



---

# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**Nutrición focalizada con frutos de  
leguminosas tropicales (*Chloroleucon  
mangense* y *Acacia cochliacantha*) en el  
comportamiento reproductivo de la oveja  
Pelibuey**

GUSTAVO SOSA PÉREZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE :

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

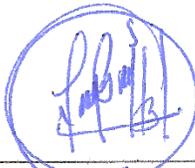
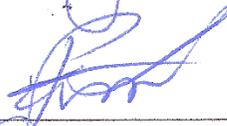
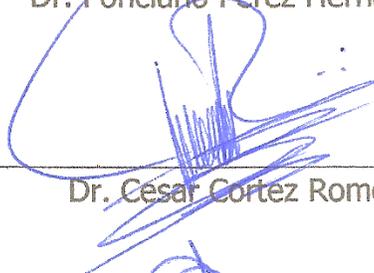
2017

---

La presente tesis titulada: Nutrición focalizada con frutos de leguminosas tropicales (*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*) en el comportamiento reproductivo de la oveja Pelibuey, realizada por el alumno: Gustavo Sosa Pérez bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO	 Dr. Jaime Gallegos Sánchez
ASESOR	 Dra. Silvia López Ortiz
ASESOR	 Dr. Ponciano Pérez Hernández
ASESOR	 Dr. César Cortez Romero
ASESOR	 Dr. Germán Buendía Rodríguez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Febrero de 2017

NUTRICION FOCALIZADA CON FRUTOS DE LEGUMINOSAS TROPICALES  
(*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*) EN EL COMPORTAMIENTO  
REPRODUCTIVO DE LA OVEJA PELIBUEY

GUSTAVO SOSA PÉREZ, Dr.  
Colegio de Postgraduados, 2017

**RESUMEN**

Se evaluó, la composición química, degradabilidad ruminal *In situ* (PNDR) y degradabilidad intestinal de la proteína (PID) en harina de frutos de *Chloroleucon mangense*, y *Acacia cochliacantha* así como de la mezcla de estas (50 - 50 %). Los frutos presentaron características nutricionales adecuadas para complementar la alimentación de ovinos. *Acacia cochliacantha* presentó los mayores porcentajes ( $p < 0.05$ ), para PNDR y PID, respecto a *Chloroleucon mangense* y la mezcla. Al estimar la alimentación de 100 g de estos frutos así como de la mezcla, ésta fue superior ( $p < 0.05$ ) g PNDR y g PID respecto a los frutos de *A. cochliacantha*. Al evaluar la nutrición focalizada por siete días con 500 g de la mezcla, en el comportamiento reproductivo de ovejas Pelibuey, se observó en hembras cíclicas sincronizadas con progestágenos, un incremento ( $p < 0.05$ ) en la población de folículos mayores a 4 mm, reducción ( $p < 0.05$ ) del tiempo al inicio del estro y mayor ( $p < 0.05$ ) duración del estro, mayores ( $p < 0.05$ ) concentraciones de progesterona plasmática en los días 7 y 8 después de las manifestaciones externas de estro, así como una mayor ( $p < 0.05$ ) tasa ovulatoria, prolificidad y fecundidad en las hembras que recibieron la complementación nutricional con frutos de leguminosas con relación a hembras que no la recibieron. En hembras en anestro postparto con dos modalidades de amamantamiento (continuo y controlado) y la complementación nutricional durante siete días con 500 g de la mezcla (50 - 50 %) durante un protocolo de inducción al estro a base de progestágenos, se observó un menor ( $p < 0.05$ ) tiempo al inicio del estro, así como una mayor ( $p < 0.05$ ) tasa ovulatoria, prolificidad y fecundidad en animales con amamantamiento controlado y que recibieron la complementación nutricional, que en ovejas en amamantamiento continuo sin la complementación. La mezcla de frutos (*Chloroleucon mangense* 50 y *Acacia cochliacantha* 50 %) permite un uso eficiente de la proteína, al incrementar la cantidad de proteína digerida en intestino, por lo cual es una alternativa como suplemento para reducir el inicio al estro, incrementar la población de folículos mayores a 4 mm, la tasa ovulatoria, las concentraciones plasmáticas de progesterona, la prolificidad y fecundidad en ovejas Pelibuey.

**Palabras claves:** Frutos de árboles, Leguminosas, Nutrición focalizada, Parámetros reproductivos, Ovejas Pelibuey.

SUPPLEMENTATION FOCUS WITH TROPICAL FRUIT LEGUMES (*Chloroleucon mangense*, *Acacia cochliacantha*) IN REPRODUCTIVE BEHAVIOR EWE

PELIBUEY.

