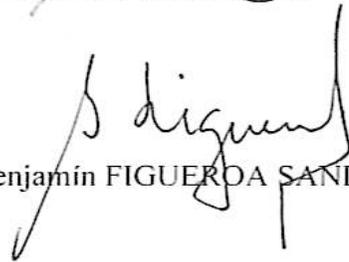
ASESOR

Dr. Arturo PRO MARTÍNEZ



ASESOR

Dr. Benjamín FIGUEROA SANDOVAL



Montecillo, Texcoco Estado de México, Agosto de 2008.

La presente tesis titulada "Efecto de la restricción del amamantamiento y el aceite de soya en el desarrollo folicular y retorno a actividad reproductiva postparto de ovejas de pelo" realizada por la alumna Camelia Alejandra HERRERA CORREDOR, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTORA EN CIENCIAS**  
**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**  
**GANADERÍA**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO

Dr. Jaime GALLEGOS SÁNCHEZ



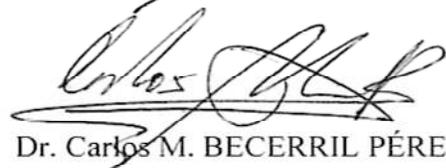
ASESOR

Dr. Javier VALENCIA MÉNDEZ



ASESOR

Dr. Carlos M. BECERRIL PÉREZ



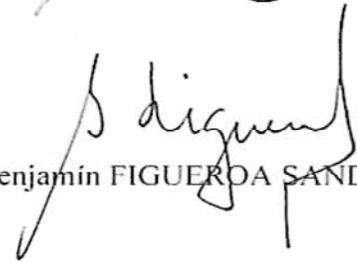
ASESOR

Dr. Arturo PRO MARTÍNEZ



ASESOR

Dr. Benjamín FIGUEROA SANDOVAL



Montecillo, Texcoco Estado de México, Agosto de 2008.

EFECTO DE LA RESTRICCIÓN DEL AMAMANTAMIENTO Y EL ACEITE DE SOYA  
EN EL DESARROLLO FOLICULAR Y EL RETORNO A LA ACTIVIDAD OVÁRICA  
POSTPARTO EN OVEJAS DE PELO

Camelia Alejandra Herrera Corredor, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2008

Se realizaron tres experimentos para determinar el efecto de un suplemento con aceite de soya (AS) antes de la inseminación y en periodo postparto (PP), así como del amamantamiento, en el desarrollo folicular, tasa ovulatoria (TO) y eficiencia reproductiva de ovejas de pelo. En el experimento 1 se proporcionó un suplemento con AS o concentrado comercial (CC) a ovejas en condición corporal alta (CA) y baja (CB): CBAS, CBCC, CAAS y CACC por 14 días antes y 7 días después del empadre, en dos épocas. En el experimento 2, el suplemento con AS ó CC se proporcionó a ovejas en amamantamiento restringido (AR) y continuo (AC), del día 0 al 32 PP: ACCC, ACAS, ARCC y ARAS. Del día 8 al 32 PP, las ovejas se examinaron diariamente por ultrasonografía registrando el número, diámetro y posición de las estructuras ováricas presentes. En el experimento 3, se evaluaron los mismos tratamientos que en el 2, el suplemento se proporcionó hasta el día 44 PP; en el día 34 PP se indujo la actividad estral, se determinó la TO, tasa de gestación, prolificidad y cambios de peso vivo en ovejas y corderos. El número de folículos de 2-3 mm disminuyó en CBAS y CAAS en ambas épocas ( $P < 0.05$ ). Las ovejas de CAAS tuvieron mayor TO en la época 1 (marzo) que en la 2 (noviembre;  $P < 0.05$ ). El primer folículo de diámetro preovulatorio (FDP:  $> 6\text{mm}$ ) emergió en el ARCC antes ( $P < 0.05$ ) que en otros tratamientos (día  $7.66 \pm 0.89$ ) después del parto y desarrollaron más FDP. Las ovejas en ARCC y ARAS tuvieron una mayor TO después de la inducción del estro ( $1.40 \pm 0.23$  y  $1.50 \pm 0.23$ ;  $P < 0.05$ ). La tasa de gestación no fue diferente entre tratamientos ( $P > 0.05$ ), hubo mayor prolificidad en ARAS ( $P < 0.05$ ). Todas las ovejas perdieron peso ( $P < 0.05$ ). Los corderos en AC tuvieron pesos siempre mayores que los corderos en AR, diferencia que fue más evidente después del destete ( $P < 0.05$ ). La suplementación con AS mejora la TO en ovejas de pelo en CA en la época en que disminuyen su actividad reproductiva; en el periodo PP el amamantamiento retrasa el reinicio de la actividad ovárica, AR en conjunto con AS mejora los parámetros reproductivos de ovejas.

**Palabras clave:** aceite de soya, amamantamiento, ovejas de pelo, desarrollo folicular, postparto

EFFECT OF SUCKLING RESTRICTION AND SOYBEAN OIL ON FOLLICULAR  
DEVELOPMENT AND RETURN TO OVARIAN ACTIVITY POSTPARTUM  
IN HAIR SHEEP

Camelia Alejandra Herrera Corredor, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2008

Three experiments were conducted to determine the effect of a soybean oil-added supplement (SO) before mating and postpartum period (PP), as well as suckling on the follicular development, ovulation rate (OR), and reproductive efficiency of hair sheep. In experiment 1 a soybean-added supplement (SO) or commercial concentrate (CC) was fed to sheep with high (HC) and low (LC) body condition (LCSO, LCCC, HCSO, and HCCC) for 14 days before and 7 days after mating and in two stages. In experiment 2, a supplement SO or CC was fed to sheep on restricted (RS) and continuous (CS) suckling from day 0 to 32 PP (CSCC, CSOS, RSCC, and RSOS). From day 8 to 32, sheep were daily examined by ultrasonography and the number, diameter, and position of ovarian structures present were recorded. In experiment 3, the same treatments as in 2 were evaluated. Supplement was fed until day 44 PP; in day 34 PP oestrus activity was induced then OR, pregnancy rate, prolificacy, and changes in weight were determined in sheep and lambs. The number of follicles of 2-3 mm decreased in LCSO and HCSO in both stages ( $P < 0.05$ ). Sheep of HCSO had higher OR, in stage 1 (march), than in 2 (november,  $P < 0.05$ ). The first follicle of preovulatory diameter (FPD:  $> 6\text{mm}$ ) in RSCC emerged before (day  $7.66 \pm 0.89$ ) than in other treatments ( $P < 0.05$ ) and also developed more FPD. Sheep of RSCC and RSOS had higher TO after induction of oestrus ( $1.40 \pm 0.23$  y  $1.50 \pm 0.23$ ;  $P < 0.05$ ). Pregnancy rate was not different among treatments ( $P < 0.05$ ), and there was more prolificacy in RSOS ( $P < 0.05$ ). All sheep lose weight during the study ( $P < 0.05$ ). Lambs of CS had weights always higher than lambs of RS. This difference was more evident after weaning ( $P < 0.05$ ). Supplementation with OS improves OR in hair sheep of HC in the stage where their reproductive activity decreases; in PP period, suckling delays the re-start of ovarian activity. RS in conjunction with OS improves sheep reproductive parameters.

**Key words:** soybean oil, suckling, hair sheep, follicular development, postpartum.

## ***AGRADECIMIENTOS***

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento a mis estudios doctorales.

Al Colegio de Postgraduados, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de doctorado.

A la línea de investigación SPAPFAP-11 por el financiamiento para la investigación.

Al Dr. Jaime Gallegos Sánchez por la dirección de esta tesis y principalmente por su confianza, apoyo y amistad.

A los Doctores Javier Valencia Méndez, Carlos M. Becerril Pérez, Arturo Pro Martínez, Benjamín Figueroa Sandoval y Juan Salazar Ortíz, por su tiempo, dedicación y valiosas observaciones para la redacción final de esta tesis.

Al Dr. Antonio Porras Almeraya de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y al Dr. José del Carmen Rodríguez Castillo de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) por facilitar el equipo de ultrasonido para realizar esta investigación.

A Eliceo Hernández Hernández y J. Antonio Hernández Marín por su apoyo incondicional en la fase experimental de esta investigación ¡mil gracias!

Al personal del módulo de traspatio (2004-2006) Vero, Plutarco, Azael, Sr. José Luis y Toño, por su amistad y apoyo que hicieron de mi estancia en el módulo una experiencia inolvidable.

Al personal académico y administrativo del programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, de manera especial a los estudiantes y trabajadores del LaROCa.

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios***

Por permitirme SER

### ***A mis padres***

**Sr. Moisés Herrera Gallegos**

Por ser un gran hombre, ejemplo de rectitud y responsabilidad, por el amor y la confianza que has depositado en mí...

**Sra. Rosa Corredor García**

Porque tus brazos siempre se abren cuando necesito un abrazo, tu corazón sabe comprender cuando necesito una amiga, tus ojos sensibles se endurecen cuando necesito una lección. Tu fuerza y tu amor me han guiado por la vida y me han dado las alas que necesitaba para volar.

### ***A mis hermanos***

**Carlos, Andrés, Hugo y Abel**

**Judith Jiménez Herrera**

Por todo lo que nos une, porque más que hermanos somos cómplices, confidentes y mejores amigos.

### ***A mis amigos...***

y a esas personas especiales que forman parte de mi vida, por darme la oportunidad de conocerlos, aprender y compartir con ustedes alegrías y tristezas... siempre los llevo presentes.

### ***A la memoria de:***

Omar Corredor Molina †

Violeta Vidal Valdés †

## CONTENIDO

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA: Retorno a actividad ovárica postparto en rumiantes: Efecto del amamantamiento y los ácidos grasos en el desarrollo folicular</b> .....	3
2.1 Resumen .....	3
2.2 Introducción .....	4
2.3 Endocrinología del periodo de anestro postparto .....	6
2.4 Amamantamiento y anestro postparto .....	9
2.5 Mecanismos de acción del amamantamiento para inhibir la actividad reproductiva en periodo postparto.....	10
2.6 Desarrollo folicular en periodo postparto .....	12
2.7 Alternativas de manejo para acortar el anestro postparto.....	16
2.8 Participación de los ácidos grasos en el retorno a la actividad reproductiva postparto .....	18
2.9 Efecto de los ácidos grasos en el anestro postparto y en el desarrollo folicular.....	19
<b>III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	22
<b>IV. ESTUDIOS REALIZADOS</b> .....	24
4.1 Estudio I: Desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas de pelo suplementadas con aceite de soya.....	24
4.1.1 Resumen .....	24
4.1.2 Introducción .....	26
4.1.3 Materiales y métodos .....	27
4.1.3.1 Ubicación .....	27
4.1.3.2 Animales y alimentación .....	27
4.1.3.3 Tratamientos .....	28
4.1.3.4 Suplementación .....	28
4.1.3.5 Manejo reproductivo de las hembras .....	28
4.1.3.6 Variables estudiadas .....	30
4.1.3.7 Análisis estadístico .....	30
4.1.4 Resultados y discusión .....	31
4.1.4.1 Desarrollo folicular en la época 1.....	31
4.1.4.2 Desarrollo folicular en la época 2.....	33
4.1.4.3 Comparación del desarrollo folicular entre épocas.....	35
4.1.5 Conclusiones .....	37
4.2 Estudio II: La restricción del amamantamiento y la adición del aceite de soya en el desarrollo folicular postparto en ovejas de pelo.....	39
4.2.1 Resumen .....	39
4.2.2 Introducción .....	40
4.2.3 Materiales y métodos .....	42
4.2.3.1 Ubicación .....	42

4.2.3.2	Animales .....	42
4.2.3.3	Alimentación y Suplementación .....	42
4.2.3.4	Tratamientos .....	43
4.2.3.5	Desarrollo folicular postparto.....	43
4.2.3.6	VARIABLES ESTUDIADAS .....	44
4.2.3.7	Análisis estadístico .....	45
4.2.4	Resultados y discusión .....	45
4.2.4.1	Posición en el ovario del cuerpo lúteo remanente de la gestación anterior.....	46
4.2.4.2	Características del primer folículo de diámetro preovulatorio...	47
4.2.4.2.1	Medias de tratamientos en las características del primer FDP.....	51
4.2.4.3	Total de folículos 2-3 mm, 4-5 mm y >6mm de diámetro por FDP observado.....	54
4.2.4.4	Reinicio del desarrollo folicular en periodo postparto.....	56
4.2.4.5	Características de FDP que se desarrollaron posteriormente a la emergencia del primero .....	57
4.2.5	Conclusiones .....	61
4.3	Estudio III. Eficiencia reproductiva postparto de ovejas de pelo suplementadas con aceite de soya y en amamantamiento restringido.....	62
4.3.1	Resumen.....	62
4.3.2	Introducción.....	63
4.3.3	Materiales y métodos.....	64
4.3.3.1	Ubicación .....	64
4.3.3.2	Animales .....	64
4.3.3.3	Alimentación y Suplementación.....	64
4.3.3.4	Tratamientos.....	64
4.3.3.5	Manejo del amamantamiento.....	65
4.3.3.6	Inducción de la actividad estral y manejo reproductivo de las ovejas.....	66
4.3.3.7	VARIABLES ESTUDIADAS.....	67
4.3.3.8	Análisis estadístico.....	67
4.3.4	Resultados y discusión.....	69
4.3.4.1	Porcentaje de estros después de la inducción del estro.....	69
4.3.4.2	Tasa ovulatoria.....	70
4.3.4.3	Porcentaje de gestación y prolificidad.....	71
4.3.4.4	Peso vivo de las ovejas en periodo posparto.....	73
4.3.4.5	Peso vivo de los corderos.....	74
4.3.5	Conclusiones.....	76
<b>V. DISCUSIÓN GENERAL .....</b>		<b>76</b>
<b>VI. CONCLUSIONES GENERALES .....</b>		<b>82</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA .....</b>		<b>83</b>
<b>VIII. ANEXO.....</b>		<b>96</b>

## LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Efecto del tipo de suplemento en el desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas de pelo en la época 1.....	31
Cuadro 2	Número de ovejas en estro y medias de tratamientos $\pm$ E.E. en ovejas de pelo en la época 1.....	31
Cuadro 3	Efecto del tipo de suplemento en el desarrollo folicular y la tasa ovulatoria en ovejas de pelo en la época 2.....	33
Cuadro 4	Número de ovejas en estro y medias de tratamientos $\pm$ E.E. en ovejas de pelo en la época 2.....	34
Cuadro 5	Efecto de la interacción suplemento por época en el número de folículos $>$ 6 mm y tasa ovulatoria en ovejas sincronizadas.....	36
Cuadro 6	Medias de tratamientos $\pm$ E.E. en el desarrollo folicular en dos épocas reproductivas de ovejas de pelo.....	36
Cuadro 7	Localización del primer folículo de diámetro preovulatorio en relación a la presencia del cuerpo lúteo remanente de la gestación anterior en ovarios de ovejas de pelo en periodo postparto.....	46
Cuadro 8	Efecto del tipo de amamantamiento en las características del primer folículo preovulatorio postparto .....	48
Cuadro 9	Efecto del tipo de suplemento en las características del primer folículo preovulatorio postparto .....	48
Cuadro 10	Características del segundo y tercer folículos de diámetro preovulatorio en ovejas de pelo en periodo postparto .....	51
Cuadro 11	Media de tratamientos para el total de folículos de diferentes categorías en ovejas de pelo en periodo postparto por cada FDP identificado.....	54
Cuadro 12	Porcentaje de ovejas que presentaron uno o dos folículos de 4-5 mm antes del desarrollo del primer folículo de diámetro preovulatorio....	56
Cuadro 13	Medias de tratamientos $\pm$ E.E. en las características del segundo y tercer folículos de diámetro preovulatorio en ovejas de pelo en periodo postparto.....	58

Cuadro 14	Día de emergencia de cada folículo preovulatorio detectado por ultrasonografía y folículo que ovuló.....	58
Cuadro 15	Número de folículos que alcanzaron el diámetro preovulatorio antes de la ovulación o hasta el día 32 postparto en ovejas de pelo.....	59
Cuadro 16	Ovejas bajo amamantamiento restringido y suplementadas con aceite de soya en periodo postparto que respondieron a la inducción del estro.....	69
Cuadro 17	Efecto del tipo de amamantamiento en la tasa ovulatoria de ovejas de pelo.....	70
Cuadro 18	Medias de tratamientos $\pm$ E.E. para tasa ovulatoria de ovejas de pelo en periodo postparto.....	70
Cuadro 19	Porcentaje de gestación y medias de tratamientos $\pm$ E.E. para prolificidad de ovejas de pelo bajo en periodo postparto.....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diseño del experimento y representación esquemática de los tratamientos (Estudio 1).....	29
Figura 2	Diseño del experimento y representación esquemática de los tratamientos (Estudio 3).....	65
Figura 3	Peso vivo de las ovejas después del parto.....	74
Figura 4	Peso vivo de corderos del nacimiento a las 18 semanas de edad.....	75

## I. INTRODUCCIÓN GENERAL

La ovinocultura es una actividad que cubre aproximadamente el 40% del abasto de carne en México. Su desarrollo está condicionado por la baja productividad de las explotaciones, por las áreas en las que se desarrolla, así como la selectividad en su consumo que predispone un tamaño de mercado específico. Para el año 2005 el inventario nacional ovino en México consideraba 7,002,778 cabezas de ganado, la mayor parte de ellas concentradas en el centro del país. Sin embargo, en el abasto de carne ovina, se observa una participación más que significativa de productos importados, cuya cuantía es superior a la propia producción (SIAP-SAGARPA, 2007). Actualmente, los sistemas de manejo desarrollados para la especie ovina influyen en forma definitiva en la sincronización de las épocas de nacimiento de las crías y por lo tanto en la disponibilidad de ganado para abasto.

Lo anterior demanda generar nuevas estrategias de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de esta especie, la cual está determinada por un factor clave que es la tasa ovulatoria y es posible mejorarse por medio de manejo nutricional (Viñoles, 2003). El anestro postparto en rumiantes es otro factor que puede condicionar la eficiencia reproductiva y a menudo causa pérdidas económicas para los productores (Pérez-Hernández *et al.*, 2001). El uso de fuentes de ácidos grasos, específicamente ácido linoleico, ha mostrado promover el desarrollo folicular, así como acortar el anestro postparto en ganado lechero, retornando a actividad ovárica cíclica a tiempo más temprano (Burke *et al.*, 1996). Sin embargo en ganado ovino este efecto está escasamente documentado. El control de amamantamiento es otro factor que puede reducir el tiempo entre el parto y la primera ovulación (Mandiki *et al.*, 1989; Morales-Terán *et al.*, 2004). Con base en lo anterior el objetivo de estos experimentos fue comprobar si el aceite de soya podía ejercer un efecto positivo en la reproducción de ovejas de pelo, particularmente en el desarrollo folicular durante el empadre y en el periodo postparto,

esto combinado con el efecto positivo que ya se conoce tiene la restricción del amamantamiento para reanudar la actividad ovárica postparto y mejorar así la eficiencia reproductiva de esta especie.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### RETORNO A ACTIVIDAD OVÁRICA POSTPARTO EN RUMIANTES: EFECTO DEL AMAMANTAMIENTO Y LOS ÁCIDOS GRASOS EN EL DESARROLLO FOLICULAR

#### 2.1 Resumen

El reinicio de la actividad ovárica cíclica postparto depende de la recuperación del eje-hipotálamo-hipófisis-ovario-útero en un corto tiempo después del parto, durante este tiempo la secreción de FSH no es limitante para el desarrollo de folículos ováricos en el ovario, ya que se puede apreciar, gracias al desarrollo de la ultrasonografía, la aparición del primer folículo dominante (FD) o de diámetro preovulatorio (FDP) alrededor del día 11 postparto en ganado lechero y alrededor del día 17 en ganado ovino. Sin embargo la inadecuada frecuencia en los pulsos de LH resulta en una baja producción de andrógenos en el folículo, así el aumento de estradiol antes del estro no ocurre y el FD que está al final de su diferenciación sufre atresia por lo que no se da paso a la ovulación. La duración del anestro postparto incrementa por efecto del amamantamiento y este puede retrasar la aparición del primer FD después del parto y la ovulación. La suplementación con fuentes de ácidos grasos puede disminuir o promover la secreción de prostaglandina  $F2\alpha$  ( $PGF2\alpha$ ) en ganado lechero, promoviendo el desarrollo folicular y la fertilidad en periodo postparto aunque existen opiniones encontradas entre autores, pero se propone como una estrategia de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de rumiantes en conjunto con un adecuado manejo del amamantamiento, que permita el desarrollo adecuado de las crías y la recuperación de la condición corporal de las hembras para un pronto reestablecimiento de la actividad ovárica después del parto.

**Palabras clave:** eficiencia reproductiva, anestro postparto, desarrollo folicular, ácidos grasos, rumiantes.

## 2.2 Introducción

El intervalo entre partos es tal vez el principal parámetro utilizado para evaluar la eficiencia reproductiva de un hato. El ganado lechero y vacas de carne amamantando, sufren intervalos entre partos excesivos (Peters, 1984; Opsomer *et al.*, 1996). El ganado ovino no es la excepción y aunque teóricamente es posible que puedan tener dos partos en un año debido a la longitud de su gestación, el anestro estacional que experimentan la mayoría de las razas hace que esto no sea posible (Ainsworth *et al.*, 1982), la prolongada duración del anestro postparto resulta en pérdidas económicas para los productores (Villa-Godoy y Arreguín, 1993; Pérez-Hernández *et al.*, 2001).

El reinicio temprano de la ciclicidad estral después del parto es de gran importancia para la eficiencia reproductiva en rumiantes. Sin embargo, el período postparto se caracteriza por ser un período de inactividad ovárica y quiescencia sexual (Wise *et al.*, 1986) antes de comenzar los ciclos reproductivos. La finalidad de éste período es preparar al útero para iniciar una nueva gestación. Los diversos factores que influyen sobre la duración del anestro postparto se han descrito, pero los de mayor relevancia son el estímulo del amamantamiento (Williams, 1990), el nivel nutricional y la condición corporal (Randel, 1990; Short *et al.*, 1990), todo esto puede ocasionar un retardo en el comienzo de la ovulación y expresión del celo, lo cual se asocia con reducidas tasas de fertilidad y de preñez y consecuentemente con un incremento en el intervalo parto-concepción (Rhodes *et al.*, 2003).

Para la reproducción postparto se requiere una secuencia de eventos fisiológicos que culminarán en el reinicio del desarrollo folicular, función luteal y vida media normal del cuerpo lúteo, así como la ocurrencia del comportamiento estral para el servicio a tiempo adecuado (Bono, 1997), por lo que la posibilidad biológica de una concepción después del parto, se basa en un trabajo coordinado del eje hipotálamo-hipófisis-ovario- útero, resultando

en una excelente involución uterina y un reinicio temprano de actividad ovárica (Opsomer *et al.*, 1996).

La alta frecuencia de secreción pulsátil de LH es determinante para la maduración final de los folículos, en ganado bovino, la secreción de patrones normales de LH sucede de 10 a 20 días postparto, Savio *et al.* (1990a) señalan un intervalo para la detección del primer folículo dominante por medio de ultrasonografía de  $11.6 \pm 8.9$  días, observándose la primera ovulación en vacas lecheras con puerperio normal y no afectadas por enfermedades ováricas quísticas alrededor de 15 y 21 días postparto (Opsomer *et al.*, 1996) pero éste intervalo puede estar influenciada por el amamantamiento o estatus nutricional y durante la lactación temprana por un balance energético negativo (Bono, 1997). Sin embargo, en vacas de doble propósito la primera ovulación postparto se presenta a un intervalo más variable, de 82 a 250 días y es la causa de que pocas vacas queden gestantes antes de 90 - 110 d postparto, periodo considerado como adecuado para obtener un parto cada 12 ó 13 meses (El-Din *et al.*, 1995; Villa-Godoy y Villagómez, 2000).

En el caso de la oveja el primer estro postparto se presenta entre 25 y 60 días (Castillo *et al.*, 1972; Valencia *et al.*, 1975) y la primera ovulación alrededor de 30 y 105 d postparto. El amamantamiento se considera el estímulo de mayor importancia en la duración del anestro postparto en rumiantes (Griffith y Williams, 1996; Browning *et al.*, 1994; Gallegos-Sánchez *et al.*, 2005).

Con base en lo anterior, el objetivo de la presente revisión es estudiar el mecanismo de acción por medio del cual el amamantamiento afecta el retorno a actividad ovárica postparto en rumiantes así como las alternativas de manejo que pueden ayudar a acortar el periodo de anestro postparto.

### **2.3 Endocrinología del periodo de anestro postparto**

La hipófisis anterior presenta una disminución en el contenido de LH y FSH al final de la preñez y en el período temprano postparto debido a una fuerte retroalimentación negativa de la alta concentración de estrógenos y progesterona al término de la preñez. El contenido de GnRH del hipotálamo es normal pero la pituitaria anterior es menos sensitiva a la liberación de LH inducida por GnRH en período temprano postparto (Nett *et al.*, 1988). Las concentraciones de FSH son bajas por un cierto período de tiempo después del parto y luego ascienden alrededor del día 5 postparto, este ascenso inicia el reclutamiento y selección de un FD o dominante. La inadecuada frecuencia en los pulsos de LH resulta en una baja producción de andrógenos en el folículo, así el aumento de estradiol antes del estro no ocurre y el FD que está al final de su diferenciación sufre atresia. La ovulación del FD se da solamente cuando un pulso de LH ocurre cada 40-60 minutos para estimular una producción máxima de estradiol, retroalimentación positiva y un pico preovulatorio de LH y FSH. Estos episodios pulsátiles se detectan alrededor de 10 a 20 días postparto en vacas en ordeña mientras que en vacas amamantando se observa un retardo en la presentación de la secreción pulsátil de LH (Crowe *et al.*, 1998). La FSH es la principal hormona responsable del reclutamiento y selección de un FD y la exposición de éste a actividad estrogénica y a la frecuencia de pulsos de LH es la clave para la maduración final del FD. El primer FD aparece aproximadamente a los 11 días postparto en ganado lechero; en ovinos de lana, se ha observado que al día 5 postparto los folículos alcanzan tamaño medio (2 - 4 mm de diámetro) y es hasta el día 17 cuando aparecen en la superficie del ovario folículos que pueden alcanzar el tamaño preovulatorio (Rubianes y Ungerfeld, 1993), por lo que el ovario no es limitante para el reinicio de la ciclicidad ovárica después del parto (Savio *et al.*, 1990a; Williams, 1990; Roche *et al.*, 1992; Opsomer *et al.*, 1996). El aumento en la concentración sérica basal y

el inicio de un patrón episódico en la liberación de LH preceden al inicio de la ciclicidad estral en el período postparto (Lamming *et al.*, 1981).

Se ha observado en ganado lechero (Savio *et al.*, 1990b), vacas de carne amamantando (Werth *et al.*, 1996) y en ovejas (González-Reyna *et al.* 1987) que la primera ovulación postparto generalmente es una ovulación silenciosa la cual no se acompaña de conducta estral y frecuentemente se observa un cuerpo lúteo de vida media corta (Werth *et al.*, 1996; Yavas *et al.*, 1999) que se caracteriza por ser más pequeño y secretar menor cantidad de progesterona. Se señala que la presencia de cuerpos lúteos de vida media corta es debido a la luteólisis prematura ejercida por PGF2 $\alpha$  secretada del útero en proceso de involución (Rajamahendran y Taylor, 1990; Cooper *et al.*, 1991). Las concentraciones de PGF2 $\alpha$  se expresan normalmente como metabolito de la PGF2 $\alpha$  (PGFM) y permanecen elevadas por aproximadamente 20 días posparto (Lindell *et al.*, 1982). El pico de PGFM en vacas de carne se produce el día 2 posparto y desciende rápidamente hasta el día 5 posparto continuando su declinación en forma lenta hasta el 21 posparto (Vélez, 1991). La duración del incremento de PGFM se correlaciona con el tiempo de involución uterina (Lindell *et al.*, 1982). Se ha postulado que la secreción de PGF2 $\alpha$  debe bajar a un determinado umbral para permitir el reinicio de la actividad cíclica (Kindahl *et al.*, 1982). La importancia fisiológica de los ciclos estrales cortos es desconocida, pero Savio *et al.* (1990b) señala que las ovulaciones silenciosas son fisiológicamente normales durante el período postparto.

Las concentraciones bajas o insignificantes de progesterona que preceden la primera ovulación postparto son el resultado de una disminución en los receptores de progesterona y un mayor número de receptores a oxitocina en células endometriales permitiendo la retroalimentación positiva temprana entre oxitocina y PGF2 $\alpha$  (Zollers *et al.*, 1993). Las bajas concentraciones preovulatorias de estradiol también están probablemente involucradas en

incrementar el número de receptores endometriales a oxitocina, permitiendo así la unión de oxitocina y la liberación prematura de la  $PGF2\alpha$  luteolítica (Mann y Lamming, 2000).

El aumento transitorio de la progesterona, ya sea endógena o exógena, sirve para iniciar el ciclo estral de duración normal con expresión de comportamiento sexual (Slama *et al.*, 1996). El mecanismo de acción no es claro pero parecen estar involucrados cambios en el número de receptores a estradiol en el hipotálamo e incrementos en la producción de estradiol (Rhodes *et al.*, 2000). Se cree que la exposición de vacas en anestro a progesterona puede estimular el desarrollo de receptores a LH y la secreción de estradiol. El incremento en la liberación de LH es posible debido a la reducción en los receptores a estradiol en el hipotálamo y a una disminución en la retroalimentación negativa de ésta hormona sobre la liberación de GnRH, como se ha demostrado en vaquillas prepuberales (Day y Anderson, 1998).

En los mamíferos, el amamantamiento es un estímulo que induce un período de aciclicidad estral; después de la estacionalidad, la lactación y el amamantamiento son los mecanismos más potentes para retardar la reanudación de la ciclicidad estral postparto (Martín y Banchemo, 1999).

Durante el anestro postparto, hay una fuerte retroalimentación negativa del estradiol, así como una alta concentración de opioides en el hipotálamo, debido principalmente al efecto del amamantamiento. Probablemente el incremento de estradiol durante la gestación pueda inducir cambios en el ambiente neuronal, a nivel de neuronas productoras de GnRH, por lo que es necesario un periodo de recuperación antes de que reestablezcan su función normal. El amamantamiento es un factor que limita la recuperación del eje hipotalámico hipofisario por efecto de los opioides, sistema que se establece al final de la gestación y del período temprano postparto. La concentración de opioides disminuye conforme el periodo postparto avanza y la

frecuencia de amamantamiento disminuye (Custhaw *et al.*, 1992). Sin embargo, puede involucrar al sistema dopaminérgico que junto con el efecto de retroalimentación negativa del estradiol disminuyen la secreción pulsátil de GnRH y LH (Griffith y Williams, 1996).