GUSTAVO SOSA PÉREZ, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2017

**ABSTRACT**

Chemical composition, ruminal degradability *in situ* (PNDR) and intestinal degradability of protein (PID) in fruits flour of *Chloroleucon mangense*, and *Acacia cochliacantha* as well as the mixture of these (50 - 50%) were evaluated. The fruits showed adequate nutritional characteristics to supplement the feeding of sheep. *Acacia cochliacantha* presented the highest percentages ( $p < 0.05$ ), for PNDR and PID, with respect to *Chloroleucon mangense* and the mixture. When estimating the feed of 100 g of these fruits as well as the mixture, it was higher ( $p < 0.05$ ) g PNDR and g PID with respect to the fruits of *A. cochliacantha*. During the evaluation of seven-day focused nutrition with 500 g of the mixture, in Pelibuey sheep reproductive behavior, we observed increase ( $p < 0.05$ ) in the population of follicles greater than 4 mm than the observed in cyclic females synchronized with progestagens, also we observed a reduction ( $P < 0.05$ ) of the time at the beginning of estrus and a greater ( $p < 0.05$ ) duration of estrus, a higher ( $p < 0.05$ ) concentrations of plasma progesterone on days 7 and 8 after external manifestations of estrus, as well as greater ( $P < 0.05$ ) ovulatory, prolificacy and fecundity rates in females receiving nutritional supplementation with legume fruits in relation to females that did not receive it. In females in postnatal anestrus with two modalities of continuous and controlled feeding and nutritional supplementation during seven days with 500 g of the mixture (50-50%) during a protocol of induction to estrogen on the basis of progestogen, we observed a minor ( $P < 0.05$ ) time at the beginning of estrus, as well as a higher ( $p < 0.05$ ) ovulation rate, prolificity and fecundity in animals with controlled suckling and receiving nutritional supplementation than in sheep in continuous suckling without supplementation. The fruit mixture (*Chloroleucon mangense* 50 and *Acacia cochliacantha* 50%) allows an efficient use of the protein, by increasing the amount of protein digested in the intestine, making it an alternative as a supplement to reduce the onset of estrus, increase the population of follicles greater than 4 mm, ovulation rate, progesterone plasma concentrations, prolificity and fecundity in Pelibuey sheep.

**Key words:** Tree fruits, Legumes, Focused nutrition, Reproductive parameters, Sheep Pelibuey.

## AGRADECIMIENTOS

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

Al **Colegio de Postgraduados**, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Doctorado y por el financiamiento otorgado para realizar el proyecto de investigación a través de la **línea de investigación LPI-5, Fideicomiso** y muy especialmente al **Laboratorio de Reproducción de ovinos y Caprinos (LaROCa)**.

Al **Dr. Jaime GALLEGOS SÁNCHEZ**, por la oportunidad y la confianza que me brindo para pertenecer a su equipo de trabajo, por la dirección de esta tesis y principalmente por las enseñanzas, comentarios y su valiosa amistad. *!!!Mil gracias Doctor!!!*

Al **Dr. Ponciano PÉREZ HERNÁNDEZ**, por ser la persona que me dio la oportunidad de desarrollarme como profesionista, por su paciencia indesmayable, por su capacidad de enfrentar todos los retos y apoyarme en todo momento a que yo también creyera en mis posibilidades, por la motivación a seguir superándome y principalmente por el tiempo invertido en la revisión de la presente, así como su valiosa amistad. *!!!Mil gracias Doctor!!!. "Dios lo bendiga"*

Al **Dr. César CORTEZ ROMERO, Dra. Silvia LÓPEZ ORTÍZ y Dr. Germán BUENDÍA RODRÍGUEZ**, por su tiempo, dedicación y sus valiosas observaciones en la redacción final de esta tesis.

Al **Dr. Humberto VAQUERA HUERTA**, por su gran apoyo en el análisis estadístico de esta investigación, por sus valiosos consejos y amistad. *!!!!Mil gracias Doctor!!!!*

Al laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados, especialmente a la **Dra. María Magdalena CROSBY GALVAN**, por su gran apoyo durante mi estancia en el laboratorio.

A mis compañeros del Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos. **Al MC. Said CADENA VILLEGAS, MC. Elizabeth PEREZ RUIZ, MC. Silvia FRAIRE CORDERO, MC. AYALA MONTER**, sin olvidar a mis muy apreciados amigos **Isidro LEONARDO FLORES** (el May) y **Javier LEONARDO FLORES** (Fachitas) por su sincera amistad y gran apoyo en la fase experimental de esta investigación.

## DEDICATORIA

**A Dios** por la vida que me regalo y por ayudarme a cumplir una más de las metas en mi vida.

**A mis Padres, Guillermo SOSA LÓPEZ y Rosa María PÉREZ ZAMUDIO**, por darme la dicha de nacer. A ti Padre, porque de tu ejemplo trato de aprender la seguridad, la seriedad y la constancia en el trabajo y a ti Madre, por tenerme tanta comprensión apoyándome en los momentos más difíciles y por llenarme de amor.