#### **2.4 Amamantamiento y anestro postparto**

Durante el período postparto, las ovejas adultas están sujetas a fuertes estímulos negativos que no permiten el reinicio de la actividad reproductiva después del parto. El amamantamiento, es uno de los factores que prolongan el intervalo parto primera ovulación (IPPO; Moss *et al.*, 1980; González-Reyna *et al.*, 1991) debido a que retrasa la secreción pulsátil de LH y por lo tanto la ocurrencia de la primera descarga de LH postparto (Mandiki *et al.*, 1990).

En ovejas que no amamantan, los ciclos estrales retornan alrededor de 3 a 5 semanas postparto (Shirar *et al.*, 1989) y se asocian con un reestablecimiento de los niveles normales de secreción de LH, receptores y respuesta a GnRH. En ovejas que están amamantando corderos, el estro puede retrasarse por tres semanas más; se ha observado una diferencia de siete días a la presentación de la primera oleada preovulatoria de LH postparto en ovejas que no amamantan ( $10 \pm 2$  d) respecto a las que si lo hacen ( $17 \pm 1$  d). Por lo tanto, la LH es el factor que limita el reinicio de la actividad ovárica durante el postparto y el amamantamiento potencializa la inhibición de la secreción pulsátil de la LH (Mauleon y Dautier, 1965; Shirar *et al.* 1990).

En ganado bovino, el destete entre 17 y 21 d postparto (Villa-Godoy y Villagómez, 2000) incrementa la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH y disminuye el IPPO. Incluso, la presencia del becerro sin mamar retrasa la primera ovulación en vacas postparto (Hoffman *et al.*, 1996) ya que existen factores de tipo sensorial y de comportamiento entre la madre y la cría,

como son: la presencia del becerro y el reconocimiento por parte de la madre, los cuales son capaces de inhibir la actividad reproductiva postparto (Viker *et al*, 1993; Williams *et al*, 1996).

Por otro lado, en ovejas Pelibuey, se ha estudiado la intensidad y frecuencia de amamantamiento, Alvarez *et al.* (1984) al comparar cuatro edades al destete encontraron que a mayor edad al destete (120 días), se prolonga el IPPO (98.4 días), mientras que cuando el destete se realiza a 30 días éste disminuye (48.6 días). Así mismo, Morales-Terán *et al.* (2004) observó una relación directa entre el tiempo de amamantamiento y el IPPO y Shirar *et al.* (1989) encontraron que la aparición del estro es independiente del número de corderos que la oveja esté amamantando o intensidad de amamantamiento.

## **2.5 Mecanismos de acción del amamantamiento para inhibir la actividad reproductiva en periodo postparto**

La principal limitante para el reestablecimiento de los ciclos estrales después del parto en rumiantes es la baja secreción de GnRH y LH; por lo tanto, la restauración de la secreción pulsátil de GnRH, es el primer paso para la ciclicidad estral en período postparto, esto a su vez permite la recuperación del contenido de LH en hipófisis y en sangre, lo que ocurre alrededor de 20 días postparto (Nett, 1987).

Conforme se desarrolla el cordero, aumenta su consumo de alimento sólido y depende menos del amamantamiento, aumentan paulatinamente las concentraciones de LH lo que estimula el crecimiento folicular y como consecuencia se estabilizan las concentraciones de estradiol. Con respecto a esta hormona, Mandiki *et al.* (1989) señalan que éste puede ser un factor primario para modular el reinicio del ciclo estral; ya que, las concentraciones de estradiol son más altas en ovejas no lactando que en ovejas lactando al inicio del postparto. Así, el patrón de secreción pulsátil de LH es dependiente de estradiol (Karsch *et al.*, 1983) y el cambio en la

secreción de LH conduce a un estado final del crecimiento folicular, ovulación y desarrollo de un CL normal (Shirar *et al.*, 1990).

Por otro lado, la concentración elevada de cortisol en sangre después del parto ejerce una acción negativa en la secreción de LH en vacas y ovejas (Moberg, 1991). La concentración de cortisol aumenta 10 minutos después de un periodo de amamantamiento en vacas. La altura de este pico de cortisol disminuye a medida que los días postparto transcurren (Ellicot *et al.*, 1979). Debido a que el cortisol disminuye la secreción de LH se sugiere que ésta hormona pudiera participar en la inhibición de secreción de LH, pero algunos autores (Yavas y Waltoon, 2000) concluyen que la modulación negativa de LH por el amamantamiento no es regulada por cortisol.

La inhibición de la secreción de GnRH a nivel de eminencia media debido al amamantamiento, se ejerce vía opioides endógenos (encefalinas y  $\beta$ -endorfina; Gordon *et al.*, 1987), al actuar directamente en las neuronas productoras de GnRH (Leshin *et al.*, 1991).

Se cree que los opioides pueden actuar en dos momentos: inmediatamente después del parto o durante el amamantamiento; debido a que el parto resulta ser una experiencia dolorosa y estresante, se asocia a altas concentraciones periféricas de opioides (Smart *et al.*, 1994). Por otro lado, Gordon *et al.* (1987) señalan que durante el amamantamiento, se induce la liberación de  $\beta$ -endorfinas en el hipotálamo que pueden inhibir la secreción de GnRH en ovejas lactando.

El bloqueo de receptores a opioides (Malven y Hundgens, 1987) mediante un antagonista (naloxona) incrementa la secreción de LH entre los días 7-26 y disminuye la secreción de prolactina en ovejas postparto, efecto que también se ha observado en vacas con cría (Gregg *et al.*, 1986; Newton *et al.*, 1988). Por otro lado el tratamiento combinado con metoclopramida, un antagonista de la dopamina, en adición a naloxona no modifica la respuesta

de la secreción de LH (Knight *et al*, 1986) por lo que se concluye que los opioides endógenos inhiben la secreción de LH por un mecanismo independiente de la modulación por el sistema dopaminérgico. Sin embargo, se ha reportado una interacción entre el sistema dopaminérgico y opioidérgico en la regulación fotoperiódica de la secreción de gonadotropinas (Honaramooz *et al.*, 2000).

Laedem y Kalra (1985) señalan que el sitio de acción de los opioides no es a nivel hipófisis, ya que los efectos estimulatorios de la naloxona en la liberación de GnRH *in vitro*, muestran que los opioides afectan la liberación de GnRH en el área preóptica media, eminencia media y el núcleo arcuato del hipotálamo (King *et al*, 1982; Witkin *et al*, 1982; Kalra, 1983). Sin embargo, las vías neuronales por medio de las cuales el amamantamiento ejerce su efecto inhibitorio durante el anestro lactacional se desconocen aún (Gallegos *et al*, 2005).

Una vez que el eje hipotálamo-hipófisis-ovario ha recuperado su funcionalidad, los eventos endocrinos que conducen al crecimiento folicular, estró y ovulación postparto son similares a los que ocurren durante el período prepuberal (Bono, 1997).

## **2.6 Desarrollo folicular en periodo postparto**

El ciclo estral en ganado bovino, se basa en un patrón regular de 21 días y en ovinos de 17 días que normalmente incluyen tres oleadas de crecimiento folicular con una duración periódica de alrededor de siete días en donde el folículo más grande de la tercera oleada es el que ovula. Durante el período temprano postparto también ocurren oleadas de crecimiento folicular, permaneciendo una dinámica folicular basada en la duración del ciclo de la especie en estudio (Sahara *et al.*, 1996).

Antes de la emergencia de la primera oleada folicular postparto, las concentraciones plasmáticas de progesterona (inferiores a  $2 \text{ ng ml}^{-1}$ ) no dan paso al desarrollo y mantenimiento de

la dominancia folicular (Jonson *et al.* 1991). El crecimiento del FD de cada oleada folicular se asocia frecuentemente con un aumento de las concentraciones séricas de progesterona de 6-8 ng/ml durante dos o tres días, este aumento tiene como consecuencia un desarrollo de receptores para LH y una producción sostenida de 17- $\beta$  estradiol (15 pg ml<sup>-1</sup>) a través de las primeras oleadas de folículos dominantes. Cuando se observan de 5 a 6 picos de LH durante 6 horas, éstos coinciden con el desarrollo del primer FD. El aumento en la secreción de progesterona que se observa antes de la primera ovulación postparto es causado por la luteinización de folículos inducido por LH. La participación del CL de gestación dentro de la regulación del reinicio de actividad folicular postparto no es excluida, ya que éste muestra una secreción residual de progesterona durante los primeros 15 días postparto (Savio *et al.*, 1990a).

Investigaciones basadas en ultrasonografía señalan que durante el período anovulatorio postparto en vacas lecheras, entre el día 5 y 7 postparto, los ovarios se caracterizan por el desarrollo y regresión de folículos de tamaño pequeño (inferiores a 4 mm de diámetro) y mediano (5 a 9 mm de diámetro), antes de la selección del primer FD, llegando a la formación del primer FD alrededor de 11 días postparto (Savio *et al.*, 1990b; Slama *et al.*, 1996; Opsomer *et al.*, 1996). El patrón de crecimiento del primer FD conlleva un aumento en diámetro de 2-3 mm/día. El evento que da lugar al desarrollo de un FD involucra el reclutamiento de una cohorte de folículos que depende de la secreción de gonadotropinas. De ésta cohorte, un folículo es seleccionado para crecer, llega a ser dominante (> 10 mm, en bovinos, 6-8 mm en ovinos, que suprime el crecimiento de otros folículos) y entonces ovulará, si su desarrollo coincide con la regresión del CL, o sufrirá atresia si simultáneamente existe un CL activo (Roche *et al.*, 1992).

En el ganado ovino, el estudio de la dinámica folicular durante el período postparto es más limitado, sin embargo Al-Gubory y Martinet (1986) señalan que en ovejas de lana el número de folículos preantrales (2- 4 mm) en cada ovario incrementa al día 5 postparto y esto se

correlaciona con un incremento en la secreción de FSH después del parto. De igual manera Rubianes y Ungerfeld (1993) observaron en el día 1 postparto folículos con un diámetro de 1–2 mm y en el día 5, folículos 2-4 mm y es hasta después del día 17 postparto, cuando la involución uterina se ha completado, que se observan en la superficie del ovario folículos mayores a 4 mm. Bartlewski *et al.* (2000) por medio de ultrasonografía observaron folículos mayores a 4 mm hasta el día 21 postparto.

La acción inhibitoria de la preñez sobre el desarrollo folicular en la vaca, se mantiene después del parto por alrededor de 20 días y reduce la frecuencia de ovulación del ovario ipsilateral al cuerno anteriormente grávido. El desarrollo y crecimiento folicular es más significativo en el ovario contralateral al cuerno previamente grávido, en ganado el ganado bovino y ovino (Dufour y Roy, 1985; Hall *et al.*, 1993; Risco, *et al.*, 1994).

En contraste con vacas lecheras donde la mayoría ovulan el primer FD, el destino del FD es distinto en vacas de carne amamantando. En vacas con condición corporal apropiada, la mayoría de los folículos dominantes se desarrollan a los 14 días postparto pero este tiende más a sufrir atresia. La recurrente regresión y crecimiento de FD antes de la primera ovulación ocurre con más frecuencia en vacas de carne que en lecheras. El primer folículo dominante después de parto en más del 70% en vacas lecheras ovula, lo que indica que hay suficiente secreción de LH para causar la maduración y ovulación del primer folículo dominante. Así, se ha hipotetizado que hay suficiente secreción de FSH para estimular el reinicio del crecimiento folicular y el prolongado anestro que se observa en vacas de carne parece ser debido a un fallo del folículo dominante para ovular más que a un retardo en el reinicio del desarrollo folicular. Este fallo en la maduración y ovulación del folículo dominante durante el periodo temprano posparto se relaciona con una insuficiente producción de estradiol del folículo dominante para inducir un pico preovulatorio de LH y FSH y esto puede ser relacionado con una inadecuada secreción pulsátil

de LH o posiblemente con cambios en el patrón de isoformas de diferente bioactividad. Considerando que la mezcla de isoformas circulantes de FSH son diferentes durante diferentes estados fisiológicos, una posibilidad que permanece sin ser explorada es si el retardo en el inicio del estro después del parto se relaciona con un inapropiado estímulo de la FSH (Crowe *et al.*, 1998).

La duración del primer ciclo en el período postparto depende del nivel de presensibilización de la progesterona sobre el FD (Savio *et al.*, 1990b). Cuando el FD se identifica antes del día 10 postparto, la presensibilización con progesterona es suficiente para el desarrollo de ciclos normales (18 a 24 días) o muy largos (superiores a 25 días), asociados con dos y tres oleadas de folículos dominantes, respectivamente (Rajamahendran y Taylor, 1990; Savio *et al.*, 1990b). Cuando la identificación del primer FD no es posible más allá del día 20 postparto, la presensibilización de la progesterona sobre el folículo es insuficiente, por lo que es incompatible con una esteroidogénesis sostenida (Bastidas *et al.*, 1990). Después de la ovulación la vida media del CL resultante es limitada y el primer ciclo estral es corto (9-13 días). Es probable que el ovario por medio de un mecanismo desconocido, pueda identificar el CL defectuoso y lo elimina, por medio de una liberación rápida de prostaglandinas uterinas, por lo tanto en estos ciclos solo se observa una oleada folicular. El CL de la primera ovulación es más pequeño que los de ovulaciones sucesivas, menos apto para iniciar o mantener una gestación (Savio *et al.*, 1990b; Slama *et al.*, 1996).

El segundo y tercer ciclos postparto son menos variables en longitud. Varios reportes sugieren que el CL de la preñez recién terminada puede tener un efecto negativo sobre la dinámica folicular en el ovario (Rajamahendran y Taylor, 1990), la primera ovulación presenta 2 ó 3 oleadas foliculares y dura de dos a tres días más que el ciclo normal. La segunda ovulación

en el período postparto ocurre generalmente entre los 30-35 días postparto y estos ciclos posteriores presentan tres oleadas foliculares (Slama *et al.*, 1996).

## **2.7 Alternativas de manejo para acortar el anestro postparto**

El manejo del amamantamiento en rumiantes, se ha considerado una alternativa para acortar el anestro postparto, las investigaciones se han enfocado a ganado bovino y cabras lecheras ya que en ovejas debido a las características de manejo, principalmente extensivo, la aplicación de estas alternativas aún es escasa.

El manejo del amamantamiento consiste en varias modalidades de destete: *destete al parto o destete precoz*, lo cual permite que la secreción pulsátil de LH se incremente aproximadamente a los 14 d postparto (Cermak *et al.*, 1983), con esto el primer estro se presenta entre 16 y 48 d postparto (Williams *et al.*, 1983). En vacas productoras de carne, con el *destete temporal* por 48 - 72 h y con sistemas de *lactancia controlada*, al restringir el amamantamiento a 30 min una vez al día, disminuye el anestro postparto, pero con dos periodos de 30 min por día, el periodo de anestro postparto se alarga (Randel, 1981; Browning *et al.*, 1994; Lamb *et al.*, 1999), de igual manera que al ordeñar con apoyo del becerro. El intervalo parto-primer estro disminuye en 35 días si se realiza el ordeño sin apoyo del becerro (122 vs 87 días; González-Stagnaro *et al.*, 1988). En cuanto al *amamantamiento retrasado*, al realizarlo ocho horas después del ordeño y por periodos de 30 min d<sup>-1</sup> no ocasionó diferencia en el intervalo parto primera ovulación con respecto a vacas con lactancia controlada (LC) y amamantamiento tradicional (AT). Al considerar únicamente las vacas que ovularon antes de 100 d postparto Pérez *et al.* (2002) observaron que las vacas con amamantamiento retrasado ovularon 17.5 y 18.4 d antes que las vacas con AT y LC respectivamente.

En ovejas, al restringir el amamantamiento a 30 min dos veces al día, se observa una disminución en el intervalo parto primera ovulación de 61 a 52 días y el porcentaje de hembras ovulando incrementó de 70 a 88.8%, en comparación con el amamantamiento continuo (Morales-Terán *et al.*,2004).

Por otro lado la nutrición también ha mostrado afectar la reproducción postparto. Numerosos estudios a cerca de la relación nutrición-reproducción han evaluado diversos ingredientes de la dieta para determinar si pueden afectar la función ovárica y la reproducción postparto.

## **2.8 Participación de los ácidos grasos en el retorno a la actividad reproductiva postparto**

Las grasas, derivadas de animales o plantas, son nutrientes importantes que proveen energía, ácidos grasos y vitaminas liposolubles. En general, las grasas de origen animal son altas en ácidos grasos saturados, mientras que las grasas provenientes de plantas (aceites) son altas en ácidos grasos insaturados (Divakar y Kastelic, 2003).

La reproducción en rumiantes está estrechamente relacionada con la disponibilidad de energía, la grasa es uno de los nutrimentos que aparentemente inicia la reproducción postparto incrementando el estatus energético, o bien, por procesos independientes del consumo de energía (De Fries *et al.*, 1998). En ambos casos se ha reportado una estimulación del crecimiento folicular y de la función luteal. Diversos estudios sugieren que el desarrollo folicular ovárico y la función luteal observada al suplementar grasas y aceites al ganado son debidos a cambios en las concentraciones séricas de hormonas metabólicas o sus metabolitos que pueden actuar a nivel eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Lucy *et al.*, 1992), por lo que puede llegar a ser una herramienta importante para reducir el anestro postparto. Se han utilizado varias fuentes de ácidos grasos pero particularmente el ácido linoleico (C18:2) presente en el

maíz y la soya y el linolénico (18:3) en los forrajes, son los que han mostrado tener un mayor impacto en la reproducción en rumiantes en periodo postparto.

Las grasas y aceites de la dieta pueden experimentar modificación en el rúmen, 60 a 90% de ácidos grasos insaturados son biohidrogenados en el rúmen antes de llegar a intestino delgado para su absorción (Murphy *et al.*, 1987). Mediante cánulas ruminales y duodenales, en vacas lactando se ha calculado que la biohidrogenación *in vitro* de ácidos grasos C:18 es de aproximadamente el 70% usando cánulas ruminales y duodenales en vacas lactando, entonces, la biohidrogenación no es 100% eficiente, por lo tanto solo aproximadamente 25% de los ácidos grasos insaturados consumidos se pueden absorber en intestino delgado para ser distribuidos para el metabolismo en tejidos (Klusmeyer y Clark, 1990).

En ganado lechero, haciendo ciertas suposiciones de consumo y de biohidrogenación, se estima que las cantidades de ácido linoleico que llegan al intestino delgado al suplementar aceites es de 2 a 120 g día<sup>-1</sup> por vaca. Por lo tanto, sí el ácido linoleico juega un único papel en la función reproductiva para las vacas lecheras lactantes, estas pequeñas cantidades pueden indicar la potencia de éste ácido graso (Stapples *et al.*, 1998).

Se manejan varias hipótesis acerca del mecanismo o mecanismos de acción por medio de los cuales las grasas de la dieta pueden afectar el comportamiento reproductivo de los animales: 1) disminución del balance energético negativo llegando así a un temprano retorno al estro en periodo postparto y mejora de la fertilidad, 2) incremento en la esteroidogénesis lo que mejora la fertilidad, 3) Alteración de la concentración de insulina la cual es un potente estimulador de la función celular ovárica y 4) una estimulación o inhibición de la producción y liberación de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  la cual influencia la persistencia del CL (Lammoglia *et al.*, 1996; Stapples *et al.*, 1998; Mattos *et al.*, 2000). El último punto, es la hipótesis más aceptada sobre el efecto de los ácidos grasos, particularmente el ácido linoleico en el periodo postparto. Al

respecto, Lammonglia *et al.* (1996), señalan que las raciones que contienen altas concentraciones de ácido linoleico, el precursor del ácido eicosapentanoico (inhibidor competitivo de PGF<sub>2</sub> $\alpha$ ) pueden inhibir la síntesis de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  a través de mecanismos como la disminución de la disponibilidad de su precursor el ácido araquidónico e incrementando la competencia por este ácido graso con ácido araquidónico por la unión de prostaglandina H sintasa, y por la inhibición de la síntesis de prostaglandina H sintasa y su actividad.

## **2.9 Efecto de los ácidos grasos en el anestro postparto y en el desarrollo folicular**

La suplementación con grasas y aceites promueve el desarrollo de folículos ováricos durante el periodo postparto temprano. Por medio de ultrasonografía, se observó que al proporcionar ácidos grasos protegidos (Ca-LCFA) en vacas al momento del parto, ocurría un aumento en el número de folículos medianos (6-9 mm), y el número de folículos pequeños (3-5 mm) disminuyó antes de 25 días postparto, lo que refleja un cambio de folículos de tamaño pequeño a mediano. Durante el estro sincronizado, después de 25 d postparto, el número de folículos pequeños (3-5 mm) y grandes (>15 mm) incrementó en vacas alimentadas con Ca-LCFA. Un gran número de folículos pequeños puede reflejar un mayor pool de folículos disponibles para desarrollo subsecuente (Scott *et al.*, 1995).

En general el uso de grasas de origen animal o aceites vegetales, en las dietas en ganado lechero durante el periodo postparto ha mostrado promover el desarrollo folicular; sin embargo, aunque se observa un incremento de ácido linoleico en plasma y el PGFM no hay una mejora significativa de la fertilidad postparto, aunque esto puede depender más de la condición corporal de los animales en este periodo (Lammonglia *et al.*, 1996; Filley *et al.*, 1999; Filley *et al.*, 2000).

Beam y Butler (1997) al suplementar tres niveles de grasa animal en el periodo postparto, observaron que las dietas altas en grasa incrementan el diámetro folicular en el período postparto temprano sin importar el estatus metabólico del animal, el fallo en la ovulación se relacionó con bajos niveles de estradiol e IGF-I . De manera similar, Oldick *et al.* (1997), compararon tres fuentes energéticas glucosa, sebo y grasa amarilla, observaron un aumento en la concentración plasmática de progesterona al suplementar la grasa amarilla, así mismo en estos animales la tasa de crecimiento promedio y tamaño máximo del FD de la primera oleada fue mas grande con sebo que con grasa amarilla. Las respuestas ováricas y uterinas fueron dependientes de la fuente de energía.

Dos grupos de vacas en periodo postparto en excelente condición corporal recibieron 5.2% de grasa en la dieta, aportada por el salvado de arroz como fuente de ácido linoleico o 3.7% (testigo) en la dieta después del parto. El número de folículos pequeños (< 4.0 mm), medianos (4.0 a 7.9 mm) y totales fueron mayores en la dieta con 5.2% de grasa que en el grupo testigo 29 d después del parto. El tratamiento no afectó la concentración de progesterona en plasma, sin embargo, hubo una tendencia a incrementar la tasa de preñez en vacas que recibieron el suplemento que en las del grupo testigo (94.1 vs 71.4%; De Fries *et al.*, 1998).

El uso de ácidos grasos en dietas para ovinos para reducir el anestro postparto no se ha documentado. Sin embargo, la respuesta a la suplementación con ácidos grasos en periodo de ciclicidad estral es variable. López-Molina *et al.* (1995), señalan que las dietas altas en ácidos grasos insaturados incrementan las concentraciones de lipoproteínas en vacas de carne y ovejas Pelibuey, lo que ha mostrado mejorar el colesterol en tejidos esteroideogénicos, lo que puede mejorar la fertilidad. Espinoza *et al.* (1997) probaron dos niveles de jabones cálcicos de ácidos grasos en ovejas Pelibuey, 2.5% (M25) y 5.0% (M50), y observaron que la

concentración de insulina en suero fue mayor en M25 que en M50 (3.4 ng ml<sup>-1</sup> vs 2.1 ng ml<sup>-1</sup>). La concentración de colesterol total también fue mayor en ovejas tratadas que en las testigo. La hipercolesteronemia aumentó la síntesis de progesterona, la concentración de esta hormona en suero fue mayor del día 9 al 11 del ciclo en ovejas que recibieron los jabones cálcicos.

Herrera Camacho *et al.*, 2003, señalan que al suplementar aceite de maíz (AM) como fuente de ácidos grasos poliinsaturados, la población de folículos medianos (4-5mm) fue mayor en el grupo AM con respecto al grupo testigo (11.28±1.12 vs 8.80±0.93 folículos por oveja, respectivamente). Así mismo, en los folículos grandes o preovulatorios ( $\geq$  6mm) se observó un promedio superior en el grupo AM que en las ovejas que no recibieron suplementación con aceite (2.28±0.22 vs 1.0±0.13, respectivamente). El diámetro folicular máximo fue superior en el grupo suplementado AM (7.12±0.22 mm) que en el grupo testigo (5.56±0.25 mm), aunque se observó una respuesta en la dinámica folicular no se modificaron de manera significativa las concentraciones plasmáticas de FSH, GH, Insulina, IGF-1, ni la fertilidad.

La infusión con aceite de soya (como fuente de ácido linoleico) en ovejas del día 9 al 13 del ciclo estral, durante 5 horas, no afectó el número de folículos > 4 mm de diámetro en animales que recibieron la infusión de aceite en comparación con el grupo testigo, así mismo incrementó la concentración en suero de progesterona, pero acortó el ciclo estral, lo cual se atribuye al incremento prematuro de prostaglandinas medido como PGFM (Burke *et al.*, 1996).

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Para satisfacer la demanda de carne ovina en el país es necesario incrementar la eficiencia reproductiva de los rebaños. Los ovinos de pelo son una alternativa viable para cubrir dicho déficit dada su capacidad de adaptación a los diversos ambientes climáticos del país, por lo que actualmente se encuentran ampliamente distribuidos. Sin embargo, es necesario implementar alternativas de manejo prácticas y de bajo costo que permitan incrementar su productividad. Esto es posible promoviendo el desarrollo de un mayor número de folículos que sean capaces de ovular lo que repercutirá directamente en un aumento de la tasa ovulatoria y consecuentemente de la prolificidad del rebaño.

Otra estrategia que puede ser utilizada es incidir en el anestro postparto, ya que al acortar este periodo puede aumentar el número de crías que pueden obtenerse por oveja por año. En ganado lechero se ha recurrido a estrategias nutricionales como la suplementación con aceites, lo que ha mostrado promover el desarrollo folicular y la ovulación y con esto acortar el anestro postparto, además del manejo del amamantamiento que ha mostrado buenos resultados en ganado bovino y ovino para reducir el periodo parto-primera ovulación y el uso de tratamientos hormonales que aunque han mejorado el desempeño productivo de las ovejas representan un costo alto para el productor. Por lo que, el objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta a la suplementación con aceite de soya crudo y el manejo del amamantamiento sobre la dinámica folicular y la respuesta productiva antes del empadre y en periodo postparto de ovejas de pelo.

Las hipótesis planteadas fueron: 1) la suplementación con aceite de soya crudo incrementa el número de folículos en fase de reclutamiento (2-3 mm de diámetro) aumentando así la tasa ovulatoria. 2) la restricción del amamantamiento y la suplementación con aceite de soya reinician el desarrollo folicular más temprano después del parto en las ovejas que

amamantan continuamente y no reciben un suplemento con aceite de soya 3) la tasa de gestación en periodo postparto y la prolificidad pueden mejorarse restringiendo el amamantamiento y mediante un suplemento con aceite de soya crudo.

## **IV. ESTUDIOS REALIZADOS**

### **4.1 Estudio I**

#### **DESARROLLO FOLICULAR Y TASA OVULATORIA EN OVEJAS DE PELO SUPLEMENTADAS CON ACEITE DE SOYA**

##### **4.1.1 Resumen**

Con la finalidad de evaluar el efecto de la suplementación con aceite de soya y la condición corporal (CCo) sobre la dinámica folicular (diámetro y número de folículos) y tasa ovulatoria (TO; número de cuerpos lúteos (CL) detectados por ultrasonografía) en ovejas de pelo, se realizaron dos experimentos, uno en el mes de marzo (época 1, n=60) y otro en noviembre (época 2, n=64). En cada época, las ovejas se sometieron a un régimen de alimentación durante dos meses, cubriendo 65% ó 125% de sus requerimientos de mantenimiento para llevar a las ovejas a una CCo de 2 (Condición baja, CB) y 4 (condición alta, CA). Los tratamientos evaluados consistieron en proporcionar un suplemento con aceite de soya (AS) o concentrado comercial (CC) y fueron: CBAS, CBCC, CAAS y CACC. El suplemento se proporcionó 14 días antes y 7 días después del empadre. La sincronización se realizó con esponjas intravaginales y 24 horas después de retirado el progestágeno, se determinó el número de folículos pequeños (2-3 mm de diámetro), medianos (4-5 mm) y grandes o preovulatorios (>6 mm) y la TO 9 días después de la inseminación, por medio de ultrasonografía. No hubo efecto de la CCo y la interacción CCo por tipo de suplemento en las variables estudiadas en ambas épocas ( $P>0.05$ ). En la época 1, las ovejas que consumieron el AS presentaron menor número de folículos de 2-3 mm, mayor número de folículos > 6mm y mayor TO que las que consumieron CC. En la época 2, hubo un menor número de folículos de 2-3mm, en ovejas que consumieron AS. Las ovejas de CAAS presentaron mayor número de folículos de 2-3 mm en la época 1 que en la 2 ( $1.27\pm 0.14$ ;  $P<0.05$ ), así como mayor TO

( $1.80 \pm 0.23$ ;  $P < 0.05$ ). La suplementación con aceite soya puede incrementar la TO en ovejas de pelo en la época en que disminuyen su actividad reproductiva.

**Palabras clave:** Desarrollo folicular, tasa ovulatoria, ovejas de pelo, aceite de soya, ácido linoleico.

### 4.1.2 Introducción

La eficiencia reproductiva de un rebaño es producto de tres factores: fertilidad, prolificidad y sobrevivencia de los corderos. La prolificidad está determinada por la tasa de ovulación y puede ser mejorada por medio de la nutrición (Viñoles, 2003).

Blache (2003) señaló que algunos estados fisiológicos, de especies domésticas y silvestres, el balance de energía es el regulador más importante de la función reproductiva debido a que la reproducción demanda mucha energía. Las señales involucradas en la reproducción actúan principalmente a nivel de ovario y en menor grado en los sistemas neuroendocrinos que controlan la ovulación.

La suplementación con grasas y aceites en la dieta de los rumiantes puede afectar la función ovárica, promoviendo el desarrollo folicular y la tasa de ovulación (Burke *et al.*, 1996). Sin embargo, la respuesta fisiológica observada al suplementar grasas y aceites es variable. Por ejemplo, la alimentación o infusión de grasas y aceites a ganado bovino antes del apareamiento y durante el período postparto provoca un incremento en el número de folículos (Lucy *et al.*, 1990; Lucy *et al.*, 1991) así como, el número y tamaño de los folículos preovulatorios (FP; Hightshoe *et al.*, 1991, Lucy *et al.*, 1992; Beam y Buttler, 1997). Adicionalmente, se ha observado un incremento en las concentraciones de colesterol, triglicéridos, ácidos grasos libres y progesterona lo que sugiere que son los ácidos grasos y no la energía adicional, los que estimulan la función ovárica (Mattos *et al.*, 2000). Por otro lado, ácidos grasos también promueven la síntesis uterina de prostaglandinas (PG) en rumiantes (Reynolds *et al.*, 1981) lo que puede afectar la función folicular o luteal. Lucy *et al.* (1990) al administrar grasa animal a la mitad de la fase luteal a vacas, observaron ciclos estrales de duración corta, posiblemente debido a un incremento prematuro en la concentración de prostaglandinas; en ovejas, Reynolds *et al.* (1981) observaron que se estimula la producción

de PGE<sub>1</sub> o PE<sub>2</sub>, las cuales son luteotrópicas. Por consiguiente el objetivo del presente estudio fue determinar si el suplemento con aceite de soya como fuente alimenticia de ácido linoleico suministrado antes de la inseminación, promueve el desarrollo folicular y aumenta la tasa ovulatoria en ovejas de pelo.