*¡Los amo y adoro!*

**Al amor de mi vida. Mí adorada Jacqueline**, gracias por ser mi compañera incondicional en todos nuestros sueños y deseos de superación, por tu paciencia y comprensión, por ser mi apoyo para seguir adelante aunque el camino parezca difícil, gracias amor por darme las fuerzas necesarias para conseguir el equilibrio que me permite dar el máximo de mí y así cumplir una más de nuestras metas, este logro es tuyo negrita. Mis palabras sé que son poco para poder decirte cuanto "*Te amo*"

**A mi pequeña Evelyn**, porque a tu llegada cambiaste nuestras vidas, eres mi máximo orgullo y mi gran motivación, tu simple presencia es la fuente de energía para seguir adelante día con día, gracias princesa por tu comprensión y apoyarme en todo momento para seguir superándome *¡Te amo!*

**A mis hermanas Antony y Naty** porque siempre he encontrado en ustedes el apoyo y la comprensión en los momentos difíciles de mi vida. Gracias hermanitas por todos sus consejos, son para mí lo máximo, siempre están en mis pensamientos *¡Las amo!*

# Contenido

	<b>Página</b>
I. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
II.1 Introducción.....	3
II.2 Interacción nutrición reproducción .....	4
II.3 Nutrición focalizada.....	5
II.4 Efecto de la nutrición en el inicio de la pubertad .....	6
II.5 Efecto de la nutrición sobre los índices reproductivos.....	6
II.6 Efecto de la nutrición en la viabilidad embrionaria, crecimiento fetal y sobrevivencia del cordero .....	8
II.7 Valor nutricional de los frutos de leguminosas tropicales.....	10
II.8 Uso de frutos de leguminosas tropicales durante la época de estiaje en el trópico.....	10
II.9 Taninos condensados en la producción animal .....	11
II.10 Uso de frutos de leguminosas tropicales en la producción animal.....	12
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
IV. ESTUDIOS REALIZADOS .....	16
IV.1 HARINA DE FRUTOS DE LEGUMINOSAS TROPICALES COMO ALTERNATIVA PARA COMPLEMENTAR LA ALIMENTACION DE PEQUEÑOS RUMIANTES .....	16
IV.1.1 RESUMEN.....	16
IV.1.2 INTRODUCCIÓN.....	17
IV.1.3 MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
IV.1.4 RESULTADOS .....	22
IV.1.5 DISCUSIÓN.....	25
IV.1.6 CONCLUSIONES.....	28
IV.2 NUTRICIÓN FOCALIZADA CON FRUTOS DE LEGUMINOSAS TROPICALES ( <i>Chloroleucon mangense</i> y <i>Acacia cochliacantha</i> ) EN LA ACTIVIDAD OVÁRICA Y TASA OVULATORIA DE OVEJAS PELIBUEY .....	29
IV.2.1 RESUMEN.....	29
IV.2.2 INTRODUCCIÓN.....	30
IV.2.3 MATERIALES Y MÉTODOS .....	31
IV.2.4 RESULTADOS .....	33

IV.2.5	DISCUSIÓN.....	37
IV.2.6	CONCLUSIONES.....	39
IV.3	NUTRICION FOCALIZADA CON FRUTOS DE LEGUMINOSAS ( <i>Chloroleucon mangense</i> y <i>Acacia cochliacantha</i> ) EN LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS EN OVEJAS PELIBUEY .....	40
IV.3.1	RESUMEN.....	40
IV.3.2	INTRODUCCIÓN.....	41
IV.3.3	MATERIALES Y MÉTODOS .....	42
IV.3.4	RESULTADOS .....	44
IV.3.5	DISCUSIÓN.....	45
IV.3.6	CONCLUSIONES.....	48
IV.4	AMAMANTAMIENTO Y NUTRICIÓN FOCALIZADA CON FRUTOS DE LEGUMINOSAS TROPICALES ( <i>Chloroleucon mangense</i> y <i>Acacia cochliacantha</i> ) DURANTE EL ANESTRO POSTPARTO DE OVEJAS PELIBUEY.....	49
IV.4.1	RESUMEN.....	49
IV.4.2	INTRODUCCIÓN.....	50
IV.4.3	MATERIALES Y MÉTODOS .....	51
IV.4.4	RESULTADOS .....	54
IV.4.5	DISCUSIÓN.....	58
IV.4.6	CONCLUSIONES.....	61
V.	DISCUSIÓN GENERAL .....	62
VI.	CONCLUSIONES GENERALES .....	65
VII.	LITERATURA CITADA .....	66

## CONTENIDO DE CUADROS

No de cuadro		Página
1	Composición química de frutos de leguminosas tropicales de la selva baja caducifolia.	22
2	Parámetros de la degradabilidad ruminal y efectiva de frutos de leguminosas tropicales.	23
3	Degradabilidad intestinal de la proteína cruda de frutos de leguminosas tropicales.	24
4	Proteína cruda degradable en rumen e intestino al suplementar 100 g de harina de frutos de leguminosas tropicales.	25
5	Variables reproductivas de ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR, con o sin nutrición focalizada por 7 días con 500 g de frutos de leguminosas tropicales.	34
6	Variables reproductivas de ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos (CIDR), nutrición focalizada por 7 días con 500 g de frutos de leguminosas tropicales y la aplicación de 300 UI de eCG.	44
7	Fertilidad, prolificidad y fecundidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos (CIDR), nutrición focalizada por 7 días con 500 g de frutos de leguminosas tropicales y la aplicación de 300 UI de eCG.	45
8	Peso corporal promedio (kg) de ovejas Pelibuey con dos modalidades de amamantamiento: Amamantamiento continuo (Ac) y amamantamiento controlado (AC).	55
9	Variables reproductivas en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo (Ac) o controlado (AC) con o sin nutrición focalizada (NF) por 7 días con 500 g de frutos de leguminosas tropicales.	58

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distribución de los folículos pequeños (medias + EE) en ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR por nueve días con o sin nutrición focalizada con 500 g de frutos de leguminosas tropicales durante siete días.	34
2	Distribución de los folículos medianos (medias ± EE) en ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR por nueve días con o sin nutrición focalizada con 500 g de frutos de leguminosas tropicales durante siete días.	35
3	Distribución de los folículos grandes (medias ± EE) en ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR por nueve días con o sin nutrición focalizada con 500 g de frutos de leguminosas tropicales durante siete días.	35
4	Concentración de progesterona (P <sub>4</sub> ) plasmática (medias ± EE) en ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR por nueve días con o sin nutrición focalizada con 500 g de frutos de leguminosas tropicales durante siete días.	36
5	Peso corporal (kg) en corderos de pelo, con amamantamiento continuo (24 h) o controlado (dos veces al día, durante 30 min).	55
6	Número y porcentaje de ovejas ovulando antes de los 26 días postparto en ovejas con amamantamiento continuo (24 h) o controlado (dos veces al día, durante 30 min).	56
7	Curva de supervivencia para la hora de inicio del estro después de retirar el progestágeno, en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo (Ac) o controlado (AC) con o sin nutrición focalizada (NF) por 7 días con 500 g de frutos de leguminosas tropicales.	57

## I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Los índices productivos registrados en los sistemas de producción de ovinos en México han incrementado en los últimos años; sin embargo, la oferta de carne ovina en el mercado nacional, es deficiente, y se depende en gran medida de la importación. Lo anterior, es una gran oportunidad, para mejorar la productividad en las unidades de producción mediante una mejora de la eficiencia reproductiva del rebaño. Otra manera es aumentar la productividad de los sistemas de producción mediante una mejora en la nutrición ya que existe una gran variación en la alimentación de los ovinos, la cual se basa principalmente en pastizales nativos cuya calidad y cantidad varían a través del año (Cuellar *et al.*, 2012), por lo que los requerimientos nutricionales de mantenimiento en ciertas épocas no se cubren afectando directamente la producción animal (Ku-Vera *et al.*, 2014).

Por lo anterior, es importante generar alternativas de alimentación para los animales, especialmente durante el periodo de estiaje, cuando la producción animal presenta efectos adversos (Álvarez *et al.*, 2003; Martin y Reza, 2016). Sin embargo en todas las unidades de producción animal, existe una constante presión para reducir los costos por alimentación y garantizar que al utilizar un complemento se obtenga el mayor beneficio, por lo que el uso estratégico de los suplementos nutricionales ha sido durante mucho tiempo una herramienta importante en los sistemas de producción (Martin y Kadokawa, 2006). La reciente investigación realizada con el uso estratégico de suplementos energéticos y proteicos conocido como “alimentación focalizada”, ha permitido aumentar la eficiencia productiva y reproductiva de los rebaños (Banchero *et al.*, 2015; Delgadillo y Martin, 2015; Martin y Reza, 2016).