#### **4.1.3 Materiales y métodos**

##### **4.1.3.1 Ubicación**

Se realizaron dos estudios en diferentes épocas, uno durante el mes de marzo (época 1-E1; época en la cual las ovejas disminuyen su actividad reproductiva) y el segundo durante el mes de noviembre (época 2-E2; época reproductiva); los trabajos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México. Se localiza a 19°29'N y 98°53'O, a una altitud de 2250 msnm. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano Cb (wo)(w)(i)g, con precipitación de 636.5 mm y temperatura media anual de 15.2°C (García,1988).

##### **4.1.3.2 Animales y alimentación**

En E1 se utilizaron 60 ovejas de pelo multíparas, con una edad media de  $4.0 \pm 1.5$  años. Para lograr que las ovejas tuvieran una condición corporal de 2 y 4 (escala 1-5), las ovejas con peso medio de  $33.65 \pm 1.04$  se sometieron por un periodo de 60 días a un régimen de alimentación que cubría el 65% ó 125% de sus requerimientos de mantenimiento. Las ovejas se alimentaron con diferentes cantidades de la misma dieta de acuerdo al nivel de nutrientes requerido ( $65\% = 0.62 \text{ kg de MS animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$  y  $125\% = 1.14 \text{ kg de MS animal}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). La dieta consistió de forraje de avena (Anexo 1) *ad libitum* y concentrado comercial con

15.2% de PC y 2.5 Mcal de EM kg<sup>-1</sup> (Anexo 2), sales minerales (Anexo 4) y agua a libre acceso. Al final del período de restricción las ovejas presentaron condición corporal baja (CB) de 2 y peso medio 25.0± 2.04 kg (CB); después del período de sobrealimentación la condición corporal fue alta (CA) de 4 y peso medio de 40.0 ± 3.07 kg. En E2 se utilizaron 64 ovejas después del destete, el grupo CB tuvo peso medio de 26.0±1.7 kg y CA de 39.0±1.3 kg.

#### **4.1.3.3 Tratamientos**

En ambas épocas, una vez que las ovejas estaban en la condición corporal deseada, se proporcionó en la dieta un suplemento con aceite de soya (AS; Anexo 3) o concentrado comercial (CC), durante tres semanas, como se aprecia en la Figura 1. Las ovejas en CB y CA se dividieron en dos, conformando cuatro tratamientos: CBAS (n=15), CBCC (n=15), CAAS (n=15) y CACC (n=15). En E2 se conformaron los mismos tratamientos sólo que en este caso el número de hembras por tratamiento fue de 16.

#### **4.1.3.4 Suplementación**

El suplemento aportó 2.52 Mcal de EM y 15.5 % de PC; para su elaboración se utilizó aceite de soya crudo como fuente de ácido linoleico (52% ácido linoleico) y se proporcionó a razón de 0.6 kg oveja<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>; además consumieron forraje de avena, sales minerales y agua a libre acceso.

#### **4.1.3.5 Manejo reproductivo de las hembras**

La sincronización del estro se realizó con esponjas intravaginales que contenían 40 mg de acetato de fluorogestona (Chrono-Gest, Intervet®), las cuales permanecieron durante 12 días (Figura 1); tres días antes de colocar las esponjas, inició la suplementación y terminó 7

días después de retirarlas; 24 horas después del retiro de la esponja, por medio de ultrasonografía en tiempo real, se realizó el conteo de folículos presentes en ambos ovarios utilizando un transductor transrectal de 7.0 MHz integrado a un equipo de ultrasonografía (Aloka SSD 500). Los folículos se clasificaron de acuerdo a su diámetro en pequeños (2-3 mm), medianos (4-5 mm) y grandes o preovulatorios (>6 mm; Ravindra *et al.*, 1994). Los estros se detectaron 12 h después de retirado el progestágeno con carneros provistos de mandil para evitar la cópula; las hembras que presentaron estro fueron inseminadas artificialmente 24 h después (Figura 1). La tasa ovulatoria se determinó contando los CL en ambos ovarios, 9 días después de la inseminación por medio de ultrasonografía.

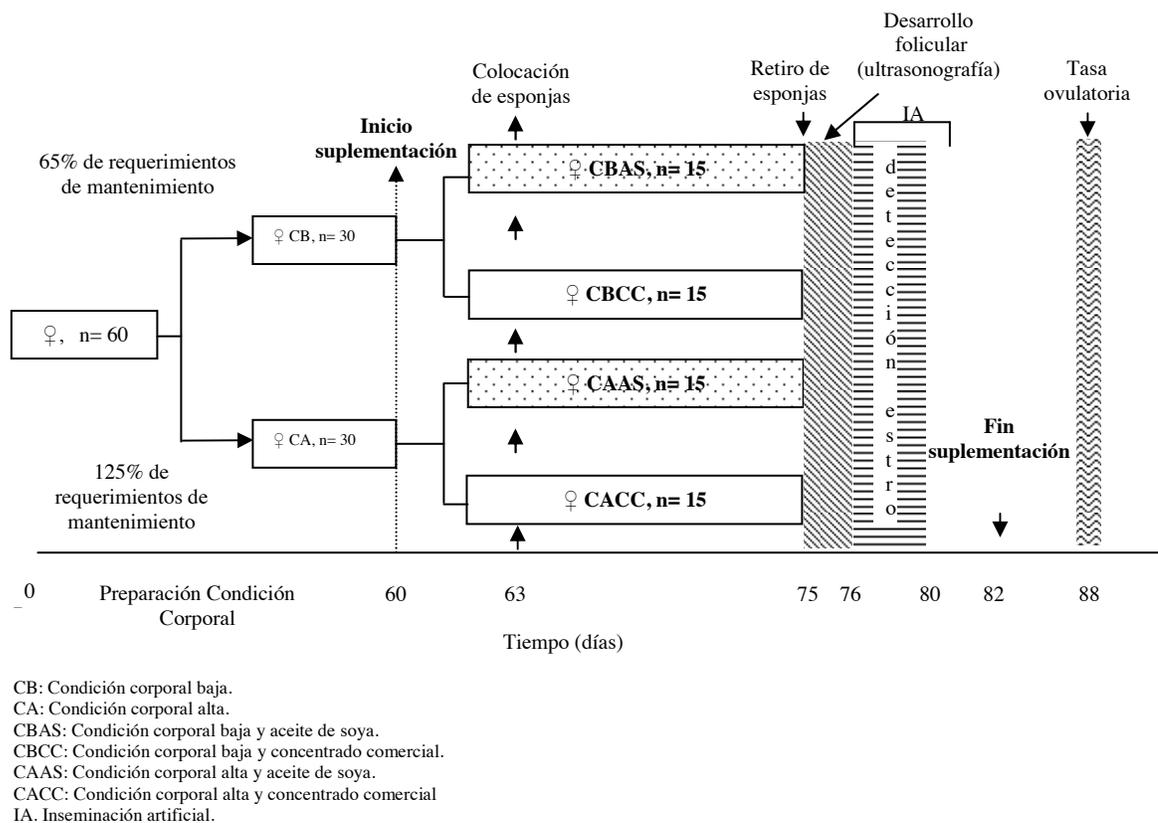


Figura 1. Diseño del experimento y representación esquemática de los tratamientos.

#### 4.1.3.6 Variables estudiadas

Se observó el número de ovejas en estro, número de folículos de 2-3 mm de diámetro (pequeños), número de folículos de 4-5mm de diámetro (medianos) y número de folículos >6 mm de diámetro (preovulatorios) en ambos ovarios después del retiro de la esponja y la tasa ovulatoria.

#### 4.1.3.7 Análisis estadístico

El número de ovejas en estro (presencia o ausencia de estro) se analizó utilizando el procedimiento CATMOD de SAS y el número de folículos por diámetro y tasa ovulatoria por el procedimiento GLM de SAS (2004): El análisis se hizo en cada época mediante un diseño completamente al azar de efectos fijos en arreglo factorial 2x2, considerando como factores: la suplementación (AS y CC) y la condición corporal (CB y CA):

$$Y_{ij} = \mu + C_i + G_j + C G_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor observado de la variable respuesta.

$\mu$  = Constante que caracteriza a la población.

$C_i$  = Efecto fijo de la condición corporal en su i-ésimo nivel (i= alta, baja).

$G_j$  = Efecto fijo del tipo de suplemento en su j-ésimo nivel (j= AS, CC).

$C G_{ij}$  = Efecto de la interacción condición corporal y tipo de suplemento.

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a  $Y_{ijk}$  ;  $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$

Posteriormente el análisis se realizó entre épocas, para lo cual se incluyó en el modelo el factor época con sus respectivas interacciones. Se realizó la prueba de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) para medias de tratamientos.

#### 4.1.4 Resultados y discusión

##### 4.1.4.1 Desarrollo folicular en la época 1

El análisis no mostró diferencias para la condición corporal y la interacción condición corporal por tipo de suplemento para ninguna de las variables (Anexo 7), situación contraria fue observada para el tipo de suplemento ( $P < 0.05$ ), donde las ovejas que consumieron el suplemento AS tuvieron menor número de folículos pequeños, mayor número de folículos  $> 6$  mm y mayor tasa ovulatoria respecto a las ovejas que consumieron CC (Cuadro 1), el número de folículos 4-5 mm no fue afectado por el tipo de suplemento ( $P > 0.05$ , Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del tipo de suplemento en el desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas de pelo en la época 1.

Suplemento	n	Diámetro folicular $\pm$ E. E.			Tasa ovulatoria $\pm$ E. E.
		2-3 mm	4-5 mm	$>6$ mm	
AS	30	$8.20 \pm 0.46b$	$0.80 \pm 0.12a$	$1.36 \pm 0.12a$	$1.77 \pm 0.14a$
CC	30	$10.36 \pm 0.46a$	$1.00 \pm 0.12a$	$0.96 \pm 0.12b$	$1.27 \pm 0.14b$

AS: aceite de soya, CC: concentrado comercial, E. E: error estándar.

ab Valores con distinta literal en la misma columna, son diferentes ( $P < 0.05$ ).

Hubo menor respuesta de las ovejas de CBCC a la sincronización estral ( $P < 0.05$ ; Cuadro 2). La población de folículos de 2-3 mm fue igual en CBCC y en las ovejas de CACC ( $P > 0.05$ ), si hubo diferencias con respecto a CBAS y CAAS ( $P < 0.05$ ; Cuadro 2). No se observaron diferencias entre tratamientos en el número de folículos de 4-5 mm y  $> 6$  mm ( $P > 0.05$ ; Cuadro 2). Se observó una tasa ovulatoria similar en las ovejas de CBAS, CAAS y CACC ( $P > 0.05$ ), pero sí hubo diferencia ( $P < 0.05$ ) con respecto a las ovejas de CBCC (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de ovejas en estro y medias de tratamientos  $\pm$  E.E. en ovejas de pelo en la época 1.

Tratamiento	n	Ovejas en estro	Folículos 2-3 mm $\pm$ E. E.	Folículos 4-5 mm $\pm$ E. E.	Folículos >6 mm $\pm$ E. E.	Tasa ovulatoria $\pm$ E. E.
CBAS	15	13a	8.20 $\pm$ 0.49b	0.73 $\pm$ 0.18a	1.33 $\pm$ 0.17a	1.40 $\pm$ 0.20ab
CBCC	15	10b	10.93 $\pm$ 0.65a	0.80 $\pm$ 0.19a	0.87 $\pm$ 0.12a	0.87 $\pm$ 0.17b
CAAS	15	14a	8.20 $\pm$ 0.55b	1.27 $\pm$ 0.14a	1.40 $\pm$ 0.20a	1.80 $\pm$ 0.22a
CACC	15	13a	9.80 $\pm$ 0.46ab	0.80 $\pm$ 0.17a	1.07 $\pm$ 0.17a	1.27 $\pm$ 0.20ab

CBAS: condición corporal baja y aceite de soya, CACC: condición corporal baja y concentrado comercial, CAAS: condición corporal alta y aceite de soya, CACC: condición corporal alta y concentrado comercial, E. E: error estándar.  
ab Valores con distinta literal en la misma columna, son diferentes ( $P < 0.05$ ).

Estos resultados no concuerdan con lo encontrado por Herrera-Camacho *et al.* (2003) quienes al suplementar con aceite de maíz como fuente de ácidos grasos poliinsaturados a ovejas Pelibuey durante 21 días, observaron un mayor número de folículos pequeños en las ovejas que consumieron el aceite de maíz respecto al grupo testigo ( $7.5 \pm 1.02$  y  $6.13 \pm 0.80$ , respectivamente). Esta respuesta no es consistente con lo reportado en la literatura, ya que de acuerdo con Gutiérrez *et al.* (1997), el número de folículos puede afectarse por el nivel nutricional; Haresing (1981) señaló que la suplementación nutricional a corto plazo previene el nivel de atresia de los folículos principalmente en la etapa de reclutamiento folicular y probablemente en el crecimiento folicular permitiendo así un mayor desarrollo de éstos hasta el estado preovulatorio.

Aunque en este estudio no hubo efecto significativo de la condición corporal de los animales ( $P > 0.05$ ) para las variables estudiadas, Rhind y McNeilly (1986) señalan que la condición corporal antes de aplicar el “flushing” condiciona la respuesta a la suplementación; se ha descrito una mejor respuesta en ovejas con alta condición corporal que en aquellas de baja condición (Leury *et al.*, 1990). Viñoles *et al.* (2002) reportaron que ovejas con alta condición corporal tienen alta tasa ovulatoria la cual es acompañada por incrementos de FSH y bajas concentraciones de estradiol durante la fase folicular, comparadas con ovejas en baja

condición corporal. Asimismo, Viñoles *et al.* (2005) señalaron que el número de folículos disponibles para la acción de hormonas metabólicas puede ser clave en estimular la tasa ovulatoria ya que las ovejas con alta condición corporal tienen un mayor número de folículos dependientes de gonadotropinas; así, las señales metabólicas que actúan en una cohorte mayor de folículos pueden tener mayor oportunidad de rescatar folículos de la atresia y así estimularla; aunque en éste estudio las ovejas de CAAS presentan una tasa ovulatoria más alta, no existe diferencia con respecto a las ovejas de CACC y CBAS, por lo que los resultados no son concluyentes al respecto.

#### 4.1.4.2 Desarrollo folicular en la época 2

El análisis no mostró diferencias para la condición corporal y la interacción condición corporal por tipo de suplemento ( $P > 0.05$ ) para ninguna de las variables (Anexo 8), pero si hubo diferencias por tipo de suplemento solo en el número de folículos de 2-3 mm ( $P < 0.05$ ), en donde las ovejas que consumieron CC tuvieron mayor número de folículos este diámetro que las ovejas que consumieron AS (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto del tipo de suplemento en el desarrollo folicular y la tasa ovulatoria en ovejas de pelo en la época 2.

Suplemento	n	Diámetro folicular $\pm$ E. E			Tasa ovulatoria $\pm$ E. E.
		2-3 mm	4-5 mm	>6 mm	
AS	32	7.87 $\pm$ 0.27b	0.69 $\pm$ 0.11a	1.13 $\pm$ 0.10a	1.43 $\pm$ 0.09a
CC	32	9.93 $\pm$ 0.27a	0.81 $\pm$ 0.11a	1.25 $\pm$ 0.10a	1.54 $\pm$ 0.10a

AS: aceite de soya, CC: concentrado comercial, E. E: error estándar.

ab Valores con distinta literal en la misma columna, son diferentes ( $P < 0.05$ ).

Las ovejas de CBCC tuvieron una mejor respuesta a la sincronización, respecto a CBAS, CAAS y CACC ( $P < 0.05$ ). Se observó mayor número de folículos de 2-3 mm en CBCC ( $P < 0.05$ ), con respecto a las de CBAS y CAAS pero no fue diferente con las ovejas de CACC y estas mostraron resultados similares a las de CBAS y diferentes de CAAS (Cuadro

4). No hubo diferencia entre tratamientos ( $P>0.05$ ) en el número de folículos de 4-5 mm, >6mm y tasa ovulatoria (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de ovejas en estro y medias de tratamientos en ovejas de pelo en la época 2.

Tratamiento	n	Ovejas en estro	Folículos 2-3 mm ± E. E.	Folículos 4-5 mm ± E. E.	Folículos >6 mm ± E. E.	Tasa ovulatoria ± E. E.
CBAS	16	13b	8.00 ± 0.47bc	0.69 ± 0.18a	1.25 ± 0.16a	1.25 ± 0.20a
CBCC	16	15a	10.56 ± 0.63a	0.75 ± 0.18a	1.19 ± 0.12a	1.31 ± 0.17a
CAAS	16	12b	7.75 ± 0.53c	0.69 ± 0.13a	1.00 ± 0.19a	1.00 ± 0.22a
CACC	16	13b	9.31 ± 0.44ab	0.88 ± 0.16a	1.31 ± 0.16a	1.38 ± 0.20a

CBAS: condición corporal baja y aceite de soya, CACC: condición corporal baja y concentrado comercial, CAAS: condición corporal alta y aceite de soya, CACC: condición corporal alta y concentrado comercial, E. E: error estándar.  
ab Valores con distinta literal en la misma columna, son diferentes ( $P<0.05$ ).

Estos resultados tampoco concuerdan con lo reportado en la literatura ya que Herrera-Camacho *et al.* (2003) reportan un incremento en el número de folículos de 4-5 mm al suplementar aceite de maíz, pero sin cambios en los niveles plasmáticos de FSH, GH, IGF-1 e insulina. Al respecto existe controversia ya que Scaramuzzi *et al.* (1999) y Williams *et al.* (2001) señalaron que la suplementación a corto plazo incrementa las concentraciones plasmáticas de insulina e IGF-1, incrementando la respuesta a gonadotropinas y suprimiendo la apoptosis en los folículos. Por otro lado, en ganado bovino, el incremento en la población de folículos resultado de adicionar fuentes energéticas en la dieta puede ser debido, en parte, a un aumento en la secreción pulsátil de LH que estimula el estado tardío del crecimiento folicular (Mattos *et al.*, 2000) o a un incremento en las concentraciones circulantes de insulina (Stapples *et al.*, 1998), aumentando así la posibilidad de ovulación; sin embargo se requiere más investigación en este sentido.

En ésta época, la tasa ovulatoria permaneció sin cambio entre las ovejas de los diferentes tratamientos (Cuadro 4). En ganado ovino no existen evidencias concluyentes en cuanto al efecto de los ácidos grasos en la reproducción, ya que aunque la infusión de aceite en ovejas de condición corporal moderada ha resultado en un incremento en la tasa de

ovulación comparada al efecto “flushing”; Burke *et al.* (1996) no observaron diferencias en tasa ovulatoria al suministrar por medio de infusiones aceite de oliva, como fuente de ácido linoleico; solo observaron que la duración del ciclo estral fue más corto que en aquellas ovejas que sólo recibieron suero salino ( $16.2 \pm 0.4$  d y  $18.0 \pm 0.0$ , respectivamente), lo cual lo atribuyen al incremento prematuro en plasma de  $\text{PGF}_{2\alpha}$ , lo que ocasiona la luteólisis y el acortamiento del ciclo estral. El ácido linoleico es precursor de la síntesis de ácido araquidónico, el cual se puede convertir a prostaglandinas. Las prostaglandinas (PG)  $\text{E}_2$  y  $\text{PGF}_{2\alpha}$  son mediadores importantes de los procesos ovulatorios; su concentración en el fluido folicular incrementa rápidamente antes de la ovulación (Espey, 1994) y aunque Reynolds *et al.* (1981) y Huie *et al.* (1981) señalaron que los lípidos exógenos pueden estimular la producción de  $\text{PGE}_1$  o  $\text{PGE}_2$ , las cuales son luteotrópicas en la oveja, el incremento en las concentraciones de  $\text{PGE}_2$  al administrar por medio de infusiones aceite de oliva no fue suficiente para contrarrestar los efectos luteolíticos de la  $\text{PGF}_{2\alpha}$ .

#### **4.1.4.3 Comparación del desarrollo folicular entre épocas**

No se observaron efectos significativos para condición corporal, tipo de suplemento y época ( $P > 0.05$ ; Anexo 9), así como en la interacción triple de las variables estudiadas ( $P > 0.05$ ; Anexo 10), Sin embargo, la interacción suplemento por época mostró un efecto significativo en el número de folículos  $>6$  mm ( $P < 0.05$ ; Cuadro 5). Se observó un incremento en el número de folículos  $>6$  mm cuando las ovejas consumieron el suplemento con aceite de soya en la época 1; en la época 2, el consumo de aceite de soya y el de concentrado comercial presentan resultados similares en ésta variable. La tasa ovulatoria fue mayor cuando las ovejas

consumieron aceite de soya en la época 1 ( $P<0.05$ ), aunque el resultado es similar al observado cuando las ovejas consumen concentrado comercial en la época 2 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la interacción suplemento por época en el número de folículos  $> 6$  mm y tasa ovulatoria en ovejas sincronizadas.

Suplemento	Estación	n	Folículos $>6$ mm $\pm$ E. E.	Tasa ovulatoria $\pm$ E. E.
Concentrado Comercial	Época 2	32	1.25 $\pm$ 0.11b	1.34 $\pm$ 0.14ab
Concentrado Comercial	Época 1	30	0.966 $\pm$ 0.11c	1.07 $\pm$ 0.14b
Aceite Soya	Época 2	32	1.125 $\pm$ 0.11b	1.13 $\pm$ 0.14b
Aceite Soya	Época 1	30	1.36 $\pm$ 0.11a	1.60 $\pm$ 0.14a

Época 1: marzo, Época 2: noviembre, E.E: error estándar.

a b Valores con distinta literal en la misma columna, son diferentes ( $P<0.05$ ).

No se observaron diferencias en las medias de tratamientos entre épocas en el número de folículos de 2-5 mm ( $P> 0.05$ ). En la población de folículos de 4-5 mm, sólo se observaron diferencias en las ovejas de CAAS así como en la tasa ovulatoria ( $P<0.05$ ; Cuadro 6). En el número de folículos preovulatorios ( $>6$  mm), no se observaron diferencias entre épocas ( $P>0.05$ ; Cuadro 6).

Cuadro 6. Medias de tratamientos  $\pm$  E.E. en el desarrollo folicular en dos épocas reproductivas de ovejas de pelo.

TRAT	Estación	ovejas en estro	Folículos 2-3 mm $\pm$ E. E.	Folículos de 4-5 mm $\pm$ E. E.	Folículos $>6$ mm $\pm$ E. E.	Tasa ovulatoria $\pm$ E. E.
CBAS	Época 1	13/15	8.20 $\pm$ 0.49a	0.73 $\pm$ 0.18a	1.33 $\pm$ 0.17a	1.40 $\pm$ 0.20a
CBAS	Época 2	13/16	8.00 $\pm$ 0.47a	0.69 $\pm$ 0.18a	1.25 $\pm$ 0.16a	1.25 $\pm$ 0.20a
P			0.769	0.858	0.725	0.606
CBCC	Época 1	10/15	10.93 $\pm$ 0.65a	0.80 $\pm$ 0.19a	0.87 $\pm$ 0.12a	0.87 $\pm$ 0.17a
CBCC	Época 2	15/16	10.56 $\pm$ 0.63a	0.75 $\pm$ 0.18a	1.19 $\pm$ 0.12a	1.31 $\pm$ 0.17a
P			0.684	0.849	0.062	0.076
CAAS	Época 1	14/15	8.20 $\pm$ 0.55a	1.27 $\pm$ 0.14a	1.40 $\pm$ 0.20a	1.80 $\pm$ 0.23a
CAAS	Época 2	12/16	7.75 $\pm$ 0.53a	0.69 $\pm$ 0.13b	1.00 $\pm$ 0.19a	1.00 $\pm$ 0.22b
P			0.560	0.006	0.163	0.017
CACC	Época 1	13/15	9.80 $\pm$ 0.46a	0.80 $\pm$ 0.17a	1.07 $\pm$ 0.17a	1.27 $\pm$ 0.21a
CACC	Época 2	13/16	9.31 $\pm$ 0.44a	0.88 $\pm$ 0.16a	1.31 $\pm$ 0.16a	1.38 $\pm$ 0.20a
P			0.452	0.750	0.304	0.710

CBAS: condición corporal baja y aceite de soya, CA: condición corporal baja y concentrado comercial, CAAS: condición corporal alta y aceite de soya, CACC: condición corporal alta y concentrado comercial, E.E. Error estándar.

a b Valores con distinta literal en la misma columna, son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).

En cuanto al efecto de la época reproductiva en los tratamientos en este estudio, se observó un incremento en el número de folículos de 4-5 mm y en la tasa ovulatoria de ovejas con condición corporal alta que consumieron el suplemento de aceite de soya en la época 1 (mes de marzo; Cuadro 6) en donde teóricamente se presenta el anestro estacional. Aunque este resultado no puede ser del todo atribuido al efecto de la suplementación con aceite de soya, ya que en la oveja de pelo no existe el anestro estacional como tal, sólo se reporta una disminución de la actividad estral entre marzo y junio (época de anestro estacional; Arroyo *et al.*, 2007) y una variación en la dinámica folicular estacional en ovejas en subtrópicos (Alí *et al.*, 2006), lo que indica que algunas ovejas pueden tener actividad estral durante los meses de supuesto anestro estacional, independientemente de las variaciones estacionales que ocurren en el peso y la condición corporal (Arroyo *et al.*, 2007). No obstante, la interacción época x suplemento observada en este experimento, indica que puede haber un efecto más específico de los ácidos grasos en de la dinámica folicular de las ovejas, particularmente en la etapa de selección de los folículos que van a alcanzar el diámetro preovulatorio y lo que puede incrementar la tasa ovulatoria, ya que ésta es mayor cuando se ofrece el suplemento con aceite de soya en la época 1. Por ello, las investigaciones al respecto deben ser enfocadas a determinar cuál es el mecanismo de acción de los ácidos grasos a nivel ovárico y de las hormonas metabólicas que promueven mayor desarrollo folicular y consecuentemente incremento en la tasa ovulatoria.

#### **4.1.5 Conclusiones**

La condición corporal no afectó la respuesta de las ovejas a la suplementación. El consumo de aceite de soya disminuyó el número de folículos de 2-3 mm. El efecto más significativo del uso de aceite de soya se observó en marzo, donde las ovejas de pelo

disminuyen su actividad reproductiva, donde hubo disminución del número de folículos pequeños e incremento de los folículos preovulatorios ( $>6\text{mm}$ ), afectando positivamente la tasa de ovulación de las ovejas. El uso de aceite de soya puede ser una alternativa de manejo para incrementar la tasa ovulatoria durante la época en que las ovejas de pelo disminuyen su actividad reproductiva.

## **4.2 Estudio II**

### **LA RESTRICCIÓN DEL AMAMANTAMIENTO Y LA ADICIÓN DE ACEITE DE SOYA EN EL DESARROLLO FOLICULAR POSTPARTO EN OVEJAS DE PELO**

#### **4.2.1 Resumen**

Un experimento fue realizado a fin de evaluar el efecto de la restricción del amamantamiento y un suplemento con aceite de soya en el desarrollo folicular postparto. Veinticuatro ovejas de pelo fueron estudiadas durante el periodo postparto (PP) en el mes de enero y sus corderos. El amamantamiento fue restringido (AR) a 30 min dos veces al día en 12 ovejas y el resto amamantaron a su cordero continuamente (AC). A 6 ovejas de cada grupo se proporcionó un suplemento con aceite de soya (AS) y las otras 6 recibieron un concentrado comercial (CC). Los tratamientos evaluados fueron: ACCC, ACAS, ARCC y ARAS. Del día 8 al 32 postparto, las ovejas fueron examinadas diariamente por ultrasonografía transrectal registrando el número, diámetro y posición de las estructuras ováricas (folículos y cuerpos lúteos) presentes. En las ovejas en AR se observó días antes la emergencia del primer FDP ( $9.58 \pm 0.64$  días PP) que en ovejas en AC ( $11.58 \pm 0.64$  días PP;  $P < 0.05$ ), mientras que el consumo de AS retrasó la aparición del primer FDP. No hubo efecto de la interacción tipo de amamantamiento por tipo de suplemento ( $P > 0.05$ ). El primer folículo de diámetro preovulatorio (FDP:  $> 6$ mm) emergió en el ARCC antes ( $P < 0.05$ ) que en otros tratamientos (día  $7.66 \pm 0.89$ ) así como el día en que alcanzó su diámetro máximo (día  $10.83 \pm 0.99$ ). Este grupo presentó mayor número de FDP desarrollados durante el periodo de estudio sin diferencia con el resto de los T ( $P > 0.05$ ). Ninguno de los primeros FDP observados en cada una de las ovejas de los tratamientos ovuló, fue hasta el segundo, tercero y cuarto folículo cuando en ACCC y ACAS ovularon 2 ovejas y en ARCC y ARAS, 3 ovejas. El amamantamiento es un factor que retrasa el tiempo al cual reinicia la actividad ovárica

después del parto, el efecto del aceite de soya en el desarrollo folicular postparto no fue consistente.

**Palabras clave:** ovejas de pelo, desarrollo folicular, postparto, aceite soya, amamantamiento.

#### 4.2.2 Introducción

Existe un creciente interés por mejorar la eficiencia y la tasa reproductiva de las ovejas. Debido a que las ovejas tienen una gestación promedio de 142 a 147 d, teóricamente es posible obtener dos partos por año, para lo cual las ovejas deben estar gestantes entre 35 y 40 d postparto. Sin embargo, uno de los factores que más afecta el desempeño productivo de la oveja es el anestro postparto y el tiempo que transcurre del parto a la concepción, éste a su vez es afectado por la nutrición, involución uterina, época de parto, lactancia (López-Sebastian, 2001), así como por el amamantamiento (González *et al.*, 1991) por lo que el retorno a la actividad ovulatoria postparto se basa en una regulación coordinada del eje hipotálamo-hipófisis-ovario-útero que culmina con el primer estro y ovulación postparto (Slama *et al.*, 1996).

En bovinos y ovinos se ha estudiado ampliamente la dinámica folicular durante el ciclo estral con el fin de desarrollar estrategias de sincronización e inducción del estro (Adams *et al.*, 1992; Lucy *et al.*, 1992; Sakaguchi *et al.*, 2004; Ginther *et al.*, 1995; Viñoles *et al.*, 1999; Evans *et al.*, 2000). En ovinos, se han utilizado tratamientos hormonales para inducir la actividad estral en periodo postparto, obteniendo resultados satisfactorios en cuanto a fertilidad; pero hay poca información disponible sobre la actividad ovárica de las ovejas durante el inicio del postparto (Ainsworth *et al.*, 1982; Lewis *et al.*, 1981). Actualmente, se trabaja en técnicas hormonales, nutricionales y de manejo del amamantamiento, no solo para inducir la actividad ovulatoria postparto, sino también para mejorar la fertilidad y prolificidad en ganado ovino (Martínez, 1999).