Una parte de la comunidad internacional está interesada en hacer uso de nuevas alternativas para la alimentación animal, que no compitan en lo fundamental con el hombre, que sean de buena calidad, resulten accesibles por su bajo costo y brinden oportunidades de empleo en las comunidades rurales. Al respecto, el empleo de frutos de leguminosas tropicales como *Chloroleucon mangense* y *Acacia*

*cochliacantha* pueden ser parte de un suplemento proteico económico y ecológico, al permitir sustituir por fuentes naturales, el uso de concentrados proteicos, e incrementar el valor nutritivo de dietas para rumiantes a un menor costo (Pírela *et al.*, 2010). Se ha demostrado que el uso de frutos y follaje de leguminosas tropicales en la alimentación animal, mejora la productividad de la ganadería al incrementar la relación proteína/energía, debido a su alto contenido en proteína (La O *et al.*, 2003), además los frutos de leguminosas tropicales presentan metabolitos secundarios como los taninos que modifican la velocidad de degradación y pasaje de los nutrientes a través del tubo gastrointestinal (García *et al.*, 2006; Clavero, 2013) y mejora la respuesta productiva de los rumiantes (Pírela *et al.*, 2010).

Con base en lo anterior, el objetivo de estos estudios, fue probar si la nutrición focalizada con 500 g de una mezcla (50 % *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha*) de harina de frutos de leguminosas tropicales, mejora las variables reproductivas de ovejas Pelibuey en diferentes estados fisiológicos afín de incrementar su desempeño productivo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### INTERACCIÓN NUTRICIÓN REPRODUCCIÓN EN PEQUEÑOS RUMIANTES

#### II.1 Introducción

La alimentación es el recurso limitante en todos los sistemas de producción y existe una constante presión económica para reducir la cantidad empleada y asegurar que cuando es usada, promueva el mayor beneficio posible; ante esta situación una alternativa para mejorar la eficiencia física y económica del rebaño es la alimentación con pastos mejorados o concentrados energéticos y proteicos durante períodos críticos, conocido como nutrición focalizada; la cual es un componente integral del paquete “limpio, verde y ético” para aumentar la eficiencia reproductiva en rumiantes ([Martin \*et al.\*, 2004](#); [Martin and Kadokawa, 2006](#); [Viñoles \*et al.\*, 2009](#)).

La alimentación tiene una función importante en todo el ciclo productivo, por lo que un desbalance en la nutrición animal a lo largo del ciclo reproductivo puede afectar el desempeño del rebaño, desde pequeños cambios en la tasa o frecuencia de ovulación cuando la dieta está por debajo de lo óptimo, pero aún es adecuada, hasta la supresión del proceso reproductivo cuando las señales del ambiente son muy desfavorables, lo cual se refleja en la no ovulación, baja fertilidad o la imposibilidad de alcanzar la pubertad en animales jóvenes ([Martin \*et al.\*, 2004](#)).

Aún no se conoce con exactitud los mecanismos que relacionan el estado nutricional con las características de la secreción pulsátil de hormona Luteinizante (LH), sugiriéndose la existencia de señales sanguíneas que reflejan el estado metabólico del animal e influyen en la secreción de las hormonas involucradas en la reproducción ([Steiner \*et al.\*, 1983](#); [Butler, 2000](#)). No obstante, se conoce poco acerca de cómo el animal informa al sistema nervioso central sobre su estado nutricional y de cómo esta información se traduce en una señal neuroendocrina ([León y Gutiérrez, 2008](#)). Existen diferentes hipótesis que tratan de explicar cómo la secreción de LH es regulada por las reservas de grasa corporal o por señales

metabólicas presentes en la sangre, como ácidos grasos libres, insulina, tiroxina, hormona del crecimiento (GH) y (IGF-1) el factor de crecimiento parecido a la insulina tipo-I (Randel, 1990; Roche *et al.*, 2000). Sin embargo, no se ha concluido si es una sola señal nutricional específica la que controla la secreción de LH, o si intervienen varios factores que actúan sinérgicamente en dicho proceso.

## II.2 Interacción nutrición reproducción

La relación entre nutrición y reproducción de rumiantes es compleja, pues intervienen diferentes factores como: la condición corporal, el nivel de alimentación y el estado fisiológico (lactación, gestación) de las ovejas que modifican nutricionalmente el desempeño del sistema reproductivo (Scaramuzzi *et al.*, 2006). La alimentación puede influir sobre la reproducción en el animal a nivel del hipotálamo e hipófisis sobre la secreción pulsátil de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y, por consiguiente, de las hormonas LH (luteinizante) y FSH (folículo estimulante), así como, en el ovario mediante la calidad de los ovocitos, producción de esteroides y concentraciones de IGF-1 (Kiyama *et al.*, 2004).

De manera general, diversos estudios han mostrado que la secreción de GnRH se reduce en animales desnutridos (Schillo 1992; Snyder *et al.*, 1999). Sin embargo, todavía no se conoce con exactitud los mecanismos endocrinos implicados, así como las señales metabólicas que pueden incidir en la reproducción. Al respecto el mecanismo a través del cual, las señales metabólicas generadas por una nutrición deficiente son captadas a nivel central para regular la secreción de GnRH, es complejo y no se ha establecido de manera precisa. Se han estudiado distintos indicadores metabólicos que participan en este proceso, tales como la glucosa, insulina, algunos aminoácidos y ácidos grasos no esterificados (Keisler y Lucy 1996), ya que la glucosa regula la liberación de GnRH y, al parecer, los péptidos asociados a la insulina participan en el control del metabolismo de energía en el cerebro (Werner *et al.*, 1989). Otra hormona que desempeña una función importante

en la nutrición, el metabolismo y la endocrinología reproductiva es la leptina, la cual se asocia con la masa de tejido adiposo; esta hormona pasa de la circulación sistémica al fluido cerebroespinal y posteriormente a los núcleos hipotalámicos, donde puede afectar el apetito y de alguna manera la secreción de GnRH ([Blache et al., 2000](#)).

Las modificaciones en peso, y condición corporal en rumiantes, provocan cambios en la endocrinología reproductiva, debido a que el balance energético (positivo o negativo), se relaciona con la secreción de metabolitos que permiten mantener la homeostasis del cuerpo del animal, así como también afectar al sistema reproductivo ([Scaramuzzi et al., 2006](#)). Los efectos del balance energético negativo en la reproducción están relacionados con cambios en el eje hipotálamo-hipófisis y se caracterizan con bajos niveles sanguíneos de insulina, IGF-1 y glucosa, provocando la inhibición de la secreción pulsátil de GnRH, la anovulación y anestro en la hembra ([Kiyma et al., 2004](#)). Mientras que un balance energético positivo conduce a un aumento en las concentraciones de leptina e insulina en sangre, así como de glucosa; estos cambios parecen afectar al ovario de manera directa y están asociados con aumento de la foliculogénesis y tasa ovulatoria en ovejas ([Scaramuzzi et al., 2006](#)).

### **II.3 Nutrición focalizada.**

La “Nutrición focalizada” es un componente integral del paquete “limpio, verde y ético” para aumentar la eficiencia reproductiva en ovinos ([Martin y Kadokawa, 2006](#); [Martin et al., 2004](#)). Para todos los sistemas de producción animal, la alimentación es el recurso limitante y hay constante presión económica para reducir la cantidad usada y asegurar que cuando es usada, promueva el mayor beneficio posible. La nutrición es importante en todo el ciclo reproductivo de los animales, por lo tanto el uso estratégico de los suplementos nutricionales es una importante herramienta de manejo en sistemas de producción ([Martin et al., 2004](#)).

La nutrición focalizada se utiliza con objetivos y en momentos diferentes del ciclo reproductivo. En la oveja se utiliza para aumentar la tasa ovulatoria, minimizar la mortalidad embrionaria, aumentar el vigor de la oveja y el cordero al parto y la producción de calostro para mejorar la supervivencia de los corderos nacidos. La alimentación focalizada, aplicada en forma táctica, permitirá mejorar el resultado físico y económico de las empresas, formando parte de un sistema integral de manejo de recursos al que apuesta la ganadería de precisión (Banchemo *et al.*, 2015; Fernández *et al.*, 2007; Viñoles *et al.*, 2009; Martín y Reza, 2016).

#### **II.4 Efecto de la nutrición en el inicio de la pubertad**

El inicio de la pubertad es el resultado de una serie de eventos neuroendocrinos complejos que ocurren en el eje hipotalámico-hipofisario-gonadal caracterizado por el inicio en una alta frecuencia en el ritmo de liberación de GnRH, LH y FSH, generando el primer pico preovulatorio de LH y, posteriormente la primer ovulación (Foster, 1994). Diversos estudios han demostrado una estrecha relación positiva, entre el estado nutricional y el inicio de la pubertad en ovejas (Foster *et al.*, 1989), por lo que, un plan nutricional adecuado no sólo ofrece una mayor ganancia diaria de peso y condición corporal, sino que también se traduce en cambios en los niveles plasmáticos de hormonas metabólicas como glucosa, insulina, IGF-I y leptina las cuales son señales importantes que informan el estado nutricional en rumiantes y que afectan su comportamiento reproductivo dando como resultado una menor edad al inicio de la pubertad (Rosales Nieto *et al.*, 2013; Menatían *et al.*, 2016). Esto demuestra que los mecanismos que controlan la liberación de GnRH son extremadamente sensibles a cambios en el estado nutricional del animal (Robinson, 1990).

#### **II.5 Efecto de la nutrición sobre los índices reproductivos**

La influencia de la nutrición en la actividad sexual y fertilidad depende de la condición corporal de las ovejas. Numerosos estudios muestran que una mejora en

la condición corporal en el momento del empadre produce un aumento en la fertilidad ([Gunn et al., 1991](#)).