El amamantamiento controlado es una práctica que ha mostrado reducir el intervalo parto-primera ovulación (Álvarez *et al.*, 1984), así como el amamantamiento restringido a 30 min dos veces por día (Morales-Terán *et al.*, 2004). Así mismo, se señala que la nutrición

afecta la reproducción postparto; particularmente, las grasas de origen animal o vegetal es uno de los nutrimentos que aparentemente la inicia, incrementando el estatus energético, o bien, por procesos independientes del consumo de energía (De Fries *et al.*, 1998, Mattos *et al.*, 2000). En ambos casos se reporta una estimulación del crecimiento folicular y la función luteal en vacas, esto debido a cambios en las concentraciones séricas de hormonas metabólicas o sus metabolitos que pueden actuar a nivel eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Lucy *et al.*, 1992), por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar si un suplemento con aceite de soya en periodo postparto temprano, promueve el desarrollo folicular en ovejas con amamantamiento restringido.

### **4.2.3 Materiales y métodos**

#### **4.2.3.1 Ubicación**

El estudio se realizó durante los meses de enero y febrero, en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Postgraduados (Ver 4.1.3.1 Estudio I).

#### **4.2.3.2 Animales**

En este experimento se utilizaron 24 ovejas de pelo multíparas y sus respectivos corderos. Las ovejas parieron en enero de 2006, con un peso medio de  $42.6 \pm 1.94$  kg y condición corporal de 3.5 (escala 1-5).

#### **4.2.3.3 Alimentación y Suplementación**

Después del parto todas las ovejas recibieron heno de avena (Anexo 1) a libre acceso y como suplemento a 50% de las ovejas se les proporcionó  $0.6 \text{ kg oveja}^{-1} \text{ d}^{-1}$  de concentrado

comercial (15.2% de PC y 2.5 Mcal de EM kg<sup>-1</sup>; Anexo 2), el otro 50% recibió un suplemento (2.52 Mcal de EM y 15.5 % de PC; Anexo 3) en el que para su elaboración se utilizó aceite de soya crudo como fuente de ácido linoleico (52 % ácido linoleico) y se proporcionó a razón de 0.6 kg oveja<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>; además las ovejas consumieron sales minerales (Anexo 4) y agua a libre acceso.

Los corderos, además de la leche materna, recibieron un concentrado iniciador (20% PC; Anexo 5) a libre acceso a partir del día 7 de edad.

#### **4.2.3.4 Tratamientos**

En el día 7 postparto, los tratamientos se asignaron a las ovejas. Seis ovejas consumieron alimento concentrado y seis consumieron el suplemento con aceite de soya y permanecieron continuamente con sus crías para definir los tratamientos: Amamantamiento continuo (AC) y concentrado comercial (n=6; ACCC) y Amamantamiento continuo y aceite de soya (n=6; ACAS). Las ovejas restantes se separaron de sus corderos para definir los tratamientos Amamantamiento restringido (AR) y concentrado comercial (n=6; ARCC) y Amamantamiento restringido y aceite de soya (n=6; ARAS), éstas ovejas amamantaban a sus crías dos veces al día durante 30 min (6:00 am y 4:00 pm).

#### **4.2.3.5 Desarrollo folicular postparto**

La examinación de los ovarios por ultrasonido se realizó a partir del día 8 hasta el día 32 postparto. Se utilizó un equipo Sonovet 600 (Medison, Universal Medical Systems Inc.), conectado a un transductor de 7.5 MHz. El transductor se fijó a una guía para facilitar su manipulación en el recto, con la oveja en posición parada.

Para cada observación y para cada ovario, se registró la presencia del cuerpo lúteo remanente de la gestación anterior (CLR), el número, el diámetro y posición relativa de los folículos pequeños (2-3 mm), medianos (4-5 mm) y grandes o de diámetro preovulatorio (FDP: > 6 mm; Ravindra *et al.*, 1994).

El folículo de diámetro preovulatorio (FDP) fue definido como aquel que emergió dentro de un grupo de folículos que crecieron de 2-3 mm, superó el diámetro de todos los otros folículos presentes y alcanzó un tamaño ovulatorio > 6mm. El día de emergencia del FDP se designó como el día en que éste se identificó retrospectivamente a un diámetro de 2-3 mm. Si más de un folículo alcanzaba el mismo tamaño máximo, el primero en lograr el diámetro máximo o que permanecía en ese tamaño por un periodo de tiempo mas largo, se registraba como el FDP. El folículo subordinado fue definido como aquel folículo de 3 mm que pudo ser seguido por ultrasonografía al menos por 3 días y pudo alcanzar un diámetro de 4-5mm. El día de ovulación se registró como el día en el cual un FDP en crecimiento que había sido identificado y seguido por varios días no se observó más (Viñoles *et al.*, 2001; Viñoles *et al.*, 2005).

#### **4.2.3.6 Variables estudiadas**

- 1) Identificación y posición en los ovarios del CLR.
- 2) Número de folículos pequeños y medianos en el ovario donde se desarrollaron junto con el FDP.
- 3) Características del primer FDP y de los que emergen posteriores al primero:
  - Día de emergencia del primer FDP en el periodo postparto.
  - Día y diámetro máximo logrado por el FDP y día de máximo crecimiento.

- Tasa de crecimiento del FDP para esto se determinó la duración del crecimiento del folículo, que fue el tiempo que tardó en crecer de 2-3 mm a su diámetro máximo. La tasa de crecimiento ( $\text{mm d}^{-1}$ ) se consideró como la diferencia entre diámetros máximo y mínimo del FDP dividido por la duración de su crecimiento (Alí *et al.*, 2007).

- Tasa de atresia del FDP, para esto se determinó la duración de la regresión del FDP que fue el tiempo que tomó el folículo para retornar de su tamaño máximo a un diámetro de 2-3 mm. La tasa de atresia ( $\text{mm d}^{-1}$ ) fue la diferencia entre diámetros máximo y mínimo del folículo preovulatorio dividido por la duración de su atresia (Alí *et al.*, 2007).

4) Número de FDP desarrollados antes de la ovulación o hasta el día 32 postparto.

5) Día en que ovuló el FDP.

#### 4.2.3.7 Análisis estadístico

La posición del CLR (ovario derecho o izquierdo) se analizó mediante el procedimiento CATMOD de SAS (2004); las variables correspondientes a las características del FDP, el número de folículos pequeños, medianos y el número de FDP desarrollados durante el periodo de estudio o antes de que el FDP ovulara se analizaron utilizando un modelo completamente al azar en arreglo factorial 2x2 por el procedimiento GLM de SAS (2004). Se realizó la prueba de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) para medias de tratamientos.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + G_j + AG_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor observado de la variable respuesta.

$\mu$  = Constante que caracteriza a la población.

$A_i$  = Efecto fijo del tipo de amamantamiento en su i-ésimo nivel (i= ar, ac).

$G_j$  = Efecto fijo del tipo de suplemento en su j-ésimo nivel (j= as, cc).

$C G_{ij}$  = Efecto de la interacción tipo de amamantamiento por tipo de suplemento.

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a  $\psi_{ijk}$  ;  $\varepsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$

## 4.2.4 Resultados y discusión

### 4.2.4.1 Posición en el ovario del cuerpo lúteo remanente de la gestación anterior

En el 50% del total de las ovejas (24 ovejas) se observó que el primer FDP emergió en el ovario contralateral al ovario en donde estaba presente el CLR (P<0.05). En el 25% de las ovejas el primer FDP se observó en el ovario ipsilateral al ovario con el CLR, en tres ovejas (12.5%) se identificó un CLR en cada ovario y en tres ovejas no se observó esta estructura (Cuadro 7).

Cuadro7. Localización del primer folículo de diámetro preovulatorio en relación a la presencia del cuerpo lúteo remanente de la gestación anterior en ovarios de ovejas de pelo en periodo postparto.

No. de oveja	ACCC		ACAS		ARCC		ARAS	
	CLR	1er FDP						
1	I	D	I, D	D	I	D	I	D
2	I	I	I	D	I	D	I	D
3	D	I	I, D	D	D	I	-	I
4	I	I	I	I	D	I	-	D
5	I	I	I, D	I	I	D	D	D
6	D	I	D	I	D	D	-	D

ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya, CLR: cuerpo lúteo remanente de la gestación anterior, FDP: folículo de diámetro preovulatorio. I= ovario izquierdo, D= ovario derecho

En la vaca (Dufour y Roy, 1985; Risco *et al.*, 1994) así como en la oveja (Wettenann, 1980; Hall *et al.*, 1993; Bartlewski *et al.*, 2000) se ha observado un efecto inhibitorio local del CLR en el desarrollo folicular del ovario ipsilateral al cuerno anteriormente grávido, debido a las

diferentes concentraciones circulantes de estrógeno vs progesterona y sus efectos en la constricción de vasos sanguíneos subováricos (Koziorowski *et al.*, 1989). Éste efecto se puede mantener hasta por 20 días en la vaca (Dufour y Roy, 1985), mientras que en la oveja la secreción de progesterona por el CLR en periodo postparto temprano parece ser mínima (Wettenann, 1980). Sin embargo, hay controversia en este hecho, ya que en estudios más recientes no se detectó un efecto del CLR en ovejas sobre el inicio del desarrollo folicular en periodo postparto (Avdi *et al.*, 2001). En este estudio, fue evidente el inicio de la actividad folicular en el ovario en donde no estaba presente el CLR en la mayoría de las ovejas, tomando como referencia el desarrollo del primer FDP, lo que corrobora en cierto grado los resultados obtenidos en investigaciones anteriores a cerca de la influencia del CLR en la actividad folicular durante el postparto. También se observó que un porcentaje menor de ovejas iniciaron su desarrollo folicular en el ovario en donde el CLR estaba presente. Por medio de técnicas de microscopía electrónica Perozo *et al.* (2006) observaron que en algunas ovejas y vacas conforme avanzan los días del ciclo, el cuerpo lúteo presentó un menor número de arterias y con menor diámetro, disminuyendo el número de anastomosis dentro de la estructura, haciendo más pobre la irrigación al mismo, por lo que es posible que en estas ovejas el sistema vascular que irriga al cuerpo lúteo sea de menor diámetro lo que ocasionaría la luteólisis a un menor tiempo después del parto permitiendo así, el desarrollo de un FDP en ese mismo ovario.

#### **4.2.4.2 Características del primer folículo de diámetro preovulatorio**

Este estudio mostró que las ovejas en AR el primer FDP emergió más temprano que en las ovejas en AC ( $P < 0.05$ ; Cuadro 8) y el FDP llegó a su diámetro máximo se observó antes ( $12.42 \pm 0.7$  d) que en las ovejas en amamantamiento continuo ( $P < 0.05$ ; Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto del tipo de amamantamiento en las características del primer folículo preovulatorio postparto.

CARACTERÍSTICA	AMAMANTAMIENTO	
	CONTÍNUO	RESTRINGIDO
<b>1er FDP</b>		
Día emergencia	11.58±0.64a	9.58±0.64b
Día diámetro máximo FDP	15.08±0.7a	12.42±0.7b
Diámetro promedio FDP (mm)	6.66±0.18a	6.83±0.18a
Tasa crecimiento FDP (mm d <sup>-1</sup> )	1.047±0.08a	1.22±0.08a
Tasa atresia FDP (mm d <sup>-1</sup> )	1.69±0.14a	1.23±0.15b

FDP: folículo de diámetro preovulatorio.

Valores con distinta literal en la misma fila son diferentes (P<0.05).

En este estudio, en las ovejas que no consumieron el aceite de soya, se observó que el primer folículo que llegó a estado preovulatorio después del parto, emergió más temprano en el periodo postparto que en las ovejas que consumieron el suplemento con aceite (Cuadro 9). De igual forma el FDP alcanzó su diámetro máximo más temprano cuando las ovejas no consumieron el aceite, que en las ovejas que lo consumieron (P<0.05, Cuadro 9). El aceite de soya no afectó el diámetro promedio del FDP, la tasa de crecimiento ni la tasa de atresia del folículo (P>0.05). No hubo efecto de la interacción tipo de amamantamiento por tipo de suplemento en ninguna de las características del primer FDP (P>0.05; Anexo 11).

Cuadro 9. Efecto del tipo de suplemento en las características del primer folículo preovulatorio postparto.

CARACTERÍSTICA	ACEITE EN LA DIETA	
	NO	SI
<b>1er FDP</b>		
Día emergencia	9.0±0.64b	12.16±0.64a
Día diámetro máximo FDP	12.16±0.7b	15.33±0.7a
Diámetro promedio FDP (mm)	6.71±0.18a	6.79±0.18a
Tasa crecimiento FDP (mm d <sup>-1</sup> )	1.14±0.08a	1.13±0.08a
Tasa atresia FDP (mm d <sup>-1</sup> )	1.62±0.14a	1.3±0.15a

FDP: folículo de diámetro preovulatorio.

Valores con distinta literal en la misma fila son diferentes (P<0.05).

Nett (1987) señaló que existen cambios en la actividad de los centros hipotalámicos sensitivos a varios factores como esteroides y amamantamiento que afectan la función de la hipófisis y subsecuentemente la función ovárica en ovejas durante el postparto.

Tanto en bovinos (Griffith y Williams, 1996; Gazal *et al.*, 1998; Villa-Godoy y Villagómez, 2000; Yavas y Walton 2000) como en ovinos (Moss *et al.*, 1980; Mandiki *et al.*, 1990) el reestablecimiento de los ciclos estrales en periodo postparto se retarda por la baja secreción de GnRH y consecuentemente de LH, el amamantamiento disminuye la liberación de GnRH por lo que el anestro postparto se prolonga, el destete aumenta la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH. Este hecho puede explicar que el primer folículo alcance su tamaño preovulatorio días antes en ovejas con AR que en ovejas con AC y coincide con lo reportado por Shirar *et al.* (1989), quienes señalan que los ciclos estrales se presentaron entre 3-5 semanas postparto en ovejas que no amamantan y en ovejas amamantando se pueden retardar tres semanas más (Mauleon y Dauzier, 1965; Schirar *et al.*, 1990; Morales-Terán *et al.* 2004), por lo tanto, la LH es el factor que limita el reinicio de la actividad ovárica durante el postparto y el amamantamiento aumenta la sensibilidad del hipotálamo al estradiol inhibiendo la secreción pulsátil de LH (Williams y Griffith, 1995).

El tipo de amamantamiento no afectó el diámetro promedio del FDP ni su tasa de crecimiento ( $P > 0.05$ ; Cuadro 8). Sin embargo, la tasa de atresia del FDP fue mayor en ovejas sometidas a amamantamiento continuo ( $1.69 \pm 0.14 \text{ mm d}^{-1}$ ) que en las ovejas en amamantamiento restringido ( $1.23 \pm 0.15 \text{ mm d}^{-1}$ ;  $P < 0.05$ ; Cuadro 8).

Los estados de desarrollo folicular son modulados por las gonadotropinas de manera organizada y cíclica. Durante el proceso completo de desarrollo folicular los folículos secuencialmente llegan a ser más sensibles a gonadotropinas (Webb *et al.*, 1999) por lo que la mayoría de los folículos se pierden en el proceso de atresia, ya que el factor crucial para continuar el desarrollo del folículo ovulatorio es su habilidad para sintetizar estradiol, los folículos ovulatorios tienen células de la granulosa con un gran número de receptores a LH y FSH y son más dependientes de LH (Baird, 1983), en este sentido la mayor velocidad de atresia observada

en folículos en ovejas con AC puede ser atribuida a que en el periodo temprano postparto la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH no se reestablece inmediatamente y mucho menos en ovejas amamantando por lo que la LH presente a ese tiempo tal vez no sea suficiente para mantener el crecimiento del folículo.

El uso de aceite durante el periodo postparto en vacas productoras de leche reduce el anestro postparto ya que su uso en este periodo ha mostrado estimular el crecimiento folicular y la función luteal (Lucy *et al.*, 1992) no obstante en ovejas el uso de aceite en el postparto no está documentado.

El ácido linoleico es un ácido graso que favorece la función reproductiva en ganado lechero durante el periodo postparto, llegando a intestino de 2 a 120 g por vaca (Thatcher *et al.*, 1994; Oldick *et al.*, 1997). Se estima que sólo 25% de los ácidos insaturados consumidos se absorben a nivel de intestino delgado en rumiantes (Klusmeyer y Clark, 1990). Considerando la cantidad tan variable del ácido graso que se absorbe, la respuesta observada en este experimento en las ovejas que consumieron el aceite de soya puede atribuirse a que la cantidad de ácido linoleico que escapó a la biohidrogenación en el rúmen no fue suficiente para producir una respuesta positiva en el desarrollo folicular postparto, debido a que las ovejas consumieron una cantidad fija del suplemento, por lo que son necesarios estudios que consideren el nivel de ácido graso que impacte en la reproducción postparto, así como la ruta metabólica que sigue el ácido graso para afectar el desarrollo folicular. Los resultados de este estudio señalan que el efecto del amamantamiento en ovejas es uno de los factores que limitan más que el factor nutricional, el retorno a la actividad ovárica después del parto. Sin embargo, son necesarios más estudios sobre los perfiles de hormonas metabólicas que permitan explicar estas observaciones.

#### 4.2.4.2.1 Medias de tratamientos en las características del primer FDP

Durante el periodo postparto, la emergencia del primer FDP se observó más temprano en las ovejas en el ARCC respecto a ACCC, ACAS y ARAS ( $P<0.05$ ). De igual forma, este folículo alcanzó su diámetro máximo días antes en las ovejas del ARCC que en otros tratamientos ( $P<0.05$ ; Cuadro 10); sin embargo, ninguno de éstos folículos ovuló.

Cuadro 10. Medias de tratamientos  $\pm$  E.E. en las características del primer folículo de diámetro preovulatorio detectado por ultrasonografía en ovejas de pelo en periodo postparto.

CARACTERÍSTICA	TRATAMIENTO			
	ACCC	ACAS	ARCC	ARAS
<b>1er Folículo Preovulatorio</b>				
Día emergencia	10.33 $\pm$ 0.89ab	12.83 $\pm$ 0.89a	7.66 $\pm$ 0.89b	11.5 $\pm$ 0.89a
Máximo diámetro FDP (d)	13.5 $\pm$ 0.99ab	16.66 $\pm$ 0.99a	10.83 $\pm$ 0.99b	14.0 $\pm$ 0.99ab
Diámetro promedio FDP (mm)	6.5 $\pm$ 0.26a	6.83 $\pm$ 0.26a	6.92 $\pm$ 0.26a	6.75 $\pm$ 0.26a
Tasa crecimiento FDP (mm d <sup>-1</sup> )	1.12 $\pm$ 0.12a	0.98 $\pm$ 0.12a	1.15 $\pm$ 0.12a	1.28 $\pm$ 0.12a
Tasa atresia FDP (mm d <sup>-1</sup> )	1.79 $\pm$ 0.20a	1.58 $\pm$ 0.20a	1.44 $\pm$ 0.20a	1.03 $\pm$ 0.22a

ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya, FDP= folículo de diámetro preovulatorio, E.E. Error estándar.

Valores con distinta literal en la misma fila son diferentes ( $P<0.05$ ).

El FDP emerge dentro de un grupo de folículos que crecen de forma sincronizada y se detectan por medio de ultrasonografía cuando tienen un diámetro de 2-3 mm (Viñoles, 2003). Al respecto, en ganado bovino, Savio *et al.* (1990) reportaron un intervalo para la detección del primer folículo dominante o preovulatorio por medio de ultrasonografía de 11.6 $\pm$ 8.9 días, pero este intervalo puede afectarse principalmente por factores como el amamantamiento, el estatus nutricional y durante la lactación temprana por un balance energético negativo (Bono, 1997).

En ovinos, existe poca información sobre la actividad ovárica durante el periodo temprano postparto, los resultados difieren entre investigadores debido a factores como la época de parto, amamantamiento, raza y técnica por la cual se identificaron los folículos.

En el periodo postparto durante la estación reproductiva Call *et al.* (1976) reportaron la presencia de folículos con diámetro  $> 3$  mm en el día 24 postparto y Ainsworth *et al.* (1982) en el día 26 postparto folículos de 1-3 mm. Sin embargo, Rubianes y Ungerfeld (1993), por medio de ovario-histerectomía en el día 1 postparto observaron folículos de 1-2 mm de diámetro (pequeños), en el día 5 folículos  $>2$  a  $< 4$ mm (medianos) y en los días 17 al 30 además de folículos pequeños y medianos, todas las ovejas presentaron folículos  $\geq 4$  mm llegando a tamaño preovulatorio antes del día 17 y en el día 30 dos ovejas presentaron cuerpo lúteo. Al-Gubory y Martinet (1986) en ovejas no amamantando reportaron que el número de folículos antrales incrementó al día 5 postparto. En ovejas que parieron fuera de la estación reproductiva por medio de laparoscopia Hall *et al.* (1993) reportaron la existencia de numerosos folículos pequeños en el día 20 postparto y por medio de ultrasonografía Bartlewski *et al.* (2000) no observaron folículos  $> 3$ mm hasta el día 21 y 25 postparto, lo que significó que estaban en anestro. En el presente estudio aunque en todas las ovejas se observó actividad folicular a pocos días después del parto, se observó que el amamantamiento es un factor que retrasa el tiempo al que emerge el primer FDP, ya que en las ovejas sometidas a AR, independientemente del tipo de suplemento que consumieron, el primer FDP emergió y alcanzó su mayor diámetro días antes que en otros tratamientos. Estos resultados son comparables a los encontrados por los investigadores anteriores, lo que confirma que la actividad folicular postparto reinicia en la oveja de pelo pocos días después del parto y puede ser susceptible de promoverse o retrasarse por factores de manejo como el amamantamiento y la nutrición.

El crecimiento de folículos de 2-3 mm de diámetro postparto en este experimento puede estar correlacionado con un incremento en las concentraciones de FSH que permite el desarrollo de los mismos ya que en la oveja (Ryle, 1972; Bister y Paquay, 1983) así como en la

vaca (Crowe *et al.*, 1998) se ha demostrado una relación estrecha entre las concentraciones de FSH y desarrollo folicular. Durante la preñez tardía existe una disminución de folículos preantrales que se correlaciona con una baja concentración de FSH en plasma (Bister y Paquay, 1983) e inmediatamente después del parto se observa un alto nivel de esta hormona (Bister y Paquay, 1983), este aumento da lugar al reclutamiento y selección de un folículo dominante o de diámetro preovulatorio. Sin embargo, la frecuencia de pulsos de LH no es suficiente para dar paso a la ovulación de este folículo (Crowe *et al.*, 1998) ya que de acuerdo con Williams y Griffith (1995), al establecerse la dominancia folicular, el crecimiento del folículo hasta el tamaño preovulatorio es dependiente de LH, por lo tanto, el tamaño alcanzado por esta estructura en el anestro postparto se atribuye a disminución en la frecuencia de secreción pulsátil LH, dicho patrón de secreción es necesario para estimular la síntesis de más estradiol folicular y conseguir un pico de LH, indispensable para la ovulación, lo que puede explicar lo observado en éste experimento, ya que el primer folículo que llegó a tamaño preovulatorio detectado por ultrasonografía no ovuló en ninguna de las ovejas.

El diámetro promedio del FDP, la tasa de crecimiento y atresia no fueron diferentes entre tratamientos (Cuadro 10). Después del parto, al recuperarse el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, permanece una dinámica folicular basada en un ciclo estral de 21 días para el caso de vacas (Sahara *et al.*, 1996) y de 17 para la oveja, en donde se pueden detectar para un ciclo normal en promedio tres oleadas de crecimiento folicular con una duración promedio de 7 días (Ginther *et al.*, 1995; Viñoles *et al.*, 1999; Evans *et al.*, 2000). Al parecer, el diámetro que alcanza un folículo a la ovulación es una característica de la raza y de la especie, se ha encontrado que en ovejas ovulando un solo folículo usualmente el diámetro llega a ser  $\geq 5$  mm y en ovejas con más de 5 ovulaciones por ciclo como en la raza Boorola el diámetro del folículo preovulatorio disminuye (2-4 mm) pero no se ha reportado que el diámetro del folículo a la ovulación pueda ser

modificado por factores que no sean inherentes al animal. Por medio de ultrasonografía se ha podido estimar que la tasa de crecimiento de un folículo en ovejas desde el reclutamiento (2 mm) hasta el estado preovulatorio es de aproximadamente  $1 \text{ mm d}^{-1}$  (Bartlewski *et al.*, 1999; Evans *et al.*, 2000) siendo éste el período de más rápido crecimiento desde que el folículo se encuentra como folículo primordial (no dependiente de gonadotropinas). Esto concuerda con lo encontrado en este estudio y no difiere entre tratamientos, ya que en promedio los folículos crecieron a una tasa no mayor de  $1 \text{ mm d}^{-1}$ , lo que muestra que este patrón de crecimiento no cambia en ovejas de lana o de pelo.

Al parto, en este experimento las ovejas presentaron un pesos promedio para ACC=39.55±2.55, ACAS=42.9950±2.55, ARCC=40.45±2.55 y ARAS=44.32±2.55 y una condición corporal de 3 ( $P>0.05$ ). Durante las 4 semanas que se monitoreó la dinámica folicular por medio de ultrasonografía las ovejas en ACCC mantuvieron su peso constante, sólo se observó un aumento de peso de 0.1 kg en promedio para éste grupo. Las ovejas en ACAS y ARCC, perdieron 1.2 y 1.5 kg respectivamente y las ovejas del grupo ARAS disminuyeron 0.3 kg. Sin embargo, el peso de las ovejas no fue significativo para ninguna de las variables ( $P>0.05$ ), por lo que el efecto fue removido del modelo.

#### **4.2.4.3 Total de folículos 2-3 mm, 4-5 mm y >6mm de diámetro por FDP observado**

El análisis por factores no mostró diferencias en el total de folículos de cada una de las categorías estudiadas debidas al tipo de amamantamiento, tipo de suplemento y la interacción tipo de amamantamiento por tipo de suplemento ( $P>0.05$ ; Anexos 12, 13 y 14).

El total de folículos de 2-3 mm de diámetro que emergieron junto con el primer, segundo y tercer FDP ( $P>0.05$ ; Cuadro 11) fue similar entre tratamientos así como el total de folículos de 4-5 mm y >6mm de diámetro.

Cuadro 11. Media de tratamientos  $\pm$  E.E. para el total de folículos de diferentes categorías en ovejas de pelo en periodo postparto por cada FDP identificado.

Tratamiento	n	1er FDP	2° FDP	3er DFP
<b>Folículos 2-3mm</b>				
ACCC	6	5.66 $\pm$ 0.38a	5.83 $\pm$ 0.50a	5.61 $\pm$ 0.48a
ACAS	6	6.50 $\pm$ 0.38a	6.31 $\pm$ 0.50a	6.63 $\pm$ 0.48a
ARCC	6	5.16 $\pm$ 0.38a	6.33 $\pm$ 0.50a	6.60 $\pm$ 0.44a
ARAS	6	5.01 $\pm$ 0.38a	5.62 $\pm$ 0.55a	6.32 $\pm$ 0.53a
<b>Folículos 4-5mm</b>				
ACCC	6	1.50 $\pm$ 0.22a	1.3 $\pm$ 0.15a	5.61 $\pm$ 0.48a
ACAS	6	1.50 $\pm$ 0.22a	1.3 $\pm$ 0.15a	6.63 $\pm$ 0.48a
ARCC	6	1.33 $\pm$ 0.22a	1.0 $\pm$ 0.15a	6.60 $\pm$ 0.44a
ARAS	6	1.33 $\pm$ 0.22a	1.0 $\pm$ 0.16a	6.32 $\pm$ 0.53a
<b>Folículos &gt;6mm</b>				
ACCC	6	0.95 $\pm$ 0.11a	1.02 $\pm$ 0.16a	1.06 $\pm$ 0.14a
ACAS	6	1.25 $\pm$ 0.11a	1.19 $\pm$ 0.16a	1.12 $\pm$ 0.14a
ARCC	6	1.12 $\pm$ 0.11a	1.29 $\pm$ 0.16a	1.32 $\pm$ 0.14a
ARAS	6	1.36 $\pm$ 0.11a	1.20 $\pm$ 0.16a	1.00 $\pm$ 0.14a

ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya, FDP: folículo de diámetro preovulatorio, E.E: Error estándar.

**a** medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Otros estudios han mostrado que la suplementación con grasa de origen animal y vegetal estimula la dinámica folicular postparto por mecanismos independiente del consumo de energía (Lucy *et al.*, 1991; Wherman *et al.*, 1991; Thomas y Williams, 1996; Beam y Butler, 1997; Herrera-Camacho *et al.*, 2003) y de igual forma se ha demostrado el efecto del amamantamiento en este aspecto, es posible que no se haya observado una respuesta en estas variables debido a la dosis de aceite empleada y la forma de suministrarla ya que la biohidrogenación que sufren los aceites a nivel ruminal limita la cantidad de ácidos grasos que llegan a intestino delgado y que puedan estimular las funciones del ovario; por otro lado, el amamantamiento provoca una disminución en la frecuencia y amplitud de LH, sin embargo, los folículos pequeños y medianos son más dependientes de FSH para que se inicie el reclutamiento y selección para la ovulación (Sacaramuzzi *et al.*, 1993) , por lo que el efecto

del amamantamiento posiblemente no sería a este nivel sino en el folículo de mayor tamaño o preovulatorio.

#### 4.2.4.4 Reinicio del desarrollo folicular en periodo postparto

Antes de la emergencia del primer FDP, se observó el desarrollo de uno o dos folículos que no llegaron a diámetro preovulatorio, sino que sufrieron atresia antes de alcanzar un diámetro máximo similar al que se alcanza para la ovulación. Esta condición fue más frecuente en las ovejas de ACAS (Cuadro 12; Anexo 15) y menos frecuente para el ARCC en donde no se observó la atresia de folículos seleccionados, sino que el primer folículo que se observó por ultrasonografía se desarrolló hasta diámetro preovulatorio y después se atresió ( $X^2= 0.036$ ; Cuadro 12).

Cuadro 12. Porcentaje de ovejas que presentaron uno o dos folículos de 4-5 mm antes del desarrollo del primer folículo de diámetro preovulatorio.

Tratamiento	n	Ovejas con un folículo de 4-5 mm	Ovejas con dos folículos de 4-5 mm	%
ACCC	6	3	0	50.0
ACAS	6	2	3	83.3
ARCC	6	0	0	00.0
ARAS	6	3	0	50.0

ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya.

El desarrollo folicular fue evidente en todos los tratamientos después del parto, éste se manifestó por el crecimiento de un folículo que emergió de una cohorte y llegó a un diámetro que se considera apto para ovulación en las ovejas. Sin embargo, no en todos los tratamientos el primer folículo detectado con un diámetro de 4-5 mm llegó a estado preovulatorio (>6mm), sino que sufrió atresia antes de que alcanzara este estado. En las ovejas en AC, independientemente de si estaban consumiendo el suplemento con aceite de soya o no y en las ovejas del tratamiento de AR que consumieron aceite de soya, se observaron 2 ó 3 folículos que mostraron regresión en su crecimiento después de alcanzar un diámetro de 4-5 mm. Es

importante destacar que ninguna de las ovejas que estuvieron en AR consumiendo el suplemento sin aceite de soya manifestó esta condición; es decir, el primer folículo que se detectó por ultrasonografía de diámetro 4-5 mm en todas las ovejas, alcanzó su diámetro preovulatorio (>5mm). Después del parto, las condiciones hormonales que prevalecen en el ambiente endócrino, específicamente la frecuencia y amplitud de pulsos de secreción de LH no son adecuadas, por lo que no dan paso al desarrollo folicular completo (Crowe *et al.*, 1998; Yavas y Walton, 2000). El amamantamiento ejerce un efecto negativo en el reestablecimiento de la actividad ovárica en las vacas y ovejas (Cermak *et al.*, 1983; Lewis y Bolt, 1987); los resultados de este experimento indican que el amamantamiento es un factor inhibitorio mas fuerte que la nutrición deficiente a este tiempo, ya que el solo hecho de restringir el amamantamiento a 30 minutos por la mañana y por la tarde, permite que un folículo alcance su diámetro preovulatorio, lo que señala que los pulsos de GnRH y de LH se reestablecen más rápido después del parto para que el folículo se desarrolle.

#### **4.2.4.5 Características de FDP que se desarrollaron posteriormente a la emergencia del primero**

El análisis no mostró diferencias en las características del segundo y tercer FDP debidas al tipo de amamantamiento, al suplemento (Anexo 16), ni la interacción tipo de amamantamiento x tipo de suplemento ( $P>0.05$ ; Anexo 17).

Las características del segundo y tercer FDP no difirieron entre tratamientos. ( $P>0.05$ ; Cuadro 13). Lo que concuerda con lo señalado por Sahara *et al.* (1996) quienes señalaron que una vez que el desarrollo folicular reinicia después del parto, se establece un patrón de crecimiento similar entre folículos correspondientes a los ciclos estrales. Alí *et al.* (2006) durante el ciclo estral en ovejas no observaron diferencias en crecimiento y atresia de folículos

preovulatorios, lo que indica que una vez reestablecida la dinámica folicular después del parto ésta continúa de forma similar a un ciclo estral normal.

Cuadro 13. Medias de tratamientos  $\pm$  E.E. en las características del segundo y tercer folículos de diámetro preovulatorio en ovejas de pelo en periodo postparto.

CARACTERÍSTICA	TRATAMIENTO			
	ACCC	ACAS	ARCC	ARAS
<b>2º FDP</b>				
Diámetro promedio FDP (mm)	6.5 $\pm$ 0.29a	6.58 $\pm$ 0.29a	6.75 $\pm$ 0.29a	6.58 $\pm$ 0.29a
Tasa crecimiento FDP (mm d <sup>-1</sup> )	0.82 $\pm$ 0.08a	0.95 $\pm$ 0.08a	0.92 $\pm$ 0.08a	1.04 $\pm$ 0.08a
Tasa atresia FDP (mm d <sup>-1</sup> )	1.52 $\pm$ 0.30a	1.43 $\pm$ 0.30a	1.55 $\pm$ 0.27a	1.95 $\pm$ 0.30a
<b>3er Folículo Preovulatorio</b>				
Diámetro promedio FDP (mm)	7.0 $\pm$ 0.26a	6.7 $\pm$ 0.26a	6.67 $\pm$ 0.26a	6.9 $\pm$ 0.26a
Tasa crecimiento FDP (mm d <sup>-1</sup> )	0.79 $\pm$ 0.12a	1.01 $\pm$ 0.11a	0.91 $\pm$ 0.10a	1.09 $\pm$ 0.11a
Tasa atresia FDP (mm d <sup>-1</sup> )	-	-	-	-

ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya, FDP: folículo de diámetro preovulatorio.  
a bValores con distinta literal en la misma fila son diferentes (P<0.05).

Este análisis se realizó sólo para los tres primeros folículos que alcanzaron el estado preovulatorio después del parto en todos los tratamientos, ya que el 50% de las ovejas que se escanearon por ultrasonografía presentaron 3 folículos preovulatorios antes de la ovulación o durante el periodo de estudio (Anexo 15). En las ovejas restantes la presencia de FDP fue mas variable presentando de 4-6 folículos (Cuadro 14). De estos folículos, sólo dos ovularon en ACCC y ACAS y en ARCC y ARAS ovularon 3 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Día de emergencia de cada folículo preovulatorio detectado por ultrasonografía y folículo que ovuló.

Tratamiento	Día de emergencia del FDP					
	1er FDP	2o FDP	3er FDP	4to FDP	5to FDP	6to FDP
ACCC	10.33 $\pm$ 0.89	16.66 $\pm$ 1.23	(6)24.33 $\pm$ 1.17**	-	-	-
ACAS	12.83 $\pm$ 0.89	19.0 $\pm$ 1.23*	(3)23.0 $\pm$ 1.28*	(3)27.66 $\pm$ 1.53	-	-
ARCC	7.66 $\pm$ 0.89	11.33 $\pm$ 1.23	(1)17.67 $\pm$ 1.17	(2)21.8 $\pm$ 1.18	(2)26.66 $\pm$ 1.30*	(1)28.0**
ARAS	11.5 $\pm$ 0.89	(1)17.83 $\pm$ 1.23**	(2)21.8 $\pm$ 1.28	(1)24.66 $\pm$ 1.53	(1)26.50 $\pm$ 1.60*	(1)30.0

ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya. FDP: folículo de diámetro preovulatorio.

Entre paréntesis se indica el no. de ovejas que presentaron folículos que llegaron a estado preovulatorio antes de la primera ovulación o hasta el día 32 postparto.

\*\* indica el folículo que ovuló.

No se observaron diferencias entre tratamientos en el número de FDP desarrollados durante el periodo de estudio ( $P>0.05$ ); sin embargo, se puede apreciar una tendencia a ser mayor en el ARCC y menor en ACCC (Cuadro 15; Anexo 15).

Cuadro 15. Número de folículos que alcanzaron el diámetro preovulatorio antes de la ovulación o hasta el día 32 postparto en ovejas de pelo.

Tratamiento	n	No. de FDP identificados
ACCC	6	2.83 ± 0.47a
ACAS	6	3.17± 0.47a
ARCC	6	4.50± 0.47a
ARAS	6	3.50± 0.47a

ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya, FDP: folículo de diámetro preovulatorio. aValores con distinta literal en la misma fila son diferentes ( $P<0.05$ ).

El número mayor de FDP que se observa en algunas ovejas puede estar asociado con una mayor velocidad de crecimiento y atresia del FDP, lo que da como resultado un mayor recambio folicular (Evans, 2003) lo que puede hacer que haya más folículos disponibles para ser reclutados en cada oleada ovulatoria, el número de oleadas que se desarrollan durante un ciclo normal en ganado bovino parece estar relacionado con la tasa de ovulación, la ocurrencia de ovulaciones dobles se asocia más con tres oleadas que con dos oleadas de desarrollo folicular (Bleach *et al.*, 1998); en ganado bovino se estima que antes de la primera ovulación postparto, se presentan en promedio de 2.7 a 3.4 folículos dominantes (Kamimura *et al.*, 1994) y 6.8 a 10.6 ondas de crecimiento folicular (Stagg *et al.*, 1995).

En la oveja, un patrón de tres oleadas de desarrollo folicular se asocia con un incremento en la velocidad y el número de folículos de recambio (Evans, 2003), como se observa en ARCC. Por lo tanto, sí existe una asociación positiva entre el número de oleadas foliculares y tasa de ovulación, entonces puede ser que más folículos estén disponibles para reclutarse dentro de una oleada ovulatoria como lo señala Rubianes (2000), este resultado también puede indicar que la restricción del amamantamiento promueve un mayor número de

folículos que estén disponibles para ovular. En ARAS, no es claro el efecto del aceite de soya en el desarrollo de los FDP postparto ya que se observó el número de folículos que se desarrollaron durante el estudio fue muy variable.

En ganado bovino, el extenso periodo parto primera ovulación se debe a una falla en la ovulación de los primeros FDP (Ruíz-Cortés y Olivera-Angel, 1999; Henao *et al.*, 2000) y el factor que tiene mas injerencia en este evento es el amamantamiento, lo que se observa en vacas de carne (Savio *et al.*, 1990). Dado que el tiempo promedio para que un folículo crezca de 0.85 mm a tamaño preovulatorio fue estimado de 10 a 15 días en ovejas cíclicas (Cahill y Mauleon, 1980), la primera ovulación podría ocurrir alrededor de la segunda semana después del parto o puede ser retardado si existe una inhabilidad para generar la frecuencia de pulsos de LH durante los primeros días postparto (Driancourt, 1991), como sucede con el amamantamiento en periodo postparto. Shirar y Martinet (1982) detectaron un primer incremento en progesterona en el día 17 postparto en ovejas amamantando. Esto puede ser corroborado en este experimento, ya que la ovulación no se presentó antes de éste tiempo en ningún tratamiento. Es posible que el efecto del aceite de soya haya sido en el FDP y no en sus características de desarrollo del FDP ya que los tratamientos donde las ovejas consumieron el aceite de soya (ACAS y ARAS), independientemente del tipo de amamantamiento al que estuvieron sometidas, ovularon antes (ACAS, días 19 y 25; ARAS, días 17, 19 y 31; Anexo 15) que en las ovejas de los tratamientos que no consumieron el aceite (ACC, día 23 y 27; ARAC, días 28, 31 y 32; Anexo 15), es posible que este efecto sea debido a un incremento en las concentraciones plasmáticas de LH, lo cual se observa en ganado lechero cuando se suplementa con aceite estimulando el crecimiento folicular tardío y la ovulación (De Fries *et al.*, 1998; Mattos *et al.*, 2000). Sin embargo, el número de observaciones no permite afirmar de manera concluyente acerca del efecto del aceite de soya en el FDP destinado a ovular.

#### **4.2.5 Conclusiones**

En ovejas de pelo la actividad ovárica reinicia en la primera semana después del parto, el desarrollo folicular se caracterizó por el crecimiento de folículos que alcanzaron el diámetro preovulatorio en todas las ovejas de los tratamientos. Sin embargo, ninguno de los primeros FDP ovuló. La suplementación con aceite de soya retrasó la aparición del primer FDP en las ovejas. La restricción del amamantamiento a 30 minutos dos veces por día en ovejas que consumieron concentrado comercial, provocó que el folículo alcanzara su diámetro para ovulación días antes que en ovejas que amamantaron continuamente a sus corderos. Así mismo, en estas ovejas se observó que los folículos alcanzaban su diámetro de ovulación y al mostrar regresión en su crecimiento emergía otro folículo con similar patrón de crecimiento. En las ovejas de los tratamientos restantes, el desarrollo de folículos hasta diámetro preovulatorio fue errático, es decir, algunos folículos alcanzaban su diámetro de ovulación y al atresarse, el siguiente folículo no alcanzaba el tamaño preovulatorio mostrando regresión en su crecimiento. Sólo dos ovejas ovularon antes del día 20 postparto.

### **4.3 Estudio III**

#### **EFICIENCIA REPRODUCTIVA POSTPARTO DE OVEJAS DE PELO SUPLEMENTADAS CON ACEITE DE SOYA Y EN AMAMANTAMIENTO RESTRINGIDO**

##### **4.3.1 Resumen**

Un experimento se realizó para evaluar el efecto de la restricción del amamantamiento y un suplemento con aceite de soya en la eficiencia reproductiva postparto (PP). Cuarenta ovejas de pelo PP fueron utilizadas de enero a julio con sus corderos. En el día 7 PP el amamantamiento fue restringido (AR) a 30 min dos veces al día en 20 ovejas y el resto amamantaron a su cordero continuamente (AC). A 10 ovejas de cada grupo se proporcionó un suplemento con aceite de soya (AS) y las otras 10 recibieron un concentrado comercial (CC). Los tratamientos evaluados fueron: ACCC, ACAS, ARCC y ARAS. El suplemento se proporcionó desde el parto hasta el día 44 PP. En el día 34 PP se realizó una inducción de la actividad estral con CIDR's y por medio ultrasonografía en el día 9 postinseminación se determinó la tasa ovulatoria contando los cuerpos lúteos en los ovarios, en el día 35 después de la inseminación se determinó la tasa de gestación y la prolificidad al parto. Las ovejas se pesaron desde el parto hasta el destete (9 semanas) y los corderos hasta 9 semanas después del destete. Las ovejas en ARCC y ARAS tuvieron una mayor tasa ovulatoria ( $1.40 \pm 0.23$  y  $1.50 \pm 0.23$ ;  $P < 0.05$ ), pero en ARCC fue similar con ACAS ( $1.20 \pm 0.23$ ;  $P < 0.05$ ). No hubo diferencia en tasa de gestación entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). La pérdida de peso fue más evidente en ACCC y ACAS; los corderos en AC tuvieron pesos siempre mayores que los corderos en AR. La restricción del amamantamiento en conjunto con la suplementación con aceite de soya mejora los parámetros reproductivos en ovejas de pelo.

**Palabras clave:** ovejas de pelo, aceite soya, amamantamiento, postparto, tasa ovulatoria, fertilidad, prolificidad.

### 4.3.2 Introducción

La duración del anestro postparto incrementa el intervalo entre partos en vacas y ovejas; el amamantamiento se considera el estímulo de mayor importancia en la duración del anestro postparto en rumiantes (Griffith y Williams, 1996; Browning *et al.*, 1994; Pérez *et al.*, 200), incrementa la sensibilidad del hipotálamo al estradiol (Acosta *et al.*, 1983) y la liberación de opioides endógenos (Williams *et al.*, 1996) disminuyendo así la secreción de GnRH en eminencia media del hipotálamo (Zalesky *et al.*, 1990) y la secreción pulsátil de LH, lo cual retrasa el restablecimiento de la actividad ovárica y la presentación del primer estro postparto (Schirar *et al.*, 1990).

El manejo del amamantamiento es una estrategia que puede utilizarse para reducir el intervalo parto primera ovulación (IPPO). En ovejas el amamantamiento controlado es una alternativa para reducir IPPO (Alvarez *et al.*, 1984) así como la restricción del amamantamiento a 30 min dos veces d<sup>-1</sup> (Morales-Terán *et al.*, 2004) sin afectar el comportamiento productivo de los corderos.

Por otro lado, la suplementación con lípidos y específicamente con ácidos grasos puede mejorar la productividad animal (Mattos *et al.*, 2000). Varios estudios han mostrado que la manipulación del perfil de ácidos grasos en la dieta, incrementa el número total de folículos y el número de folículos preovulatorios (Lucy *et al.*, 1990, 1991; Beam y Buttler, 1997; Oldick *et al.*, 1997), además también disminuye la síntesis uterina de PGF<sub>2</sub> $\alpha$  durante el inicio de la preñez en bovinos, lo que puede contribuir a la reducción de la mortalidad embrionaria mejorando la fertilidad después del parto (Mattos *et al.*, 2000). El objetivo del presente experimento fue determinar si la restricción del amamantamiento y la suplementación con aceite de soya después del parto incrementan la tasa ovulatoria y la fertilidad postparto sin afectar negativamente la ganancia de peso de los corderos.

### **4.3.3 Materiales y métodos**

#### **4.3.3.1 Ubicación**

El estudio se realizó durante los meses de enero a julio de 2006, en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Postgraduados (Ver 4.1.3.1 Estudio 1).

#### **4.3.3.2 Animales**

Se utilizaron 40 ovejas de pelo múltiparas y sus respectivos corderos, provenientes de partos simples y dobles. Las ovejas parieron en enero de 2006, con un peso medio de  $42.6 \pm 1.94$  kg y condición corporal de 3.5 (escala 1-5).

#### **4.3.3.3 Alimentación y Suplementación**

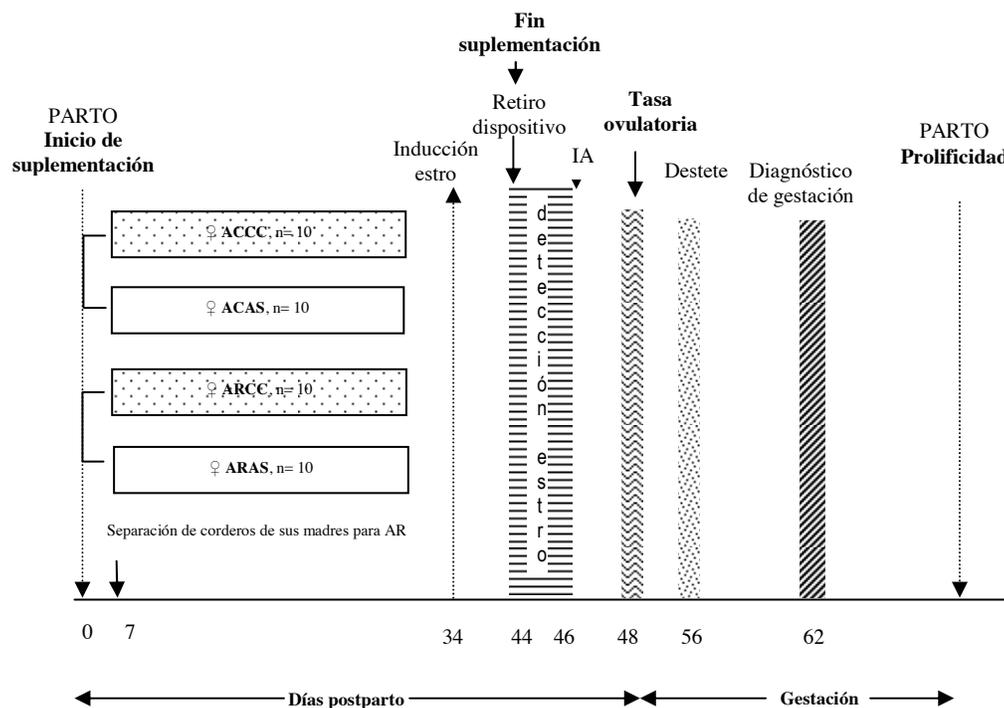
La alimentación y suplementación de las ovejas fue la descrita en el apartado 4.2.3.3 del Estudio II.

Los corderos, además de la leche materna, recibieron un concentrado iniciador (20% PC; Anexo 5) a libre acceso a partir del día 7 de edad y gradualmente se fue reemplazando por concentrado para engorda (Anexo 6), hasta ofrecerlo a libre acceso. Los corderos no tuvieron acceso al suplemento de las ovejas.

#### **4.3.3.4 Tratamientos**

Al día 7 postparto, se asignaron los tratamientos a las ovejas (Figura 2). Diez ovejas que consumían alimento concentrado y diez que consumían el suplemento con aceite de soya, permanecieron con sus crías todo el tiempo para conformar los tratamientos Amamantamiento continuo (AC) y concentrado comercial (n=10; ACCC) y Amamantamiento continuo y aceite

de soya (n=10; ACAS). Las ovejas restantes se separaron de sus corderos para conformar los tratamientos Amamantamiento restringido (AR) y concentrado comercial (n=10; ARCC) y Amamantamiento restringido y aceite de soya (n=10; ARAS).



ACCC: Amamantamiento continuo y concentrado comercial  
 ACCC: Amamantamiento continuo y aceite de soya  
 ARCC: Amamantamiento restringido y concentrado comercial  
 ARCC: Amamantamiento restringido y aceite de soya  
 AR: Amamantamiento restringido  
 IA= Inseminación artificial

Figura 2. Diseño del experimento y representación esquemática de los tratamientos.

#### 4.3.3.5 Manejo del amamantamiento

Las ovejas en AC, permanecieron las 24 h del día con sus crías, hasta el momento del destete. Las ovejas en los tratamientos de AR se separaron de sus crías el día 7 postparto y en los días subsiguientes las ovejas solo entraban a amamantar a sus crías dos veces al día durante 30 min (6:00 am y 4:00 pm), hasta el momento del destete (9 semanas).

Las ovejas y los corderos se pesaron semanalmente desde el momento del parto hasta el destete y los corderos continuaron pesándose por 9 semanas más después del destete.

#### **4.3.3.6 Inducción de la actividad estral y manejo reproductivo de las ovejas**

En día 34 postparto, se realizó la inducción de la actividad estral colocando dispositivos intravaginales (CIDR-Pfizer®; 0.3 g progesterona natural) los cuales permanecieron durante 10 días, 24 h después del retiro de los CIDR's, momento en el cual finalizó la suplementación, se detectó el estro con la ayuda de carneros provistos de un mandil. Se realizó la inseminación artificial intrauterina laparoscópica y en el día 9 post inseminación se realizó el conteo de cuerpos lúteos por medio de ultrasonografía (Sonovet 600 Medison, Universal Medical Systems Inc., transductor 7.5 MHz) a fin de determinar la tasa ovulatoria. El diagnóstico de gestación se realizó en el día 35 post inseminación por ultrasonografía y se determinó la prolificidad al parto (Figura 2).

#### **4.3.3.7 Variables estudiadas**

- 1) Porcentaje de estros: hembras que presentaron comportamiento estral después de retirar el CIDR dividido entre el número de ovejas tratadas y multiplicado por cien.
- 2) Tasa ovulatoria: Número de cuerpos lúteos detectados por ultrasonografía en ambos ovarios.
- 3) Porcentaje de gestación: Número de ovejas positivas al diagnóstico dividido entre las ovejas inseminadas por cien.
- 4) Prolificidad: Número de corderos nacidos entre el número de ovejas inseminadas.
- 5) Peso vivo de las ovejas medido semanalmente del parto al destete.
- 6) Peso vivo de los corderos semanalmente del nacimiento a la semana 18.

#### 4.3.3.8 Análisis estadístico

El porcentaje de estros (presencia o ausencia de estro) y el porcentaje de gestación se analizaron mediante el procedimiento CATMOD de SAS (2004); la tasa ovulatoria y la prolificidad por análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS (2004), utilizando un modelo completamente al azar en arreglo factorial 2x2 (Ver apartado 4.2.3.7, Estudio II).

Los cambios de peso vivo semanal en ovejas se analizaron con un modelo completamente al azar en arreglo factorial 2x2 por mediciones repetidas mediante el procedimiento MIXED de SAS (2004):

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + G_j + AG_{ij} + R(AG)_{(k)ij} + S_l + AS_{il} + GS_{jl} + AGS_{ijl} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Valor de la variable respuesta en el i-ésimo tipo de amamantamiento, con el j-ésimo tipo de suplemento, en el k-ésimo animal, en la l-ésima semana.

$\mu$  = Constante que caracteriza a la población

$A_i$  = Efecto del i-ésimo tipo de amamantamiento (i= ac, ar).

$G_j$  = Efecto del j-ésimo tipo de suplemento (j= as, cc).

$AG_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo tipo de amamantamiento con el j-ésimo tipo de suplemento.

$R(AG)_{(k)ij}$  = Error aleatorio observado en k-ésimo animal con el i-ésimo tipo de amamantamiento y el j-ésimo tipo de suplemento,  $R(AG)_{(k)ij} \sim N(0, \sigma^2_a)$

$S_l$  = Efecto de la l-ésima semana (j=1,...9).

$AS_{il}$  = Efecto de la interacción de la l-ésima semana x el i-ésimo tipo de amamantamiento.

$GS_{jl}$  = Efecto de la interacción de la l-ésima semana x el j-ésimo tipo de suplemento.

$AGS_{ijl}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo tipo de amamantamiento con el j-ésimo tipo de suplemento en la l-ésima semana.

$\mathcal{E}_{ijkl}$  = Error aleatorio del i-ésimo tipo de suplemento con el j-ésimo tipo de suplemento tratamiento, en el k-ésimo animal, en la l-ésima semana.  $\mathcal{E}_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2 b)$

Los cambios de peso vivo semanal en corderos se analizaron por tratamiento por mediciones repetidas utilizando el procedimiento MIXED de SAS (2004):

$$\mathcal{Y}_{irj} = \mu + \tau_i + \mathcal{R}_{i(r)} + S_j + S\tau_{ji} + \mathcal{E}_{irj}$$

Donde:

$\mathcal{Y}_{irj}$  = Valor de la variable respuesta del i-ésimo tratamiento en el r-ésimo animal, en la j-ésima semana.

$\mu$  = Constante que caracteriza a la población

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento (i= 1,...,4).

$\mathcal{R}_{i(r)}$  = Efecto de la r-ésima repetición anidada en el i-ésimo tratamiento (r=1,...,14),

$$\mathcal{R}_{i(r)} \sim N(0, \sigma^2 a)$$

$S_j$  = Efecto de la j-ésima semana (j=1,...,18).

$S\tau_{ij}$  = Efecto de la interacción de la j-ésima semana x el i-ésimo tratamiento.

$\mathcal{E}_{ijr}$  = Efecto del error del i-ésimo tratamiento, en el r-ésimo animal, en la j-ésima semana

$$\mathcal{E}_{ijr} \sim N(0, \sigma^2 b)$$

#### 4.3.4 Resultados y discusión

##### 4.3.4.1 Porcentaje de estros después de la inducción del estro

Las ovejas en ACAS y ARCC respondieron mejor a la inducción estral en periodo postparto (100 y 90% respectivamente;  $X^2=0.0001$ ; Cuadro 16) respecto a ACCC y ARAS, en estos tratamientos dos ovejas ovularon sin manifestación de estro. Gordon (1997) señaló que el inducir la actividad sexual en la oveja es más difícil cuando está lactando. Al anestro estacional fisiológico se suman la involución uterina y el efecto depresivo del amamantamiento o lactancia. Es hasta la tercera semana postparto, cuando el ovario estimulado por gonadotropinas exógenas puede responder con secreción de estradiol, induciendo un ciclo de duración normal (Uarte, 1989).

Cuadro 16. Ovejas bajo amamantamiento restringido y suplementadas con aceite de soya en periodo postparto que respondieron a la inducción del estro.

Tratamiento	n	Ovejas en estro (%)
ACCC	10	50b
ACAS	10	110a
ARCC	10	90a
ARAS	10	70b

ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya.  
a bValores con distinta literal en la misma columna son diferentes ( $P<0.05$ ).

Estos resultados son comparables a lo reportado por (González *et al.*, 1990) donde las ovejas que presentaron la mejor repuesta a la inducción estral, coincidió con la menor producción de leche diaria, aproximadamente a los 40 días postparto, por lo que estos autores señalaron que el efecto inhibitorio del amamantamiento y de la presencia de la cría puede ser contrarrestado con la separación temporal de la cría durante 48-72 horas (González *et al.*, 1990). El porcentaje de estros en éste estudio supera lo reportado por Camacho-Ronquillo

(2007) quien indicó en promedio 48.6% para ovejas con AC y 63.8% para ovejas sin amamantamiento.

#### 4.3.4.2 Tasa ovulatoria

No hubo diferencias en esta variable por tipo de suplemento y la interacción tipo de amamantamiento por tipo de suplemento (Anexo 18). Hubo efecto del tipo de amamantamiento ( $P<0.05$ ), donde la tasa ovulatoria fue mayor en ovejas en AR que en las ovejas en AC (Cuadro 17).

Cuadro 17. Efecto del tipo de amamantamiento en la tasa ovulatoria de ovejas de pelo.

Tipo de amamantamiento	n	Tasa ovulatoria $\pm$ E.E.
Restringido	20	1.45 $\pm$ 0.16a
Continuo	20	1.05 $\pm$ 0.16b

E.E. Error estandar.

a bValores con distinta literal en la misma columna son diferentes ( $P<0.05$ ).

Las ovejas de ARCC, ARAS y ACAS presentaron mayor tasa ovulatoria, aunque éste último sin diferencias respecto a ACCC (Cuadro 18).

Cuadro 18. Medias de tratamientos E.E. para tasa ovulatoria de ovejas de pelo en periodo postparto.

Tratamiento	n	No. ovejas que ovularon	Tasa ovulatoria $\pm$ E.E.
ACCC	10	7	0.90 $\pm$ 0.23b
ACAS	10	9	1.20 $\pm$ 0.23ab
ARCC	10	9	1.40 $\pm$ 0.23a
ARAS	10	9	1.50 $\pm$ 0.23a

ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya, E. E: Error estándar.

a bValores con distinta literal en la misma columna son diferentes ( $P<0.05$ ).

Estos resultados indican que la restricción del amamantamiento favorece el restablecimiento de la actividad ovárica después del parto en ovejas (Morales-Terán *et al.*, 2004). Al eliminar el efecto inhibitorio del amamantamiento, más folículos pueden alcanzar

su diámetro preovulatorio, incrementando así la tasa ovulatoria, al reestablecerse la secreción pulsátil de LH (Karsch *et al.*, 1983; Shirar *et al.*, 1990).

#### 4.3.4.3 Porcentaje de gestación y prolificidad

El porcentaje de gestación no fue diferente entre tratamientos ( $P>0.05$ ; Cuadro 19) y la prolificidad no fue afectada por el tipo de amamantamiento, suplemento e interacción tipo de amamantamiento por tipo de suplemento ( $P>0.05$ ; Anexo 19).

Las ovejas de ARAS ( $P<0.05$ ) presentaron mejor prolificidad con respecto a las de ACCC y ACAS. La prolificidad de ARCC fue igual a la de todos los tratamientos ( $P>0.05$ ; Cuadro 19).

Cuadro 19. Porcentaje de gestación y medias de tratamientos para prolificidad de ovejas de pelo bajo en periodo postparto.

Tratamiento	n	Gestación (%)	Prolificidad $\pm$ E.E.
ACCC	10	50a	0.60 $\pm$ 0.27bc
ACAS	10	60a	0.80 $\pm$ 0.27b
ARCC	10	60a	0.90 $\pm$ 0.27ab
ARAS	10	70a	1.10 $\pm$ 0.27a

ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya, E.E: Error estándar.  
a bValores con distinta literal en la misma columna son diferentes ( $P<0.05$ ).

El amamantamiento durante el puerperio tiende a retardar el reinicio de la actividad cíclica ovárica y por lo tanto el inicio de una nueva gestación (Rubianes *et al.*, 1996; Villagómez *et al.*, 1999); aunque en este estudio no hubo efecto en la tasa de gestación entre tratamientos (Cuadro 19), si se observó un incremento en la prolificidad en las ovejas de ARAS. Al respecto, los investigadores coinciden en que la suplementación con fuentes de ácidos grasos insaturados a ganado lechero tienen efecto en el número y diámetro de folículos

en el periodo postparto; sin embargo, existe controversia en cuanto a si puede haber un efecto positivo en la tasa de preñez (Stapples *et al.*, 1998; De Fries *et al.*, 1998; Filley *et al.*, 2000).

El incremento en las tasas de preñez que se observan en algunos estudios al suplementar fuentes de ácidos grasos en la dieta son mediadas por una reducción en la secreción de PGF2 $\alpha$  del útero y una disminución en la sensibilidad del cuerpo lúteo a la PGF2 $\alpha$ . La supresión de la secreción de PGF2 $\alpha$  y el mantenimiento del cuerpo lúteo son esenciales para el establecimiento de la preñez en las vacas y la falla en este proceso pueden causar la pérdida de alrededor de 40% de las preñeces (Maurer y Chenault, 1983; Thatcher *et al.*, 1994) por lo que la suplementación con aceites ricos en ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico, es posible mejorar la fertilidad al disminuir las pérdidas embrionarias al disminuir la secreción de PGF2 $\alpha$  durante el inicio de la preñez; en el caso de ganado ovino esto puede contribuir a incrementar la prolificidad.