La nutrición puede afectar la foliculogénesis, ya sea directamente a través de los nutrientes de la dieta o indirectamente mediante señales metabólicas que actúan en el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, por lo que una nutrición desfavorable ocasiona condiciones de hipoglucemia y balance energético negativo, lo cual afectan la foliculogénesis, al inhibir la secreción pulsátil de GnRH en el hipotálamo ([Scaramuzzi et al., 2011](#)). A su vez en ovejas bien nutridas un suministro extra de nutrientes provoca cambios en la foliculogénesis directamente en el ovario, sin embargo, los efectos nutricionales en la foliculogénesis se han relacionado con la condición corporal de las ovejas, la ganancia de peso y a corto plazo con el aporte extra de nutrientes ([Scaramuzzi et al., 2006](#)).

La capacidad de la nutrición para alterar la tasa de ovulación en ovejas puede ser de diferentes maneras, ya que el nivel de alimentación determina el peso vivo y la condición corporal de las ovejas, observándose un efecto estático, dinámico o agudo de la nutrición en la tasa ovulatoria ([Scaramuzzi et al., 2006](#)). La respuesta a la suplementación nutricional en el incremento de tasa ovulatoria, está mediada por la acción directa de glucosa, insulina, leptina, e IGF-I y probablemente otras hormonas metabólicas sobre los folículos ováricos ([Viñoles et al., 2007](#); [Scaramuzzi et al., 2006](#)). Estos estímulos metabólicos parecen ejercer sus efectos durante las fases finales de crecimiento de los folículos dominantes, cuando las concentraciones de FSH son bajas, pero altas concentraciones de glucosa y hormonas metabólicas aumentarían la respuesta de los folículos a la FSH. Esto permite a los folículos continuar creciendo a pesar de que el soporte gonadotrófico ha disminuido. Asimismo el aumento en las concentraciones de leptina inducido por la suplementación disminuye la capacidad del factor de crecimiento parecido a la insulina tipo I (IGF-I) para estimular la producción folicular de estradiol. Esto por lo tanto disminuye el mecanismo de retroalimentación negativo ejercido por el estradiol, permitiendo un aumento en la concentración de FSH y, por lo tanto, el

desarrollo de más folículos que pueden llegar a la ovulación ([Kendall et al., 2003](#); [Scaramuzzi et al., 2006](#)).

## **II.6 Efecto de la nutrición en la viabilidad embrionaria, crecimiento fetal y sobrevivencia del cordero**

Las pérdidas embrionarias son las que alcanzan mayor magnitud, a su vez, éstas pueden clasificarse como basales y son aquéllas independientes de los efectos ambientales y ligadas con anomalías genéticas, o deficiencias innatas del sistema materno para mantener la preñez. Las causas inducidas son aquéllas afectadas por los factores ambientales, entre los que se considera primordialmente al factor nutricional, por lo que la subnutrición como la sobrealimentación pueden provocar alteraciones en el medio materno que impiden un adecuado desarrollo del embrión, afectando su viabilidad ([Bruno-Galarraga et al., 2014](#)).

El estado de subnutrición en el rebaño se ha relacionado con un retraso en el desarrollo embrionario al día 8 de gestación ([Abecia et al., 1997](#)) y una menor producción de INF $\tau$  al día 15 ([Abecia et al., 1999](#)), que afecta la supervivencia embrionaria. Esto debido a que el tamaño embrionario es importante para evitar la luteólisis, ya que los embriones alterados en su desarrollo no producirán suficiente INF $\tau$ . Asimismo, los estados nutricionales deficientes al inicio de la gestación provocan lesiones y enfermedades que se expresarán más tarde en la vida postnatal ([Kiani et al., 2011](#)). Se ha observado que si la oveja recibe una alimentación restringida durante el momento de la formación de la placenta se generará un menor número de cotiledones, de menor tamaño y que esta condición se traducirá en un bajo desarrollo fetal, influyendo negativamente en el peso al nacimiento y en la sobrevivencia del cordero ([Dingwall et al., 1987](#)). Los cambios nutricionales y el ambiente uterino pueden modificarse mediante la acción de señales metabólicas como la insulina, el IGF-1, IGF-2 y leptina ([Blache et al., 2006](#)), las cuales podría influenciar en forma directa o indirecta la sobrevivencia de embriones después de su traslado al lumen del tracto reproductivo, o a través de acciones en el ovario, oviducto o útero ([Velázquez et al., 2008](#)).

Una restricción en la alimentación de las ovejas durante el primer trimestre de la gestación, genera una alteración en el flujo sanguíneo producto de una disminución en las concentraciones plasmáticas de óxido nítrico y poliaminas, que son importantes reguladores de la vascularización uteroplacentaria, generando una disminución en el intercambio de nutrientes de la madre al feto. Las consecuencias de esta alteración en estados iniciales de la preñez, genera efectos que repercuten a largo plazo en la vida productiva y reproductiva de la cría ([Beltran y Alomar, 2011](#)).