En la especie ovina, especialmente en razas originadas en zonas de clima templado, este efecto inhibitor del amamantamiento prolonga la duración del anestro postparto en aquellos animales que paren al inicio de la estación reproductiva; sin embargo, el anestro estacional (producido por cambios de fotoperiodo) frecuentemente enmascara el mencionado efecto cuando las ovejas inician su periodo postparto a finales de la estación reproductiva (Hunter, 1968). En contraste, en las ovejas tropicales de pelo, que se caracterizan por ser poliéstricas contínuas, el efecto del amamantamiento durante el postparto no es enmascarado por dicho anestro estacional (Valencia *et al.*, 1990; Galina *et al.*, 1996). Sin embargo, a pesar de que se han llevado a cabo estudios para comprender los eventos relacionados con el período postparto en razas de origen tropical (González y Perozo, 1983; Mbayahaga *et al.*, 1998) todavía faltan estudios que definan con precisión los eventos que relacionan el efecto del

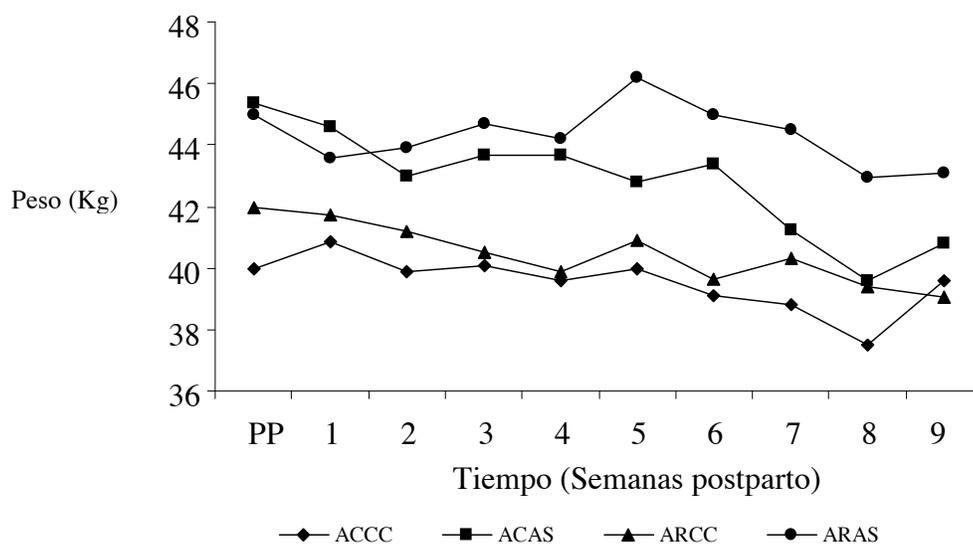
amamantamiento con el reinicio de la actividad ovárica postparto. Además, se requieren más investigaciones para determinar si los ácidos grasos en la dieta afectan la secreción de LH y si el incremento del tamaño y número de folículos están asociados con incrementos en tasas de preñez (Mattos *et al.*, 2000).

#### **4.3.4.4 Peso vivo de las ovejas en periodo postparto**

El peso corporal de las ovejas del parto al destete fue afectado por el tipo de amamantamiento ( $P < 0.001$ ), por la semana y la interacción semana por tipo de amamantamiento, pero no por el tipo de suplemento ( $P > 0.05$ ), ni por la interacción tipo de suplemento por semana ( $P < 0.05$ ).

Las ovejas en ACAS y ARAS presentaron un mayor peso al parto ( $44.9 \pm 2.5$  y  $45.0 \pm 2.5$  kg, respectivamente) comparativamente con ACCC ( $40.0 \pm 2.5$  kg) y ARCC ( $42.0 \pm 2.5$  kg; Anexo 20). Se observó una disminución gradual del peso vivo durante todo el experimento en las ovejas de todos los tratamientos, las ovejas en ACAS al final del periodo experimental, perdieron en promedio más peso que otros tratamientos (5 kg) con respecto al peso al parto. Estos resultados coinciden con lo reportado por Camacho-Ronquillo (2007) y Morales-Terán (2004). La disminución en peso se atribuye a la producción láctea y movilización de reservas corporales para mantenimiento de la lactancia (Pond *et al.*, 1995; Martínez, 1998). En éste estudio se observa que la mayor pérdida de peso es al inicio de la lactancia (Figura 3), lo cual se atribuye a la mayor producción láctea a éste tiempo como lo señala Camacho-Ronquillo (2007). El aporte de energía suplementario de aceite en los ACAS y ARAS, no mostró un efecto ( $P > 0.05$ ) en la recuperación del peso de las ovejas, lo que indica que probablemente las ovejas no consumieron la energía necesaria para mantener un balance energético; además se puede inferir que la lactancia y la movilización de nutrientes para mantenerla son los factores

más importantes que contribuyen a la pérdida de peso en las ovejas durante el periodo postparto, lo que puede repercutir negativamente en la reproducción postparto ya que Schillo (1992) señaló que la recuperación del peso corporal en periodo postparto así como de la condición corporal es de primordial importancia para reactivar la función ovárica después del parto.



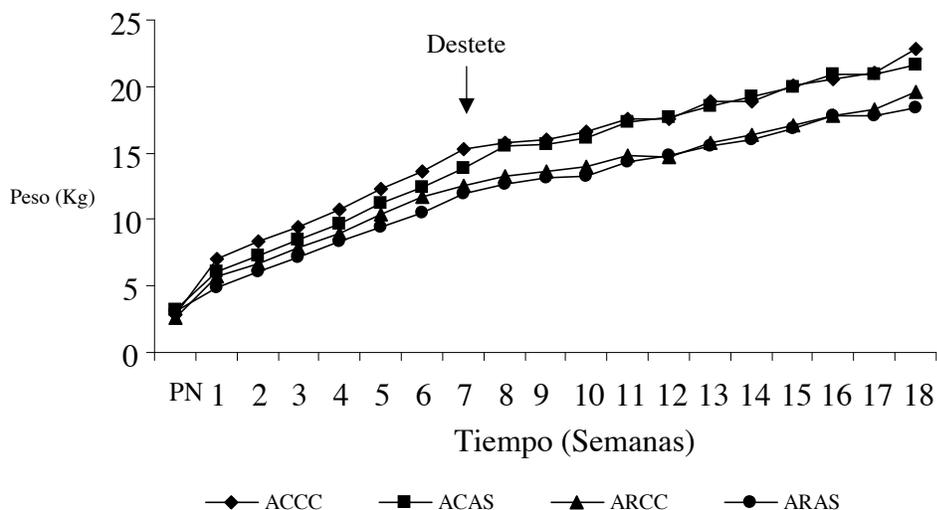
PP: peso al parto.  
 ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial.  
 ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya.  
 ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial.  
 ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya.

Figura 3. Peso vivo de las ovejas después del parto.

#### 4.3.4.5 Peso vivo de los corderos

Hubo efecto de tratamiento, semana y de la interacción semana por tratamiento en el cambio de peso vivo en corderos ( $P < 0.001$ ). El peso de los corderos fue similar al nacimiento; sin embargo, se observó una diferencia en el cambio de peso vivo a partir de la segunda semana de nacimiento (Figura 4; Anexo 21). Todos los tratamientos mantuvieron una

tendencia similar en el aumento de peso y siempre se mantuvo ésta durante el experimento hasta el destete (Figura 4).



PN: peso al nacimiento.  
 ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial.  
 ACAS: amamantamiento continuo y aceite de soya.  
 ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial.  
 ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya.

Figura 4. Peso vivo de corderos del nacimiento a las 18 semanas de edad.

Los corderos que permanecieron continuamente con sus madres (ACCC y ACAS) se mantuvieron con pesos siempre mayores ( $P > 0.05$ ) que los corderos en amamantamiento restringido (ARCC y ARAS; Anexo 21), esto puede ser debido al mayor consumo de leche materna de los corderos en AC por el hecho de permanecer todo el tiempo con sus madres (Rondón *et al.*, 1994); además de que el consumo de concentrado inició en todos los corderos en la primera semana postparto, independientemente si estaban sometidos a AR o AC. Es a partir del destete (semana 9 postparto) cuando la diferencia de peso entre corderos de AC y AR se hace más evidente, ya que los corderos en AC muestran mayores ganancias de peso que corderos en AR (Figura 4; Anexo 21). Lo observado en corderos hijos de ovejas en AR, no

coincide con lo reportado por otros autores en cuanto a que estos pueden tener mejores ganancias de peso que los corderos en AC después del destete por el hecho de estimular más temprano el consumo de concentrado y forraje (Coop, 1982; Morales-Terán *et al.*, 2004; Camacho-Ronquillo, 2007), los resultados indican que la leche materna aunque podría ser menor por el hecho de no permanecer con ellos todo el tiempo, si es un aporte importante de nutrientes para la ganancia de peso de sus crías.

#### **4.3.5 Conclusiones**

La restricción del amamantamiento a 30 min a dos veces por día reestableció la actividad ovárica después del parto, observándose un incremento en la tasa ovulatoria en ovejas sometidas a AR. Aunque la tasa de gestación fue similar entre tratamientos, se observó también un incremento en la prolificidad en las ovejas de los tratamientos en AR, y en AC pero que consumieron el suplemento con aceite de soya, lo que sugiere una disminución en la mortalidad embrionaria como se señala en ganado lechero al proporcionar lípidos en la dieta.

Las ovejas en ACCC y ACAS perdieron más peso que las ovejas en ARCC y ARAS durante el experimento, sin embargo, éstas empezaron a recuperarlo a partir de la semana 5. Los corderos en ACCC y ACAS siempre mantuvieron pesos mayores que los corderos en ARCC y ARAS, haciéndose esta diferencia más evidente después del destete.

La restricción del amamantamiento en conjunto con la suplementación con aceite de soya puede mejorar los parámetros productivos después del parto.

## V. DISCUSIÓN GENERAL

La reproducción en rumiantes está estrechamente relacionada con la disponibilidad de energía y uno de los objetivos del uso de grasas y aceites como complementos nutricionales es influenciar las vías metabólicas que actúan en los procesos celulares a nivel ovárico, promoviendo el desarrollo folicular, ya sea por mecanismos dependientes o independientes de la energía (Mattos *et al.*, 2000); estos suplementos se utilizan de forma más frecuente en periodo postparto en ganado lechero.

En éste estudio 1, el uso del aceite de soya para promover el desarrollo folicular y la tasa ovulatoria en dos épocas, provocó una disminución del número de folículos de 2-3 mm de diámetro ( $P < 0.05$ ) independientemente de la condición corporal de las ovejas ( $P > 0.05$ ) en ambas épocas de estudio. Estos resultados no coinciden con lo reportado en la literatura, ya que Herrera-Camacho *et al.* (2003) Observaron en oveja Pelibuey que al suplementar una fuente de ácidos grasos poliinsaturados incrementaba el número de folículos de 2-3 mm, debido a que el aporte de nutrientes a corto plazo en la etapa de reclutamiento en la dinámica folicular disminuye la atresia de los folículos (Haresing, 1981), lo permite que un mayor número de folículos se desarrollen hasta estado preovulatorio.

Mattos *et al.* (2000) señalaron que el incremento en la población folicular, resultado de adicionar fuentes energéticas en la dieta, puede ser debido en parte a un incremento en la secreción pulsátil de LH o bien a un incremento en las concentraciones circulantes de insulina que estimulan el desarrollo folicular en su última etapa (Stapples *et al.*, 1998) aumentando así la posibilidad de ovulación. Por lo que, en este estudio probablemente el efecto del aceite de soya no haya sido en el reclutamiento (folículos de 2-3mm) sino en la etapa de selección o dominancia folicular, porque aunque la población folicular de 4-5 mm y los seleccionados para ovular ( $> 6$  mm) no se afectaron significativamente en ninguna de las dos épocas

( $P < 0.05$ ), en la época 1 se observó un incremento en la tasa ovulatoria en ovejas con condición corporal alta y baja, aunque la condición corporal no tuvo efecto significativo ( $P > 0.05$ ), la condición corporal antes de aplicar el “flushing” condiciona el resultado a obtener en cuanto a tasa ovulatoria (Rhind y McNeilly, 1986; Viñoles *et al.*, 2002).

Al comparar los resultados entre épocas reproductivas, se observó un incremento en el número de folículos de 4-5 mm y en la tasa ovulatoria de ovejas con condición corporal alta que consumieron el suplemento de aceite de soya en la época 1 (mes de marzo), época donde teóricamente se presenta el anestro estacional, este resultado no se atribuye del todo al efecto de la suplementación con aceite de soya, ya que en la oveja de pelo no existe el anestro estacional como tal, sólo se reporta una disminución de la actividad estral entre marzo y junio (Arroyo *et al.*, 2007) y una variación en la dinámica folicular estacional en ovejas en subtrópicos (Alí *et al.*, 2006), lo que sugiere que algunas ovejas pueden tener actividad estral durante los meses de supuesto anestro estacional independientemente de las variaciones estacionales que ocurren en el peso y la condición corporal (Arroyo *et al.*, 2007).

El anestro postparto y periodo parto-primera ovulación son afectados por la nutrición, involución uterina (López-Sebastian, 2001) y el amamantamiento (Gazal *et al.*, 1991), entre otros factores por lo que el manejo del amamantamiento (Álvarez *et al.*, 1984; Morales *et al.*, 2004) y la nutrición constituyen herramientas para acortar éste periodo e incrementar el desempeño reproductivo de los animales. En el periodo postparto, el uso de suplementos con lípidos, particularmente los ricos en ácido linoleico, ocasionan una disminución de la producción de  $\text{PGF}_{2\alpha}$ , la cual se secreta en el proceso de involución uterina (Lucy *et al.*, 1992), que es causa de la disminución en la fertilidad en éste periodo. La suplementación con lípidos acorta el periodo de anestro postparto promoviendo el desarrollo folicular y la

ovulación (Lucy *et al.*, 1991; Thomas y Williams, 1996; Beam y Butler, 1997). Sin embargo, en el estudio 2 de manera general no se observó un efecto concluyente de la suplementación con AS en las variables concernientes al desarrollo folicular. Se observó que en las ovejas que consumieron el AS se retrasó la aparición del primer FDP y el tiempo al cual alcanzó su diámetro máximo ( $P < 0.05$ ) por lo que son necesarios más estudios que permitan explicar estos resultados.

En todos los tratamientos se observó el reinicio del desarrollo folicular a pocos días después del parto. Sin embargo, se observó que la restricción del amamantamiento a periodos de 30 min dos veces al día adelantó la aparición a tiempo más temprano en el periodo postparto del primer FDP y el tiempo al cual alcanzó su diámetro máximo en ARCC, lo significa que el amamantamiento puede ser un factor inhibitorio más fuerte en el inicio del postparto que el estado nutricional de los animales a éste tiempo. Esto también indica que como sucede en ganado bovino, la producción de FSH no es limitante después del parto en las ovejas (Rubianes y Ungerfeld, 1993; Al-Gubory y Martinet, 1986) por lo que el desarrollo folicular puede reiniciar, sino que el reestablecimiento de los ciclos estrales en periodo postparto se retarda por la baja secreción de GnRH y consecuentemente de LH; el amamantamiento disminuye la liberación de estas hormonas por lo que el anestro postparto se prolonga, el destete restaura la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH. Este hecho puede explicar que el primer FDP alcance su tamaño preovulatorio días antes en ovejas en AR que en las ovejas en AC, por lo que la LH es el factor que limita el reinicio de la actividad ovárica durante el postparto y el amamantamiento potencializa la inhibición de la secreción pulsátil de la LH a través del estradiol (Mauleon y Dautier, 1965; Schirar *et al.*, 1990).

Aunque en cada tratamiento se logró identificar el desarrollo de varios folículos que alcanzaron el estado preovulatorio durante el periodo de estudio o antes de la ovulación, el

primer FDP no ovuló en ninguna oveja. Es posible correlacionar estos resultados con lo que se observa en ganado bovino de carne en donde, el extenso periodo parto-primera ovulación se debe a una falla en la ovulación de los primeros FDP (Ruíz-Cortés y Olivera-Angel, 1999; Henao *et al.*, 2000) y el factor que tiene mas influencia en este evento es el amamantamiento (Savio *et al.*, 1990), debido a que no permite que haya una frecuencia de pulsos de LH adecuada durante los primeros días postparto lo que evita que los FDP ovulen (Driancourt, 1991). Hubo diferencia en el número de folículos desarrollados antes de la primera ovulación o durante el periodo de estudio entre tratamientos ( $P < 0.05$ ), las ovejas en ARCC se identificaron más FDP y de manera más constante alcanzaron su diámetro de ovulación mientras que en ARAS aunque el desarrollo de estos folículos no fue tan continuo (Anexo 15), observándose que algunos folículos solo llegaban a un diámetro de 4-5 mm y se atresiabán para dar paso a la emergencia de un nuevo folículo que podía o no alcanzar su diámetro de ovulación. Estos resultados se pueden comparar con lo que se observa en ganado bovino en donde se estima que antes de la primera ovulación postparto, se presentan en promedio de 2.7 a 3.4 folículos dominantes (Kamimura *et al.*, 1994) y 6.8 a 10.6 oleadas de crecimiento folicular (Stagg *et al.*, 1995).

En ovejas, un patrón de tres oleadas de desarrollo folicular se asocia con un incremento en la velocidad y el número de folículos de recambio (Evans, 2003), como se observa en ARCC. Por lo tanto, sí existe una asociación positiva entre el número de oleadas foliculares y tasa de ovulación, entonces puede ser que más folículos estén disponibles para reclutarse dentro de una oleada ovulatoria como lo señala Rubianes (2000), este resultado también indica que la restricción del amamantamiento promueve un mayor número de folículos que estén disponibles para ovular.

La respuesta a la inducción estral, en el estudio 3, fue superior a lo encontrado por Camacho-Ronquillo (2007) cuando utilizó tratamientos hormonales para tal efecto. Se observó una mayor TO en las ovejas de ARCC y ARAS ( $P < 0.05$ ), pero no hubo diferencias en la tasa de gestación entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). La mayor prolificidad se observó en ARAS lo que sugiere un efecto adicional del AS al disminuir la mortalidad embrionaria por disminución en la secreción de  $PGF2\alpha$  como ocurre en ganado lechero al suplementar fuentes de ácidos grasos en la dieta (Maurer y Chenault, 1983; Thatcher *et al.*, 1994).

El cambio de peso vivo fue diferente entre tratamientos ( $P < 0.05$ ) y las ovejas en AR fueron las que mostraron una recuperación de peso más rápida que las ovejas en AR, lo que es un paso necesario para la reanudación de los ciclos estrales normales después del parto (Schillo, 1992). Por otro lado, hubo diferencias en cuanto al cambio de peso en corderos ( $P < 0.05$ ) antes y después del destete, los corderos en AC siempre mostraron pesos mayores comparativamente con AR, y esta diferencia se hizo más marcada al destete, esto es un indicativo de la importancia de la leche materna en el comportamiento productivo de los corderos, por lo que es necesario implementar una estrategia de manejo nutricional para corderos que permita su desarrollo óptimo hasta el destete.

## **VI. CONCLUSIONES GENERALES**

- El uso de un suplemento en donde se incluyó aceite de soya disminuye el número de folículos de tamaño pequeño en ovejas con alta condición corporal en ambas épocas (marzo y noviembre). La respuesta a la suplementación con aceite de soya puede ser una alternativa para incrementar la tasa ovulatoria en ovejas de pelo en la época del año en que disminuyen su actividad reproductiva.
- El crecimiento folicular reinició en la primera semana después del parto en todas las ovejas; no hubo un efecto claro del suplemento con aceite de soya en el desarrollo folicular. Sin embargo, se observó que la restricción del amamantamiento a 30 min dos veces al día puede adelantar el desarrollo de un folículo, alcanzando su diámetro de ovulación antes que en las ovejas que amamantan continuamente a sus corderos, también se promueve el desarrollo de más folículos antes de que se de la ovulación, lo cual puede estar relacionado con un incremento en la tasa ovulatoria.
- La respuesta a la inducción del estro fue comparable a la que se observa cuando se utilizan tratamientos hormonales; hubo un incremento en la tasa ovulatoria en ovejas en amamantamiento restringido y en ovejas en amamantamiento continuo que consumieron el aceite de soya. Aunque no hubo diferencia en la tasa de gestación, la prolificidad fue mayor en ovejas sometidas a amamantamiento restringido que consumieron el suplemento con aceite de soya, pero sin diferencia respecto a las que no lo consumieron.
- El peso corporal de las ovejas no disminuyó dramáticamente durante el estudio y la recuperación del peso perdido fue mas rápido en las ovejas en amamantamiento restringido, sin embargo, el peso de sus corderos si fue afectado por la restricción del amamantamiento, por lo que es necesario estimular lo más pronto posible después del parto el consumo de concentrado iniciador antes de ser implementada esta práctica.

## VII. LITERATURA CITADA

- Adams, G.P., R.L. Matteri and O.J. Ginther. 1992. Effect of progesterone on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating follicle-stimulating hormone in heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*. 96: 627-640.
- Alí, A., R. Derar and H. Hussein. 2006. Seasonal variation of the ovarian follicular dynamics and luteal functions of sheep in the subtropics. *Theriogenology* 66:463-469.
- Al-Gubory, K.H. and J. Martinet. 1986. Comparison of the total ovarian follicular populations at day 140 of pregnancy and at day 5 postpartum in ewes. *Theriogenology*. 25(6):795-808.
- Alvarez, A.G., Z.M. Valencia y R.O.L. Rodríguez. 1984. Efecto del destete precoz en el comportamiento reproductivo de la oveja Pelibuey. *Memorias del X Congreso Nacional de Buiatría*. Acapulco, Gro. Agosto. P. 178.
- Ainsworth, L., R. Lachance and F. Labrie. 1982. Effect of GnRH induced endogenous luteinizing hormone release and exogenous progestogen treatment on ovarian activity in the postpartum ewe. *Journal of Animal Science*. 54(5): 998-1004.
- Arroyo, L.J., J. Gallegos-Sánchez, A. Villa-Godoy, J.M. Berruecos, G. Perera and J. Valencia. 2007. Reproductive activity of Pelibuey and Suffolk ewes at 19° north latitude. *Animal Reproduction Science* 102:24-30.
- Avdi, M., A. Pampoukidou and M.A. Driancourt. 2001. Effect of the stage of pregnancy and post-partum on the number of gonadotrophin responsive follicles in ewes. *Theriogenology*. 55(7):1501-1508.
- Baird, D.T. 1983. Factors regulating the growth of the preovulatory follicle in the sheep and human. *Journal of Reproduction and Fertility*. 69:343-352.
- Bartlewski, P.M., A.P. Beard, S.J. Cook, R.K. Chandolia, A. Honaramooz and N.C. Rawlings. 1999. Ovarian follicular dynamics and their relationships with endocrine variables in two breeds of sheep differing in prolificacy. *Journal of Reproduction and Fertility*. 115:111-124.
- Bartlewski, P.M., A.P. Beard and N.C. Rawlings. 2000. Ultrasonographic study of ovarian function during early pregnancy and after parturition in the ewe. *Theriogenology*. 53(3):673-689.
- Bastidas, P.S., T.H. Welsh Jr and R.D. Randel. 1990. Granulosa and thecal cell steroid production from first postpartum estrous follicles using androstenedione and pregnenolone substrates. *Journal of Animal Science*. 68 (Suppl. 1): 43. Abstr.
- Beam, S. W. and W. R. Butler. 1997. Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three of dietary fat. *Biology of Reproduction*. 56:133-142.
- Bister, J.L. and R. Paquay. 1983. Fluctuations in the plasma levels of follicle-stimulating hormone during estrous cycle, anestrus, gestation and lactation: evidence for an endogenous rhythm of FSH release. *Theriogenology*. 19:565-582.

- Blache, D. 2003. Balance de energía y reproducción en Rumiantes: Procesos endócrinos y neuroendocrinos. III Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción en Rumiantes. Colegio de Postgraduados. Septiembre 151-168.
- Bleach, E.C.L., R.G. Glencross and P.G. Knight. 1998. Comparison of ovarian follicular dynamics in dairy cows with single or twin ovulations. *Journal of Reproduction and Fertility*. Abstract series, 13.
- Bono, G. 1997. Lactation and the resumption of reproductive activity during the postpartum period in high yielding dairy cows. *Agrociencia*. 13(1):19-29.
- Brownig, R., B.S. Robert, A.W.Lewis, D.A. Nuendorff and R.D. Randel. 1994. Effects of postpartum nutrition and once-daily suckling on reproductive efficiency and preweaning calf performance in fall-calving Brahman (*Bos indicus*) cows. *Journal of Animal Science*. 72 (4):984-989.
- Burke, J. M., D. J. Carrol, K. E. Rowe, W. W. Thatcher and F. Stormshak. 1996. Intravascular infusion of lipid into ewes stimulates production of progesterone and prostaglandin. *Biology of Reproduction* 55: 169-175.
- Cahill, L. P., and P. Mauleon. 1980. Influences of season, cycle and breed on follicular growth rates in sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 58:321-328.
- Call, J.W., W.C. Foote, C.D. Eckre and C.V. Hulet. 1976. Postpartum uterine and ovarian changes, and estrous behavior from lactation effects in normal and hormone treated ewes. *Theriogenology*. 6(5):495-499.
- Camacho-Ronquillo, C. 2007. Restricción del amamantamiento en la eficiencia reproductiva postparto de ovejas pelibuey. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 68 p.
- Castillo, R.H., Z.M. Valencia y V.J.M. Berruecos. 1972. Comportamiento resproductivo del borrego "Tabasco" mantenido en clima tropical y subtropical I. Índices de fertilidad. *Técnica Pecuaria en México*. 20:52-56.
- Cermak, D.L., T. Bramen, J. Manns, G.D. Niswender and T.M. Nett. 1983. Contents of hypothalamic GnRH, pituitary FSH and LH, and pituitary receptors for GnRH and estradiol in postpartum suckled beef cows. *Proceedings of West Section American Society of Animal Science*. 34: 215-218.
- Coop, I. E. 1982. *Sheep and Goat production*. Elsevier Ser. Pub. Company. Netherlands. 492 p.
- Cooper, D.A., D.A. Carvier, P. Villeneuve, W.J. Silva and E.K. Inskeep. 1991. Effects of progestagen treatment on concentrations of prostaglandins and oxytocin in plasma from the posterior vena cava of post-partum beef cows. *Journal of Reproduction and Fertility*. 91:411-421.
- Crowe, M. A., V. Padmanabhan, M. Mihm and J. F. Roche. 1998. Resumption of follicular waves in beef cows is not associated with periparturient changes in follicle – stimulating hormone heterogeneity despite major changes in steroid and luteinizing hormone concentrations. *Biology of Reproduction*. 58: 145-1450.

- Custhaw, J.L., J.F. Hunter and G.L. Williams. 1992. Effects of transcutaneous thermal and electrical stimulation of the teat on pituitary luteinizing hormone, prolactin and oxytocin secretion in ovariectomized, estradiol-treated beef cows following acute weaning. *Theriogenology*. 37: 915-934.
- Day, M.L and L.H. Anderson. 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *Journal of Animal Science*. 76 (Suppl.3):1-15.
- De Fries, C. A., D. A. Neuendorff and R.D. Randel. 1998. Fat supplementation influences postpartum reproductive performance in Brahman cows. *Journal of Animal Science*. 76:864-870.
- Duffour, J. J. and G. L. Roy. 1985. Distribution of ovarian follicular populations in the dairy cow within 35 days after parturition. *Journal of Reproduction and Fertility*. 73: 229-235.
- El-Din, A., T. Nakao, M. Abdel Raouf, M. Moriyoshi, K. Kawata and Y. Moritsu. 1995. Factors in the resumption of ovarian activity and uterine involution in postpartum dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 38: 203-214.
- Ellicot, A.R., D. Jiménez, D.M. Henricks and T.E. Kiser. 1979. Influence of suckling on cortisol levels in beef heifers. *Journal of Animal Science*. 49 (Suppl. 1)295.
- Espey, L. L. 1994. Current status of the hypothesis that mammalian ovulation is comparable to an inflammatory reaction. *Biology of Reproduction* 50: 233-238.
- Espinoza, J. L., J. A. Ramírez Godínez, S. S. Simental, J. Jiménez, R. Ramírez, A. Palacios and R. De Lun. 1997. Effects of calcium soaps of fatty acids on serum hormones and lipid metabolites in Pelibuey ewes. *Small Ruminant Research*. 26:61-68.
- Evans, A.C., P. Duffy, N. Hynes and M.P. Boland. 2000. Waves of follicle development during the estrous cycle in sheep. *Theriogenology*. 53:699-715.
- Evans, A.C. 2003. Ovarian follicle growth and consequences for fertility in sheep. *Animal Reproduction Science*. 78: 289-306.
- Filley, S. J., H. A. Turner and F. Stormshak. 1999. Prostaglandin F<sub>2α</sub> concentrations, fatty acids profiles and fertility in lipid-infused postpartum beef heifers. *Biology of Reproduction*. 61:1317-1323.
- Filley, S. J., H. A. Turner and F. Stormshak. 2000. Plasma fatty acids, prostaglandin F<sub>2α</sub> metabolite and reproductive response in postpartum heifers fed rumen bypass fat. *Journal of Animal Science*. 78:139-144.
- Galina, M.A., R. Morales, E. Silva and B. López. Reproductive performance of Pelibuey and Blackbelly sheep under tropical management systems in Mexico. *Small Ruminant Research*. 22:31-37.
- Gallegos-Sánchez, J., A. Herrera-Corredor y O. Tejada-Sartorius. 2005. Manejo del anestro postparto en vacas de doble propósito. IV Curso Internacional de Reproducción en rumiantes. 16-18 agosto. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 131-150 pp.

- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koopen, Tercera Edición. Editorial FOCET.
- Gazal, O.S., L.S. Leshin, R.L. Satanko, M.G. Thomas, D.H. Keisler, L.L. Anderson and G.L. Williams. 1998. Gonadotropin-releasing hormone secretion into third-ventricle cerebrospinal fluid of cattle: correspondence with the tonic and surge release of luteinizing hormone and its tonic inhibition by suckling and neuropeptide Y. *Biology of Reproduction*. 59:676-683.
- Ginther, O.J., K. Kot and M.C. Wiltbank. 1995. Associations between emergence of follicular waves and fluctuations in FSH concentrations during the estrous cycle in ewes. *Theriogenology*. 43:689-703.
- González-Reyna, A., B.D. Murphy, J. De Alba and J.G. Manns. 1987. Endocrinology of the postpartum period in the Pelibuey ewe. *Journal of Animal Science*. 64:1717-1723.
- González, C., J. Goicochea, F. Perozo y N. Madrid. 1990. Influencia del anestro postparto, lactación y amamantamiento sobre la eficiencia de los tratamientos de sincronización del celo en ovejas y cabras. *Revista de Agronomía (LUZ)*: 7:245-2453.
- González, R.A., M. J. Valencia, W.C. Foote and B.D. Murphy. 1991. Hair sheep in México: reproduction in the Pelibuey sheep. *Animal Breeding Abstracts*. 59:509.
- González, C. y F. Perozo. 1983. Efecto del estado productivo y crías lactantes sobre la eficiencia reproductiva y la productividad numérica en ovejas tropicales. IX Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Santiago de Chile, 26-30 de julio.
- González-Stagnaro, C., J. Goicochea, E. Soto y L. Ramírez. 1988. Actividad ovárica y ciclica en vacas mestizas lecheras postparto determinada por los niveles de progesterona sérica. Reporte preliminar. XI Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. p.131. Abstr.
- Gordon, K., M.B. Renfree, R.V. Short and I.J. Clarke. 1987. Hypothalamo-pituitary portal blood concentration of endorphin during suckling in the ewe. *Journal of Reproduction and Fertility*. 79: 397-408.
- Gordon, I. 1997. Artificial control of oestrus and ovulation. Controlled reproduction in sheep and goat. CABI Publishing. P. 86-115.
- Gregg, D.W., G.E. Moss, R.E. Hudgens and P.V. Malven. 1986. Endogenous opioid modulation of luteinizing hormone and prolactin secretion in postpartum ewes and cows. *Journal of Animal Science*. 63:838-847.
- Griffith, B.M.A. and G.L. Williams. 1996. Roles of maternal vision and olfaction in suckling-mediated inhibition of LH secretion of maternal selectivity and lactational performance of beef cows. *Biology of Reproduction*. 54:761-768.
- Gutiérrez, C.G., J. Oldhman, T. A. Bramley, J. G. Gong, B. K. Campbell and R. Webb. 1997. The recruitment of ovarian follicles is enhanced by increased dietary intake in heifers. *Journal of Animal Science* 75:1876-1884.
- Hall, J.A., R.A. Dailey, E.K. Inskeep and P.E. Lewis. 1993. Influence of the corpus luteum of pregnancy on ovarian function in postpartum ewes. *Journal of Animal Science*. 71:3067-3072.

- Haresing, W. 1981. The influence of nutrition on reproduction in the ewe. Effects on ovulation rate, follicle development and luteinizing hormone release. *Animal Reproduction Science* 32: 197-202.
- Herrera – Camacho, J., J. A. Quintal – Franco, J. C. Kú Vera y G. L. Williams. 2003. Efecto de la adición de ácidos grasos poliinsaturados sobre la dinámica folicular, tasa de gestación y respuesta ovárica en ovejas pelibuey. 2:101-104.
- Henaó, G., M. Olivera-Ángel and J.G. Maldonado-Estrada. 2000. Follicular dynamics during postpartum anestrus and the first estrous cycle in suckled or no suckled Brahman (*Bos indicus*) cows. *Animal Reproduction Science*. 63:127-136.
- Hightshoe, R.B., R.C. Cochran, L.R. Corah, G.H. Kiracofe, D.L. Harmon and R.C. Perry. 1991. Effects of calcium soaps of fatty acids on post-partum reproductive function in beef cows. *Journal of Animal Science* 69:4097-4103.
- Hoffman, D.P., J.S. Stevenson and J.E. Minton. 1996. Restricting calf presence without suckling compared with weaning prolongs postpartum anovulation in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 74:190-198.
- Honaramooz, A., R.K. Chandolia, A.P. Beard and N.C. Rawlings. 2000. Opioidergic, dopaminergic and adrenergic regulation of LH secretion in prepubertal heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*. 119:207.
- Huie, J. M., R. R. Magness, L. P. Reynolds, G. L. Hoyer, T. P. Huecksteadt, M. Colcord, B. Stalcup, G. L. Whyson and C. W. Weems. 1981. Effect of chronic ipsilateral or contralateral intra-uterine infusion of prostaglandin E<sub>1</sub> (PGE<sub>1</sub>) on luteal function of unilaterally ovariectomized ewes. *Prostaglandins* 21:945-955.
- Hunter, G.L. 1968. Increasing the frequency of pregnancy in sheep. I. Some factors affecting rebreed during the post-partum period. *Animal Breeding. Abstr.* 36:533.
- Jhonson, S.K., P.E. Lewis and E.K. Inskip. 1991. Steroids and cAMP in follicles of postpartum beef cows treated with norgestomet. *Journal of Animal Science*. 69: 3747-3753.
- Kalra, S.P. 1983. Opioid peptides-inhibitory neuronal system in regulation of gonadotrophin secretion. In: *Role of peptides and proteins in control of reproduction*. Editores: S.M. McCann and D.S. Dhinsa. Elsevier. 63-87 pp.
- Kamimura, S., H. Sameshima, S. Enomoto and K. Hamana. 1994. Turnover of ovulatory and non-ovulatory dominant follicles in postpartum Japanese Black cows. *Journal of Reproduction and Development*. 40:171-176.
- Karsch, F.J., D.L. Foster, E.L. Bittman and R.L. Goodman. 1983. A role for estradiol in enhancing luteinizing hormone pulse frequency during the follicular phase of the oestrus cycle of sheep. *Endocrinology*. 113:1333-1339.
- King, J.C., S.A. Tobet, F.L. Snavely and A.A. Arimura. 1982. LHRH immunopositive cells and their projections to the median eminence and organum vasculosum of the lamina terminalis. *J. Comp. Neurol.* 209:287-300. Abst.

- Klusmeyer, T.H. and J.H. Clark. 1990. Effects of dietary fat and protein on fatty acid flow to the duodenum and in milk produced by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 74:3055.
- Knight, P.G., C.M. Howles and F.J. Cunnigham. 1986. Evidence that opioid peptides and dopamine participate in the suckling induced release of prolactin in the ewe. *Neuroendocrinology*. 14:29-35.
- Koziorowski, M., S. Stefanczyk-Krzyszowska, J. Czarnocki and T. Krzymowski. 1989. Countercurrent transfer and back transport of tritiated PGF-2alpha in the cow's broad ligament vasculature ipsilateral and contralateral to the corpus luteum. *Act. Physiol. Pol.* 40:96-103.
- Laedem, C.A. and S.P. Kalra. 1985. Effects of endogenous opioid peptides and opiates on LH and prolactin secretion. *Neuroendocrinology*. 41:342-352.
- Lamb, G.C., B.L. Miller, J.M. Lynch, K.E. Thompson, J.S. Heldt, C.A. Loest, D.M. Grieger and J.S. Stevenson. 1999. Twice daily suckling but not milking with calf presence prolongs postpartum anovulation. *Journal of Animal Science*. 77:2207-2218.
- Lamming, G.E., D.C. Walters and A.R. Peters. 1981. Endocrine patterns of the postpartum cow. *Journal of Reproduction and Fertility*. (Suppl. 30):155-169.
- Lammoglia, M. A., S. T. Willard, J. R. Oldham and R. D. Randel. 1996. Effects on dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and on hormonal, cholesterol, triglycerides, follicular patterns, and postpartum reproduction in Brahman cows. *Journal of Animal Science*. 74:2253-2262.
- Leshin, L.S., L.A. Rund, R. Kraeling and T.E. Kiser. 1991. The bovine preoptic area and median eminence: sites of opioid inhibition of luteinizing hormone-releasing hormone secretion. *Journal of Animal Science*. 69:3733-3746.
- Leury, B.J., P.J. Murray and J.B. Rowe. 1990. Effect of nutrition on the response in ovulation rate in Merino ewes following short-term lupin supplementation and insulin administration. *Australian Journal of Agricultural Research* 41: 751-759.
- Lewis, G.S. and D.J. Bolt. 1987. Effects of suckling, progestagen-impregnated pessaries or hysterectomy on ovarian function in autumn-lambing postpartum ewes. *Journal of Animal Science*. 64:216-225.
- Lewis, G.S., A.W. Lishman, R.L. Butcher, R.A. Dailey and E.K. Inskeep. 1981. Factors affecting function of induced corpora lutea in postpartum anestrous ewes. *Journal of Animal Science*. 52(5): 1122-1129.
- Lindell, J.O., H. Kindahl, L. Jansson and L.E. Edqvist. 1982. Postpartum release of prostaglandin F2 $\alpha$  and uterine involution in the cow. *Theriogenology* 17:237-245.
- López-Molina, O., J.A. Ramírez-Godínez, J. Jiménez, J. Flores, J.L. Espinoza. 1995. Effects of calcium soaps of fatty acids on milk composition, fat metabolites and reproductive performance in Pelibuey ewes. *Proceedings West Section American Society Animal Science*. 46: 157-160.

- López-Sebastian, A. 2001. Manejo reproductivo en pequeños rumiantes. Memoria II Curso Internacional de Fisiología de la Reproducción en Rumiantes. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 18-21 de septiembre. p. 4-21.
- Lucy, M.C., T.S. Gross and W.W. Thatcher. 1990. Effect of intravenous infusion of soybean oil emulsion on plasma concentrations of 15-keto-13,14-dihydro-prostaglandin F<sub>2</sub> and ovarian function in cycling Holstein heifers. *In: International Atomic Energy Agency Livestock Reproduction in Latin America.* 119-132.
- Lucy, M.C., C.R. Staples, F.M. Michel and W.W. Thatcher. 1991. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum cows. *Journal of Dairy Science.* 74: 473-482.
- Lucy, M.C., C.R. Staples, W.W. Thatcher, P.S. Ericsson and B.O. Brodie. 1992. Influence of diet composition, dry matter intake, milk production and energy balance on time of postpartum ovulation and fertility in dairy cows. *Animal Production.* 54: 323-331.
- McNeilly, A.S. 1997. Lactation and Fertility. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia.* 2:291-298.
- Malven, P.V. and R.E. Hundgens. 1987. Naloxone-reversible inhibition of luteinizing hormone in postpartum ewes: Effects of suckling and season. *Journal of Animal Science.* 65:196-202.
- Mandiki, S.N.M., M. Fossion and R. Paquay. 1989. Daily variations in suckling behaviour and relationship between suckling intensity and lactation anestrus in Texel ewes. *Applied Animal Behaviour Science.* 29:247-255.
- Mandiki, S.N.M., J.L. Bister and R. Paquay. 1990. Effects of suckling mode on endocrine control of reproductive activity resumption in Texel ewes lambing in July or November. *Theriogenology.* 33:397-413.
- Mann, G.E. and G.E. Lamming. 2000. The role of sub-optimal preovulatory oestradiol secretion in the aetiology of premature luteolysis during the short oestrus cycle in the cow. *Animal Reproduction Science.* 64:171-180.
- Martin, G.B. y H.G. Banchemo. 1999. Nutrición y reproducción en ruminantes. Memorias I Curso Internacional. Fisiología de la reproducción en rumiantes. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx. 27-58 pp.
- Martínez, H.P.A. 1998. Manejo alimenticio de la oveja de cría. *In: Memorias de las Bases de la cría ovina IV. Asociación Mexicana de Técnicos Especialistas en Ovinocultura. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México.* P 29-38.
- Martínez, R. R. D. 1999. Patrones reproductivos de la oveja Pelibuey en el trópico mexicano. *Agrociencia.* 33:75-80.
- Mattos, R., Ch. R. Staples and W. Thatcher. 2000. Effects of dietary acids on reproduction in ruminants. *Reviews of Reproduction.* 5: 38-45.
- Mauléon, P. et L. Dauzier. 1965. Variations de durée de l'anoestrus de lactation chez les brebis de race Ile-de-France. *Annales de Biologie Animale, de Biochimie et de Biophysique* 5:131-143.

- Maurer, R.R. and J.R. Chenault. 1983. Fertilization failure and embryonic mortality in parous and nonparous beef cattle. *Journal of Animal Science*. 56:1186-1189.
- Mbayahaga, J., S.N.M. Mandiki, J.L. Bister and R.Paquay. 1998. Body weight, oestrus and ovarian activity in local Burundian ewes and goats after parturition in the dry season. *Animal Reproduction Science*. 51:289-300.
- Moberg, G.P. 1991. How behavioral stress disrupts the endocrine control of reproduction in domestic animals. *Journal of Dairy Science*. 74:304317.
- Morales-Terán, G., A. Pro-Martínez, B. Figueroa-Sandoval, C. Sánchez del Real y J. Gallegos-Sánchez. 2004. Amamantamiento continuo o restringido y su relación con la duración del anestro postparto en ovejas Pelibuey. *Agrociencia*. 38: 165-171
- Moss, G.E., T. E. Adams, G.D. Niswender and T.M. Nett. 1980. Effects of parturition and suckling on concentrations of pituitary responsiveness to GnRH in ewes. *Journal of Animal Science*. 50:496-502.
- Murphy, M., P. Udén, D.L. Palmquist and H. Wiktorsson. 1987. Rumen and total diet digestibilities in lactating cows fed diets containing full-fat rapeseed. *Journal of Dairy Science*. 70: 1572-1582.
- Nett, T.M., 1987. Function of hypothalamic-hypophysial axis during the postpartum period in ewes and cows. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 34:201-213.
- Nett, T.M, D. Cermak, T. Broden, J.Manns and G. Niswender. 1988. Pituitary receptors for GnRH and estradiol and content of gonadotropins in beef cows II. Changes during the postpartum period. *Domestic Animal Endocrinology*. 5:81
- Newton, G.R., K.K. Schillo and L.A. Edgerton. 1988. Effects of weaning and naloxone on luteinizing hormone secretion in postpartum ewes. *Biology of Reproduction*. 39:532-535.
- Oldick, B. S., C. R. Staples, W. W. Thatcher and P. Gyawu. 1997. Abomasal infusion of glucose and fat – Effect on digestion, production and ovarian and uterine functions of cows. *Journal of Dairy Science*. 80:1315-1328.
- Opsomer, G., P. Mijten, M. Coryn and A. de Kruif. 1996. Post-partum anoestrus in dairy cows: a review. *Veterinary Quarterly*. 18:68-75.
- Pérez-Hernández, P., C. Lamothe, A. López-Sebastian y J. Gallegos-Sánchez. 2001. Desarrollo folicular postparto de vacas doble propósito sometidas a tres modalidades de amamantamiento. II Congreso Internacional de Ganado de Doble Propósito. Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), Cuba. 246-251 pp.
- Pérez-Hernández, P., M. García-Winder y J. Gallegos-Sánchez. 2002. Postpartum anoestrus is reduced by increasing the within-day milking to suckling interval in dual propose cows. *Animal Reproduction Science*. 73:159-168.
- Perozo, E., R. Valeris, M. Riera. J.M. Rodríguez y R. Céspedes. 2006. Irrigación arterial del ovario en la oveja y la vaca durante el ciclo estral. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 16(5): 472-480.

- Peters, A. R. 1984. Reproductive activity of the cow in the postpartum period. I. Factors affecting the length of the postpartum acyclic period. *British Veterinay Journal*. 140: 76-85.
- Pond, W.G., D.C. Church and R.R. Pond. 1995. Basic animal nutrition feeding. 4ta John Wiley and Sons. USA. p 415-443.
- Rajamahendran, R. and C. Taylor. 1990. Characterization of ovarian activity in postpartum dairy cows using ultrasound imaging and progesterone profiles. *Animal Reproduction Science*. 22: 171-180.
- Randel, R.D. 1981. Effect on once-daily suckling on postpartum interval and cow-calf performance of first-calf Brahman x Hereford heifers. *Journal of Animal Science*. 53:755-757.
- Randel, R.D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *Journal of Animal Science*. 68:853-862
- Ravindra, J. P., N. C. Rawlings, A. C. O. Evans. G. P. Adams. 1994. Ultrasonographic study of ovarian follicular dynamics in ewes during the oestrus cycle. *Jornal of Reproduction and Fertility* 101: 501- 509.
- Reynolds, L. P., J. Stigler, G. L. Hoyer, R. R. Magness, J. M. Huie, T. P. Huecksteadt, G. L. Whysong, H. R. Behrman and C. W. Weems. 1981. Effect of PGE<sub>1</sub> or PGE<sub>2</sub> on PGF<sub>2α</sub> induced luteolysis in nonbred ewes. *Prostaglandins* 21:957-972.
- Rhind, S. M. and A. S. McNeilly. 1998. Effects of level of food intake on ovarian follicle number, size and steroidogenic capacity in the ewe. *Animal Reproduction Science* 52:131-138.
- Rhodes, F.M., S. McDougall, C.R. Burke, G.A. Verkek and K.L. Macmillan. 2003. Invited Review: Treatment of cows with and extended postpartum anestrus interval. *Journal of Dairy Science*. 86:1876-1894.
- Rhodes, F.M., S. McDougall, G.A. Verkerk, Z.Z. Xu and A. Cullum. 2000. Treatment of the non-cycling cow. *Proceedings of Society of Dairy Cattle Vets of the New Zeland Veterinay Asociation*. 17:125-134.
- Risco, C. A., M. Drost, W. W. Thatcher, J. Savio and M. J. Thatcher. 1994. Effects of calving-related disorders on prostaglandin, calcium, ovarian activity and uterine involution in postpartum dairy cows. *Theriogenology*. 42: 183-203.
- Roche, J. F., M. A. Crowe and M. P. Boland. 1992. Postpartum anoestrus in dairy and beef cows. *Animal Reproduction Science*. 28: 371-378.
- Rondón, Z. G. Yépez, N. Navarro, J. de Combillas y C. Arévalo. 1994. Resultados preliminares de la evaluación del potencial de producción de leche en ovejas West African sometidas a ordeño. In: S.E.O.C. (Eds.). *Producción ovina y caprina*. Serie Estudios no. 14. p 427-432.
- Rubianes, E. and R.Ungerfeld. 1993. Uterine involution and ovarian changes during early post partum in autum-lambing Corriedale ewes. *Theriogenology*. 40(2):365-372.

- Rubianes, E., T. de Castro and B. Carbajal. 1996. Effect of high progesterone levels during the growing phase of the dominant follicle of wave 1 in ultrasonically monitored ewes. *Canadian Journal of Animal Science*. 76:473-475.
- Rubianes, E. 2000. Avances en el conocimiento de la fisiología ovárica de los pequeños rumiantes y su aplicación para el manejo reproductivo. *Actas de fisiología*. 6: 93-103.
- Ruíz-Cortés, Z.T. and M. Olivera-Ángel. 1999. Ovarian follicular dynamics in suckled zebu (*Bos indicus*) cows monitored by real time ultrasonography. *Animal Reproduction Science*. 54:211-220.
- Ryle, M. 1972. The growth in vitro of mouse ovarian follicles of different sizes in response to purified gonadotrophins. *Journal of Reproduction and Fertility*. 30: 395-405.
- Sakaguchi, M., Y. Sasamoto, T. Suziki, Y. Takahashi and Y. Yamada. 2004. Postpartum ovarian follicular dynamics and estrous activity in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 87:2114-2121.
- Sahara, H. K., H. Ezoe, H. Fukuoka, N. Ohtomo, Y. Tanaka, N. Takahashi, N. Sato and K. Kikuchi. 1996. Periodicity of ovarian follicular dynamics in postpartum ewes demonstrated using time-series analysis based on the maximum entropy method. *Journal of Reproduction and Development*. 42(2):117-124.
- SAS. 2004. JMP. Statistic visual. Version 8.1. Institute inc. Campus Drive. Cary. NC 27517.
- Scaramuzzi, R.J., N.R. Adams, D.T. Baird, B.K. Campbell, J.A. Downing, J.K. Findlay, K.M. Henderson, G.B. Martin, K.P. McNatty, A.S. McNeilly and C.G. Tsonis. 1993. A model for follicle selection and the determination of ovulation rate in the ewe. *Reproduction Fertility and Development*. 5: 459-478.
- Scaramuzzi, R.J., J.F. Murray, J.A. Downing and B.K. Campbell. 1999. The effects of exogenous growth hormone on follicular steroid secretion and ovulation rate in sheep. *Domestic Animal Endocrinology* 17: 269-277.
- Schillo, K.K. 1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *Journal of Animal Science*. 70:1271-1282.
- Savio, J. D., M. P. Boland, N. Hynes and J. F. Roche. 1990 (a). Resumption of follicular activity in the early post-partum period of dairy cows. *Journal of Reproduction and Fertility*. 88: 569-579.
- Savio, J. D., M. P. Boland and J. F. Roche. 1990b. Development of dominant follicles and length of ovarian cycles in post-partum dairy cows. *Journal of Reproduction and Fertility*. 88: 581-591.
- Schirar, A., Y. Cognié, F. Louault, N. Poulin, M.C. Levasseur and J. Martinet. 1989. Resumption of oestrus behaviour and cyclic ovarian activity in suckling and non-suckling ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*. 87:789-794.
- Schirar, A., Y. Cognié, F. Louault, N. Poulin, C. Meusnier, M.C. Levasseur and J. Martinet. 1990. Resumption of gonadotrophin release during the post-partum period in suckling and non-suckling ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*. 88:593-604.

- Scott, T.A., R.D. Shaver, L. Zepeda, B. Yandell and T.R. Smith. 1995. Effects of rumen-inert fat on lactation, reproduction and health of high producing Holstein herds. *Journal of Dairy Science*. 78: 2435-2451.
- Short, R.E., Bellows, R.A., Staigmiller, R.B., Berardinelli, J.G. y Custer, E.E. (1990). Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*. 68:799-816.
- Slama, H., B. Zaiem, J. Chemli et D. Tainturier. 1996. Reprise de l'activité en période postpartum chez la vache laitière. *Revue de Médecine Veterinaire*. 147(6): 453-456.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2007. Avance mensual y acumulado de la producción pecuaria. <http://www.siap.gob.mx/>
- Smart, D., I. Singh, R.F. Smith and H. Dobson. 1994. Opioids and suckling in relation to inhibition of oestradiol-induced LH secretion in postpartum ewes. *Journal of Reproduction and Fertility*. 101:115-119.
- Stagg, K., M.G. Diskin, J.M. Sreenan and J.F. Roche. 1995. Follicular development in long-term anoestrus suckler beef cows fed two levels of energy postpartum. *Animal Reproduction Science*. 38:49-61.
- Stapples, C.R., J. M. Burke and W.W. Thatcher. 1998. Symposium: Optimizing energy nutrition for reproducing dairy cows. Influence of Supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 81: 856-871.
- Thatcher, W.W., C.R. Staples, G. Danet-Desnoyers, B. Oldick and E.P. Schmitt. 1994. Embryo health and mortality in sheep and cattle. *Journal of Animal Science*. 72 (Suppl.3):16.
- Thomas, M-G. and G.L. Williams. 1996. Metabolic hormone secretion and FSH-induced superovulatory responses of beef heifers fed dietary fat supplements containing predominantly and polyunsaturated fatty acids. *Theriogenology*. 45:451-458.
- Urarte, E. 1989. La raza Latxa: sistemas de producción y características reproductivas. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, España.
- Valencia, Z.M., R.H. Castillo y V.J.M. Berruecos. 1975. Reproducción y manejo del borrego Tabasco o Pelibuey. *Técnica Pecuaria en México*. 29: 66-72.
- Velez, 1991. Endogenous release of prostaglandin F2 $\alpha$  during postpartum period and its relationship with resumption of ovarian activity in mature Brahman cows. M.S. Thesis. Texas A&M Univ., College Station, TX.
- Villa-Godoy, A. y A. Villagómez. 2000. Influencia de la dieta y el amamantamiento en el balance energético, la condición corporal, la producción láctea, el metabolismo y el desempeño reproductivo en vacas de doble propósito. I Curso Internacional de Reproducción Bovina. UNAM. México. 167-215.

- Villa-Godoy, A. y A.A. Arreguín. 1993. Tecnología disponible y principales líneas de investigación para resolver el anestro postparto en vacas de doble propósito. XVI Symposium de Ganadería Tropical: 4<sup>a</sup> Ciclo de conferencias sobre bovinos de doble propósito. INIFAP. Veracruz. México. pp. 55-84.
- Villagómez, A.E., J.M. Zárate, H.M. Arellano, G.A. Villa y E.E. González. 1999. Efectos de la suplementación energética y del amamantamiento sobre el desarrollo folicular y el anestro de vacas de doble propósito. XXXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Yucatán, México. p.27.
- Viker, S.D., R.L. Larson, G.H. Kiracofe, R.E. Stewart and J.S. Stevenson. 1993. Prolonged postpartum anovulation in mastectomized cows requires tactile stimulation by the calf. *Journal of Animal Science*. 71:999-1003.
- Viñoles, C., G. Banchemo and E. Rubianes. 1999. Follicular wave pattern and progesterone concentrations in cycling ewes with high and low body condition score. *Theriogenology*. 51: 437.
- Viñoles, C., M. Forsberg, G. Banchemo and E. Rubianes. 2001. Effect of long-term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology*. 55:993-1004.
- Viñoles, C., M. Forsberg, G. Banchemo and E. Rubianes. 2002. Ovarian follicular dynamics and endocrine profiles in Polwarth ewes with high and low body condition. *Animal Science* 74: 539-545.
- Viñoles, C. 2003. Effect of nutrition on follicle development and ovulation rate in the ewe. Doctoral thesis. Uppsala, Sweden: Department of Clinical Chemistry, Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of veterinary Medicine. 56 p.
- Viñoles, C., M. Forsberg, G.B. Martin, C. Cajarville, J. Repetto and A. Meikle. 2005. Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction* 129:299-309.
- Webb, R., B.K. Campbell, H.A. Garverick, J.G. Gong, C.G. Gutiérrez and D.G. Armstrong. 1999. Molecular mechanism regularity follicular recruitment and selection. *Journal of Reproduction and Fertility*. 54:33-48.
- Wettenann, R.P. 1980. Postpartum endocrine function of cattle, sheep and swine. *Journal of Animal Science*. 51 (Suppl. 2): 2.
- Wherman, M.E., T.H. Welsh and G.L. Williams. 1991. Diet-induced hyperlipidemia in cattle modifies the intrafollicular cholesterol environment, modulates ovarian follicular dynamics, and hastens the onset of postpartum luteal activity. *Biology of Reproduction*. 45:514-522.
- Werth, L.A., J.C. Whittier, S.M. Azzam, G.H. Deutscher and J.E. Kinder. 1996. Relationship between circulating progesterone and conception at the first postpartum estrus in young primiparous beef cows. *Journal of Animal Science*. 74:616-619.
- Williams, G.L., F. Talavera, B.J. Petersen, J.D. Kirsch and J.E. Tilton. 1983. Coincident secretion of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone in early postpartum beef cows: effects of suckling and low-level increases of systemic progesterone. *Biology of Reproduction*. 29:362-373.

- Williams, G. L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review. *Journal of Animal Science*. 68: 831-852.
- Williams, G.L. and M.K., Griffith. 1995. Sensory and behavioral control of gonadotrophin secretion during suckling-mediated anovulation in cows. *Journal of Reproduction and fertility*. 49:463-475.
- Williams, G.L., O.S. Gazal, V.G.A. Guzmán and R.L. Stanko. 1996. Mechanism regulating suckling-mediated anovulation in the cow. *Animal Reproduction Science*. 42:289-297.
- Williams, S.A., D. Blache, G. B. Martin, R. Foot, M. A. Blackberry and R. J. Scaramuzzi. 2001. Effect of nutritional supplementation on quantities of glucose transporters 1 and 4 in sheep granulosa and theca cells. *Reproduction* 122: 947-956.
- Wise, M.E., J.E. Glass and T.M. Nett. 1986. Changes in the concentration of hypothalamic and hypophyseal receptors for estradiol in pregnant and postpartum ewes. *Journal of Animal Science*. 62: 1021-1028.
- Wise, M.E. 1990. Gonadotropin releasing hormone secretion during the postpartum anoestrus period of the ewe. *Biology of Reproduction*. 43:719-725.
- Witkin, J., C. Paden and A. Silverman. 1982. The luteinizing hormone-releasing hormone (LHRH) system in the rat brain. *Neuroendocrinology*. 35:429-438.
- Yavas, Y., W.H. Jonson and J.S. Walton. 1999. Modification of follicular dynamics by exogenous FSH and progesterone and the induction of ovulation using hCG in postpartum beef cows. *Theriogenology*. 52:949-963.
- Yavas, Y. and J.S. Walton. 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology*. 54:25-55.
- Zollers, W.G.J., H.A. Gaverick, M.F. Smith, R.J. Moffatt, B.F. Salfen and R.S. Youngquist. 1993. Concentration of progesterone and oxytocin receptors in endometrium of postpartum cows expected to have a short or normal oestrus cycle. *Journal of Reproduction and Fertility*. 97: 329-337.

## VIII. ANEXO

### Anexo 1. Composición del forraje de avena .

Aporte nutricional	
MS	91.0 %
PC	7.0 %
EE	2.23 %
FC	56.0 %
Humedad	9.0 %
Ca	0.30 %
P	0.23 %

### Anexo 2. Composición del concentrado comercial para ovejas reproductoras.

Ingredientes	Aporte nutricional	
Granos molidos	MS	89.0 %
Subproductos de granos y pastas oleaginosas	PC	15.2 %
Melaza	EE	3.0 %
NNP	EM	2.50 Mcal kg <sup>-1</sup> MS
Minerales	FC	15.0 %
Oligoelementos	Humedad	11.0 %
Vitaminas	Ca	0.76 %
	P	0.62 %

### Anexo 3. Composición del suplemento con aceite de soya.

Ingrediente	Contenido	Aporte nutricional	
Sorgo grano	36.85 %	MS	89.52 %
Pasta de soya	21.00 %	PC	15.50 %
Salvado	10.50 %	EE	5.43 %
Melaza	10.50 %	EM	2.52 Mcal kg <sup>-1</sup> MS
Gluten de maíz	10.50 %	FC	16.50 %
Aceite (soya)	5.25 %	Humedad	10.48 %
Mineral reproductor	4.0 %	Ca	0.30 %
Ortofosfato	1.4 %	P	0.47 %

Anexo 4. Composición de las sales minerales para ovejas reproductoras.

Ingrediente	Contenido	Ingrediente	Contenido
Calcio	8.30 %	Manganeso	2,000 ppm
Fósforo	12.00 %	Hierro	2,622 ppm
Magnesio	4.00 %	Zinc	4,000 ppm
Sodio	17.42 %	Cobre	500 ppm
Cloro	26.91 %	Yodo	100 ppm
Potasio	0.319 %	Selenio	30 ppm
Azufre	530 ppm	Cobalto	40 ppm
Vitamina A	100,000 UI	Vitamina E	100 UI
Vitamina D	25,000 UI		

Anexo 5. Composición del concentrado iniciador para corderos.

Ingrediente		Aporte nutricional
Grano	MS	89.00 %
Pasta de soya	PC	20.00 %
Salvado de trigo	EE	4.62 %
Cascarilla de soya	EM	3.0 Mcal kg <sup>-1</sup> MS
Henos	FC	7.0 %
Aceite	Humedad	11.0 %
Minerales	Ca	0.85 %
CaCo <sub>3</sub>	P	0.40 %
Vitaminas	Ionóforo	20.0 ppm

Anexo 6. Composición del concentrado para corderos en engorda.

Ingrediente		Aporte nutricional
Grano	MS	88.00 %
Pasta de soya	PC	14.50 %
Salvado de trigo	EE	4.85 %
Cascarilla de soya	EM	2.90 Mcal kg <sup>-1</sup> MS
Henos	FC	9.0 %
Aceite	Humedad	12.0 %
Minerales	Ca	0.88 %
CaCo <sub>3</sub>	P	0.40 %
Vitaminas	Ionóforo	20.0 ppm

Anexo 7. Efecto de condición corporal y de la interacción condición corporal por tipo de suplemento en el desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas de pelo en la época 1.

Factores		n	Diámetro folicular $\pm$ E. E.			Tasa ovulatoria $\pm$ E. E.
C. corporal			2-3 mm	4-5 mm	>6 mm	
Alta		30	9.56 $\pm$ 0.46a	1.03 $\pm$ 0.12a	1.23 $\pm$ 0.12a	1.69 $\pm$ 0.14a
Baja		30	9.00 $\pm$ 0.46a	0.76 $\pm$ 0.12a	1.10 $\pm$ 0.12a	1.34 $\pm$ 0.14a
C. corporal	TS					
Baja	AS	15	9.8 $\pm$ 0.65a	0.80 $\pm$ 0.17a	1.06 $\pm$ 0.17a	1.46 $\pm$ 0.20a
Baja	CC	15	10.93 $\pm$ 0.65a	0.80 $\pm$ 0.17a	0.86 $\pm$ 0.17a	1.08 $\pm$ 0.20a
Alta	AS	15	8.8 $\pm$ 0.65a	0.79 $\pm$ 0.17a	1.40 $\pm$ 0.17a	1.92 $\pm$ 0.20a
Alta	CC	15	8.9 $\pm$ 0.65a	1.26 $\pm$ 0.17a	1.33 $\pm$ 0.17a	1.61 $\pm$ 0.19a

TS: tipo de suplemento, AS: aceite de soya, CC: concentrado comercial, E.E: error estándar.  
a Valores con distinta literal en la misma columna, son diferentes (P<0.05).

Anexo 8. Efecto de condición corporal y de la interacción condición corporal por tipo de suplemento en el desarrollo folicular y tasa ovulatoria de ovejas de pelo en la época 2.

Factores		n	Diámetro folicular $\pm$ E. E.			Tasa ovulatoria $\pm$ E. E.
C. corporal			2-3 mm	4-5 mm	>6 mm	
Alta		30	9.28 $\pm$ 0.27a	0.78 $\pm$ 0.12a	1.16 $\pm$ 0.10a	1.51 $\pm$ 0.10a
Baja		30	8.53 $\pm$ 0.27a	0.72 $\pm$ 0.12a	1.22 $\pm$ 0.10a	1.46 $\pm$ 0.09a
C. corporal	TS					
Baja	AS	15	9.38 $\pm$ 0.39a	0.87 $\pm$ 0.16a	1.31 $\pm$ 0.15a	1.69 $\pm$ 0.13a
Baja	CC	15	10.12 $\pm$ 0.39a	0.75 $\pm$ 0.16a	1.19 $\pm$ 0.15a	1.40 $\pm$ 0.13a
Alta	AS	15	7.92 $\pm$ 0.39a	0.68 $\pm$ 0.16a	1.00 $\pm$ 0.15a	1.33 $\pm$ 0.13a
Alta	CC	15	8.61 $\pm$ 0.39a	0.69 $\pm$ 0.16a	1.25 $\pm$ 0.15a	1.53 $\pm$ 0.13a

TS: tipo de suplemento, AS: aceite de soya, CC: concentrado comercial, E.E: error estándar.  
a Valores con distinta literal en la misma columna, son diferentes (P<0.05).

Anexo 9. Efecto de la condición corporal, tipo de suplemento y época en el desarrollo folicular y tasa ovulatoria de ovejas de pelo.

Factor	n	Folículos 2-3 mm ± E.E.	Folículos 4-5 mm ± E.E.	Folículos > 6 mm ± E.E.	Tasa ovulatoria ± E.E.
Tipo suplemento					
CC	62	10.15±0.26a	0.80±0.08a	1.11±0.08a	1.20±0.1a
AS	62	9.80±0.26a	0.84±0.08a	1.25±0.08a	1.40±0.1a
Condición corporal					
Baja	62	9.42±0.26a	0.74±0.08a	1.16±0.08a	1.2±0.1a
Alta	62	8.75±0.26a	0.90±0.08a	1.19±0.08a	1.3±0.1a
Época					
1	62	8.90±0.26a	0.75±0.08a	1.18±0.08a	1.23±0.09a
2	62	9.30±0.27a	0.90±0.08a	1.16±0.08a	1.33±0.10a

CC: concentrado comercial, AS:suplemento con aceite de soya, Época 1: marzo, Época 2: noviembre  
a medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Anexo 10. Efecto de interacción tipo de suplemento, condición corporal y estación en el desarrollo folicular y tasa ovulatoria de ovejas de pelo.

Factores			Folículos 2-3 mm ± E.E.	Folículos 4-5 mm ± E.E.	Folículos > 6 mm ± E.E.	Tasa ovulatoria ± E.E.
Suplemento	Condición corporal	Época				
CC	CB	1	10.50±0.5a	0.75±0.16a	1.19±0.16a	1.31±0.19a
CC	CB	2	10.90±0.5a	0.80±0.17a	0.86±0.16a	0.86±0.20a
CC	CA	1	9.30±0.5a	0.87±0.16a	1.30±0.16a	1.37±0.19a
CC	CA	2	9.80±0.5a	0.80±0.17a	1.06±0.16a	1.26±0.20a
AS	CB	1	8.70±0.5a	0.72±0.16a	1.25±0.16a	1.25±0.19a
AS	CB	2	8.50±0.5a	0.73±0.17a	1.33±0.16a	1.40±0.20a
AS	CA	1	8.90±0.5a	0.68±0.16a	1.00±0.16a	1.00±0.19a
AS	CA	2	8.70±0.5a	1.10±0.17a	1.35±0.16a	1.40±0.20a

CC: concentrado comercial, AS:suplemento con aceite de soya, CB: condición corporal baja, CA: condición corporal alta, Época 1: marzo, Época 2: noviembre.  
a medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Anexo 11. Efecto de la interacción tipo de amamantamiento por tipo de suplemento en las características del primer FDP en ovejas de pelo en periodo postparto.

Factores			Variables				
TAM	TS	n	DE	DDM	DIAM (mm)	TC (mm d <sup>-1</sup> )	TA (mm d <sup>-1</sup> )
1er FDP							
Continuo	CC	6	10.33±0.89a	13.5±0.99a	6.5±0.26a	1.12±0.12a	1.79±0.20a
Continuo	AS	6	12.83±0.89a	16.66±0.99a	6.83±0.26a	0.98±0.12a	1.58±0.20a
Restringido	CC	6	7.66±0.89a	10.83±0.99a	6.92±0.26a	1.15±0.12a	1.44±0.20a
Restringido	AS	6	11.5±0.89a	14.0±0.99a	6.75±0.26a	1.28±0.12a	1.03±0.22a

TAM: tipo de amamantamiento, TS: tipo de suplemento, CC: concentrado comercial, AS: aceite de soya, DE: día de emergencia del folículo, DDM: día de diámetro máximo del folículo, DIAM: diámetro del folículo, TC: tasa de crecimiento del folículo, TA: tasa de atresia del folículo.

a medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Anexo 12. Efecto del amamantamiento y el tipo de suplemento en el número de folículos de 2-3 mm de diámetro que emergieron en la cohorte en la que emergió el primer, segundo y tercer folículo de diámetro preovulatorio (FDP).

Factor	n	1er FDP	2º FDP	3er DFP
Amamantamiento				
Continuo	12	6.08±0.27a	6.10±0.39a	6.12± 0.37a
Restringido	12	5.08±0.27a	6.05±0.39a	6.46±0.37a
Tipo de suplemento				
Concentrado comercial	12	5.41±0.27a	6.08±0.39a	6.11±0.37a
Aceite de soya	12	5.76±0.27a	5.97±0.39a	6.48±0.37a

FDP: folículo de diámetro preovulatorio.

a medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Anexo 13. Efecto del amamantamiento y el tipo de suplemento en el número de folículos de 4-5 mm de diámetro que emergieron en la cohorte en la que emergió el primer, segundo y tercer folículo de diámetro preovulatorio (FDP).

Factor	n	1er FDP	2° FDP	3er DFP
Amamantamiento				
Continuo	12	1.50±0.15a	1.33±0.10a	1.20± 0.18a
Restringido	12	1.35±0.15a	1.00±0.11a	1.45±0.19a
Tipo de suplemento				
Concentrado comercial	12	1.41±0.15a	1.16±0.10a	1.43±0.18a
Aceite de soya	12	1.43±0.15a	1.16±0.11a	1.22±0.19a

FDP: folículo de diámetro preovulatorio.

a medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Anexo 14. Efecto del amamantamiento y el tipo de suplemento en el número de folículos > 6mm de diámetro que emergieron en la cohorte en la que emergió el primer, segundo y tercer folículo de diámetro preovulatorio (FDP).

Factor	n	1er FDP	2° FDP	3er DFP
Amamantamiento				
Continuo	12	1.30±0.12a	1.20±0.10a	1.15± 0.15a
Restringido	12	1.35±0.12a	1.30±0.10a	1.30±0.15a
Tipo de suplemento				
Concentrado comercial	12	1.20±0.12a	1.10±0.10a	1.30±0.15a
Aceite de soya	12	1.35±0.12a	1.12±0.10a	1.20±0.15a

FDP: folículo de diámetro preovulatorio.

a medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Anexo 15. Desarrollo folicular en periodo postparto de ovejas de pelo sometidas a amamantamiento continuo consumiendo concentrado comercial (ACCC).



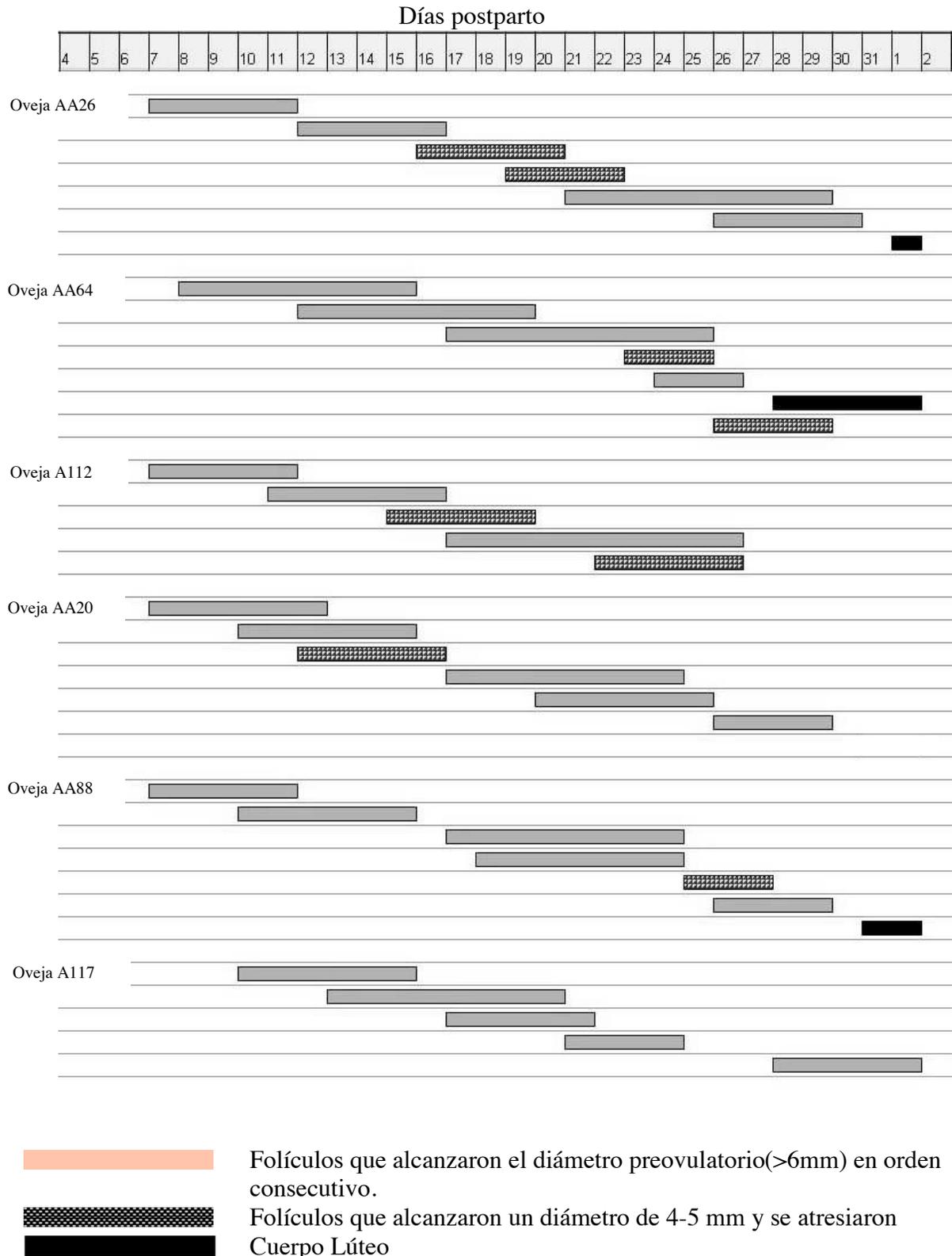
- Folículos que alcanzaron el diámetro preovulatorio(>6mm) en orden consecutivo.
- Folículos que alcanzaron un diámetro de 4-5 mm y se atresiaron
- Cuerpo Lúteo

Anexo 15. Desarrollo folicular en periodo postparto de ovejas de pelo sometidas a amamantamiento continuo consumiendo un suplemento con aceite de soya (ACAS).

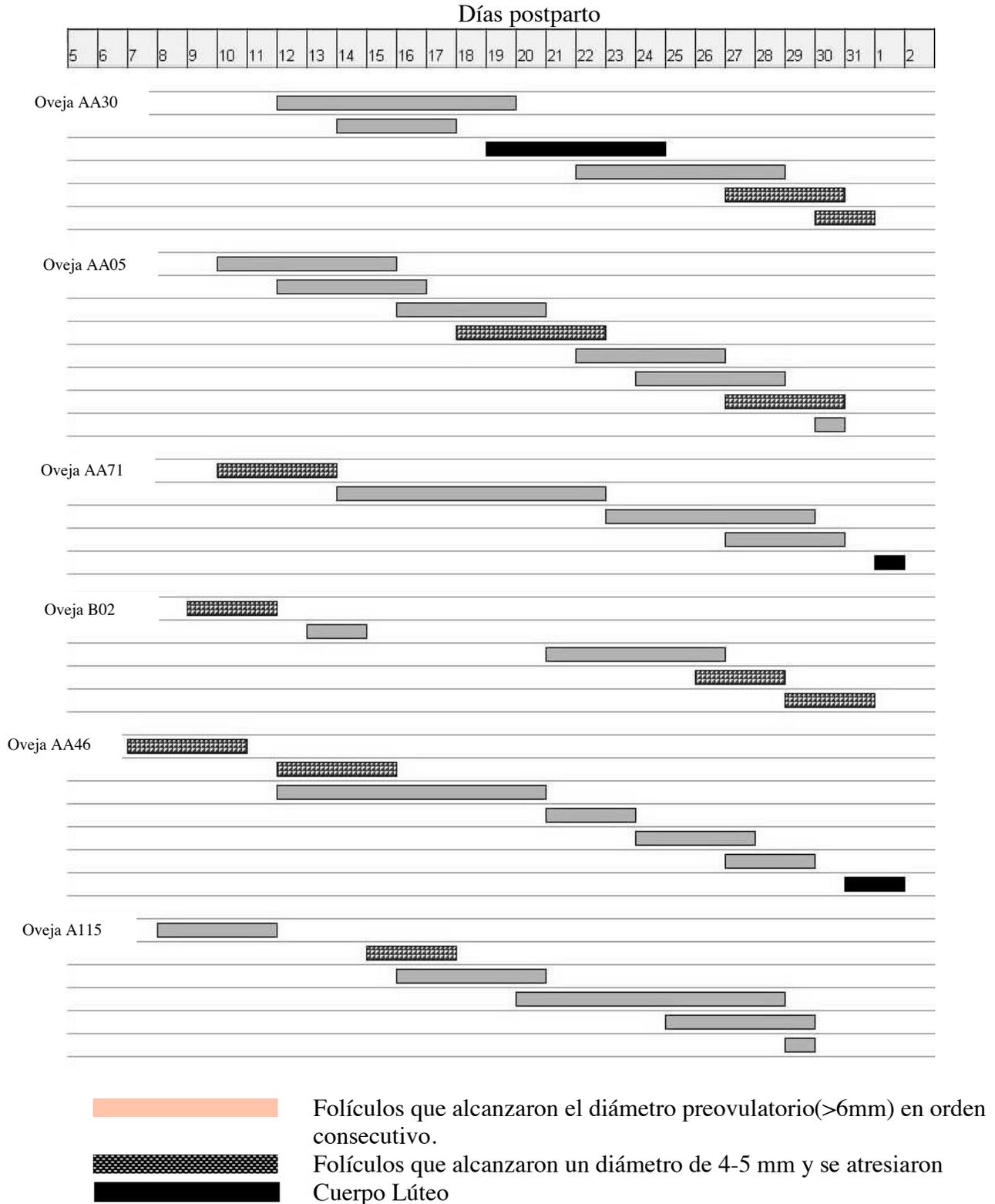


- Folículos que alcanzaron el diámetro preovulatorio(>6mm) en orden consecutivo.
- Folículos que alcanzaron un diámetro de 4-5 mm y se atresieron
- Cuerpo Lúteo

Anexo 15. Desarrollo folicular en periodo postparto de ovejas de pelo sometidas a amamantamiento restringido consumiendo concentrado comercial (ARCC).



Anexo 15. Desarrollo folicular en periodo postparto de ovejas de pelo sometidas a amamantamiento restringido consumiendo un suplemento con aceite de soya (ARAS).



Anexo 16. Efecto del tipo de amamantamiento y tipo de suplemento en las variables de estudio del segundo y tercer folículos de diámetro preovulatorio (FDP).

Factores	n	Variables				
		DE	DDM	DIAM (mm)	TC (mm d <sup>-1</sup> )	TA (mm d <sup>-1</sup> )
<b>2° FDP</b>						
AC	12	17.83±0.87a	21.58±0.86a	6.54±0.21a	0.88±0.06a	1.47±0.21a
AR	12	15.58±0.87a	18.17±0.86a	6.66±0.21a	0.98±0.06a	1.75±0.20a
CC	12	15.00±0.87a	19.17±0.86a	6.63±0.21a	0.87±0.06a	1.53±0.20a
AS	12	17.41±0.87a	20.58±0.86a	6.58±0.21a	0.92±0.06a	1.69±0.21a
<b>3er FDP</b>						
AC	12	26.67±0.87a	27.55±1.02a	6.85±0.19a	0.92±0.08a	-
AR	12	20.73±0.87a	24.71±0.99a	6.78±0.19a	1.00±0.07a	-
CC	12	21.00±1.93a	25.25±0.99a	6.83±0.18a	0.85±0.08a	-
AS	12	22.4±1.939a	26.00±0.99a	6.80±0.20a	1.05±0.08a	-

FDP: folículo de diámetro preovulatorio, CC: concentrado comercial, AS: aceite de soya, DE: día de emergencia del folículo, DDM: día de diámetro máximo del folículo, DIAM: diámetro del folículo, TC: tasa de crecimiento del folículo, TA: tasa de atresia del folículo.  
**a** medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Anexo 17. Efecto de la interacción tipo de suplemento por tipo de suplemento en las variables de estudio del segundo y tercer folículos de diámetro preovulatorio (FDP).

Factores			Variables				
TAM	TS	n	DE	DDM	DIAM (mm)	TC (mm d <sup>-1</sup> )	TA (mm d <sup>-1</sup> )
<b>2° FDP</b>							
Continuo	CC	6	16.17±1.23a	21.00±1.21a	6.50±0.29a	0.82±0.08a	1.52±0.30a
Continuo	AS	6	19.00±1.23a	21.17±1.21a	6.58±0.29a	0.95±0.08a	1.43±0.30a
Restringido	CC	6	11.33±1.23a	15.33±1.21a	6.75±0.29a	0.92±0.08a	1.55±0.27a
Restringido	AS	6	17.83±1.23a	21.00±1.21a	6.58±0.29a	1.04±0.08a	1.95±0.30a
<b>3er FDP</b>							
Continuo	CC	6	24.33±1.17a	28.50±1.53a	7.00±0.26a	0.79±0.12a	-
Continuo	AS	6	23.00±1.28a	26.50±1.37a	6.70±0.26a	1.01±0.11a	-
Restringido	CC	6	17.67±1.17a	22.00±1.25a	6.67±0.26a	0.91±0.11a	-
Restringido	AS	6	21.80±1.28a	25.40±1.37a	6.90±0.26a	1.09±0.11a	-

TAM: tipo de amamantamiento, TS: tipo de suplemento, CC: concentrado comercial, AS: aceite de soya, DE: día de emergencia del folículo, DDM: día de diámetro máximo del folículo, DIAM: diámetro del folículo, TC: tasa de crecimiento del folículo, TA: tasa de atresia del folículo.  
**a** medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Anexo 18. Efecto del tipo de suplemento y de la interacción tipo de amamantamiento por tipo de suplemento en la tasa ovulatoria de ovejas de pelo.

Factores		n	Tasa ovulatoria $\pm$ E. E.
<b>Tipo de suplemento</b>			
Aceite de soya		20	1.35 $\pm$ 0.16a
Concentrado comercial		20	1.15 $\pm$ 0.16a
<b>Tipo de amamantamiento</b>	<b>Tipo de suplemento</b>		
Continuo	Concentrado comercial	10	0.90 $\pm$ 0.23a
Continuo	Aceite de soya	10	1.20 $\pm$ 0.23a
Restringido	Concentrado comercial	10	1.40 $\pm$ 0.23a
Restringido	Aceite de soya	10	1.50 $\pm$ 0.23a

a medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Anexo 19. Efecto del tipo de suplemento y tipo de suplemento en la prolificidad de ovejas de pelo.

Factores		n	Prolificidad $\pm$ E. E.
<b>Tipo de amamantamiento</b>			
Continuo		20	0.70 $\pm$ 0.27a
Restringido		20	1.00 $\pm$ 0.27a
<b>Tipo de suplemento</b>			
Aceite de soya		20	0.95 $\pm$ 0.26a
Concentrado comercial		20	0.75 $\pm$ 0.27a

a medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

Anexo 20. Evolución del peso corporal de ovejas de pelo sometidas a dos modalidades de amamantamiento y suplementadas con aceite de soya o concentrado comercial.

TRAT	n	Días postparto											Media
		PP	7	14	21	28	35	42	49	56	63	E.E.	
ACCC	10	40.0 <sup>a</sup> <sub>y</sub>	40.9 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	39.9 <sup>ab</sup> <sub>x</sub>	40.1 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	39.6 <sup>ab</sup> <sub>x</sub>	40.0 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	39.1 <sup>ab</sup> <sub>x</sub>	38.8 <sup>ab</sup> <sub>x</sub>	37.5 <sup>c</sup> <sub>x</sub>	39.6 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	± 2.5	39.5
ACAS	10	44.9 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	46.8 <sup>b</sup> <sub>y</sub>	43.0 <sup>c</sup> <sub>y</sub>	43.7 <sup>ac</sup> <sub>y</sub>	43.7 <sup>ac</sup> <sub>y</sub>	42.8 <sup>bc</sup> <sub>y</sub>	43.4 <sup>ac</sup> <sub>y</sub>	41.3 <sup>bcd</sup> <sub>x</sub>	39.6 <sup>bcd</sup> <sub>x</sub>	40.8 <sup>bcd</sup> <sub>x</sub>	± 2.5	42.9
ARCC	10	42.0 <sup>a</sup> <sub>y</sub>	41.8 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	41.2 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	40.5 <sup>ab</sup> <sub>x</sub>	39.9 <sup>bc</sup> <sub>x</sub>	40.9 <sup>ab</sup> <sub>x</sub>	39.7 <sup>bcd</sup> <sub>x</sub>	40.3 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	39.4 <sup>bcd</sup> <sub>x</sub>	39.1 <sup>b</sup> <sub>x</sub>	± 2.5	40.5
ARAS	10	45.0 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	43.6 <sup>b</sup> <sub>x</sub>	43.9 <sup>ab</sup> <sub>y</sub>	44.7 <sup>acd</sup> <sub>y</sub>	44.2 <sup>abd</sup> <sub>y</sub>	46.2 <sup>acde</sup> <sub>z</sub>	45.0 <sup>abc</sup> <sub>y</sub>	44.5 <sup>abc</sup> <sub>y</sub>	43.05 <sup>bcd</sup> <sub>y</sub>	43.1 <sup>abc</sup> <sub>y</sub>	± 2.5	44.3
Media	40	43.0	43.3	42.0	42.3	41.9	42.5	41.8	41.2	39.9	40.6		

TRAT: tratamiento, ACCC: amamantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amamantamiento restringido y aceite de soya, ARCC: amamantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amamantamiento restringido y aceite de soya, PP: peso al parto.

<sup>a,b,c,d,e,f</sup> Medias con distinta literal en la misma hilera son diferentes (P<0.05).

<sub>x,y,z</sub> Medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05)

Anexo 21. Peso corporal de corderos en amantamiento continuo y restringido del parto al destete (56 días)

TRAT	n	Edad de los corderos (días)									
		PN	7	14	21	28	35	42	49	56	
ACCC	13	2.9 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	7.1 <sup>b</sup> <sub>x</sub>	8.3 <sup>c</sup> <sub>x</sub>	9.4 <sup>d</sup> <sub>x</sub>	10.7 <sup>e</sup> <sub>x</sub>	12.3 <sup>f</sup> <sub>x</sub>	13.6 <sup>g</sup> <sub>x</sub>	15.4 <sup>h</sup> <sub>x</sub>	15.8 <sup>i</sup> <sub>x</sub>	
ACAS	15	3.2 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	6.1 <sup>b</sup> <sub>xy</sub>	7.3 <sup>c</sup> <sub>xy</sub>	8.5 <sup>d</sup> <sub>xy</sub>	9.7 <sup>e</sup> <sub>xy</sub>	11.2 <sup>f</sup> <sub>xy</sub>	12.5 <sup>g</sup> <sub>xy</sub>	13.9 <sup>h</sup> <sub>xyz</sub>	15.5 <sup>i</sup> <sub>x</sub>	
ARCC	14	2.7 <sup>a</sup> <sub>xy</sub>	5.8 <sup>b</sup> <sub>y</sub>	6.7 <sup>c</sup> <sub>y</sub>	7.9 <sup>d</sup> <sub>y</sub>	9.0 <sup>e</sup> <sub>xy</sub>	10.4 <sup>f</sup> <sub>yz</sub>	11.7 <sup>g</sup> <sub>xz</sub>	12.5 <sup>h</sup> <sub>yz</sub>	13.3 <sup>i</sup> <sub>yz</sub>	
ARAS	13	3.1 <sup>a</sup> <sub>x</sub>	5.0 <sup>b</sup> <sub>y</sub>	6.2 <sup>c</sup> <sub>y</sub>	7.2 <sup>d</sup> <sub>y</sub>	8.3 <sup>e</sup> <sub>y</sub>	9.5 <sup>f</sup> <sub>z</sub>	10.5 <sup>g</sup> <sub>yz</sub>	11.9 <sup>h</sup> <sub>z</sub>	12.7 <sup>i</sup> <sub>z</sub>	
Media	55	3.0	6.0	7.1	8.2	9.4	10.9	12.1	13.4	14.3	

TRAT: tratamiento, ACCC: amantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amantamiento restringido y aceite de soya. PP: peso al nacimiento. <sub>abc,def</sub> Medias con distinta literal en la misma hilera son diferentes (P<0.05). <sub>xyz</sub> Medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05)

Continuación...

Anexo 21. Peso corporal de corderos en amantamiento continuo y restringido del día 63 al 119.

TRAT	n	Edad de los corderos (días)										
		63	70	77	84	91	98	105	112	119	E.E.	Media
ACCC	16.3 <sup>j</sup> <sub>x</sub>	17.4 <sup>k</sup> <sub>x</sub>	17.5 <sup>k</sup> <sub>x</sub>	18.8 <sup>l</sup> <sub>x</sub>	18.8 <sup>l</sup> <sub>x</sub>	18.8 <sup>l</sup> <sub>x</sub>	19.9 <sup>m</sup> <sub>x</sub>	20.4 <sup>m</sup> <sub>x</sub>	21.5 <sup>n</sup> <sub>x</sub>	22.1 <sup>n</sup> <sub>x</sub>	±0.27	14.9
ACAS	15.7 <sup>i</sup> <sub>x</sub>	16.2 <sup>i</sup> <sub>x</sub>	17.4 <sup>j</sup> <sub>x</sub>	17.7 <sup>j</sup> <sub>y</sub>	18.6 <sup>k</sup> <sub>x</sub>	19.3 <sup>l</sup> <sub>x</sub>	20.0 <sup>m</sup> <sub>x</sub>	20.0 <sup>m</sup> <sub>x</sub>	20.9 <sup>m</sup> <sub>x</sub>	21.0 <sup>m</sup> <sub>x</sub>	±0.27	14.2
ARCC	13.6 <sup>j</sup> <sub>y</sub>	14.0 <sup>j</sup> <sub>y</sub>	14.8 <sup>j</sup> <sub>y</sub>	14.7 <sup>j</sup> <sub>z</sub>	15.7 <sup>k</sup> <sub>y</sub>	16.3 <sup>k</sup> <sub>y</sub>	17.0 <sup>l</sup> <sub>y</sub>	17.0 <sup>l</sup> <sub>y</sub>	17.8 <sup>l</sup> <sub>y</sub>	18.2 <sup>l</sup> <sub>y</sub>	±0.27	12.4
ARAS	13.1 <sup>i</sup> <sub>y</sub>	13.3 <sup>i</sup> <sub>y</sub>	14.3 <sup>j</sup> <sub>y</sub>	14.8 <sup>j</sup> <sub>z</sub>	15.6 <sup>k</sup> <sub>y</sub>	16.1 <sup>l</sup> <sub>y</sub>	16.9 <sup>l</sup> <sub>y</sub>	17.8 <sup>m</sup> <sub>y</sub>	17.8 <sup>m</sup> <sub>y</sub>	17.9 <sup>m</sup> <sub>y</sub>	±0.27	11.9
Media	14.7	15.2	14.9	16.5	17.2	17.9	18.5	19.5	19.8	19.8		

TRAT: tratamiento, ACCC: amantamiento continuo y concentrado comercial, ACAS: amantamiento continuo y aceite de soya, ARCC: amantamiento restringido y concentrado comercial, ARAS: amantamiento restringido y aceite de soya. PP: peso al nacimiento. <sub>abc,def</sub> Medias con distinta literal en la misma hilera son diferentes (P<0.05). <sub>xyz</sub> Medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05)