En hembras gestantes sometidas a periodos de subnutrición (50 % de sus requerimientos) durante los primeros 95 días de preñez, sus crías presentaron un decremento en la tasa ovulatoria, la explicación para tal suceso es un tanto confusa, ya que no se observaron alteraciones en los patrones de liberación de LH, FSH ni de GnRH, por lo que se especula esté asociado a efectos independientes de estas hormonas durante el desarrollo ovárico. Esto sugiere que durante la gestación temprana hay una serie de procesos que marcan la programación fetal de la función ovárica, que se reflejan en una disminución de la tasa ovulatoria de las hijas de ovejas subalimentadas durante este periodo ([Rae et al., 2002](#)).

Se ha observado que ovejas con restricción de nutrientes desde el día 28 al día 135 de gestación, presentaron niveles bajos de serina, arginina y aminoácidos de cadena corta, así como de poliaminas en el plasma fetal y materno, en el líquido alantoideo y amniótico fetal durante la mitad y final de la gestación ([Kwon et al., 2004](#)). Las poliaminas regulan la síntesis de proteínas y de ADN, por lo tanto, afectan la proliferación celular, cuyo efecto se traduce en una disminución en el crecimiento fetal y placentario ([Wu et al., 2004](#)).

Una suplementación corta durante el periodo parto mediante el uso de granos ricos en almidón permite incrementar significativamente la producción de calostro tanto en ovejas con corderos únicos como mellizos. Asimismo, la viscosidad del calostro disminuye sin alterar su calidad, haciéndolo más fácil de consumir para el cordero, lo que permite incrementar la sobrevivencia de los corderos y asegurar un

buen crecimiento posterior, reduciendo los riesgos de distocia, ya que no se altera el peso de los corderos al nacimiento (Banchero *et al.*, 2015).

## **II.7 Valor nutricional de los frutos de leguminosas tropicales**

Las especies leguminosas poseen características que las hacen altamente valoradas, de las cuales, la principal es su calidad nutritiva, que desempeña una función importante en el mejoramiento del valor nutritivo del alimento en su totalidad (Galindo *et al.*, 2005). En general los frutos de árboles utilizados comúnmente en regiones de clima cálido para la alimentación animal, presentan algunas características nutricionales como: 85 a 90 % de materia seca (MS), amplio rango en contenido de proteína, que varía entre 4.1 y 20 %, bajos contenidos de fibra que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad de la materia seca. Los valores de ceniza oscilan entre 2.5 y 4.2 %, el de carbohidratos solubles es entre 40 y 60 % de MS. Además, hay especies que poseen metabolitos secundarios como los taninos que modifican la velocidad de degradación y pasaje de los nutrientes a través del tubo gastrointestinal (García *et al.*, 2006; Clavero, 2013).

## **II.8 Uso de frutos de leguminosas tropicales durante la época de estiaje en el trópico.**

La alimentación de rumiantes en los sistemas extensivos de regiones de clima cálido se basa en el pastoreo de especies de pastos nativos e introducidos, cuya disponibilidad y calidad fluctúa durante el año, según la variación en la precipitación pluvial, afectando negativamente la producción y reproducción de los rumiantes (Ku-Vera *et al.*, 2013). Durante la época seca, la disponibilidad de forraje es escaso y seco, con menor contenido de proteína cruda, alta concentración de FND, baja digestibilidad aparente y por tanto, baja concentración de energía metabolizable. Adicionalmente en esta época, el consumo de materia seca (MS) de los rumiantes se reduce, por lo que no logran cubrir sus requerimientos nutricionales para mantenimiento (Ku-Vera *et al.*, 2014). Se ha observado que los frutos de

leguminosas tropicales pueden contribuir a cubrir las necesidades alimenticias de los animales, mediante el aporte de nitrógeno al rumen para el crecimiento de bacterias celulolíticas, o vía el aporte de cierta cantidad de proteína de baja degradación ruminal, necesaria para la absorción de aminoácidos directamente en el intestino delgado. Este aporte de proteína incrementa la fermentación ruminal, lo que a su vez incrementa la digestibilidad y el consumo de alimentos fibrosos y, por consiguiente, mejora la producción animal (Ramírez *et al.*, 2007). Otro mecanismo mediante el cual los frutos de leguminosas pueden incrementar la producción animal es por su contenido de compuestos secundarios como los taninos, que al unirse a la proteína, evitan la degradación ruminal incrementando la cantidad de proteína de sobrepaso (Cecconello *et al.*, 2003; García *et al.*, 2006).

## **II.9 Taninos condensados en la producción animal**

Los taninos son compuestos polifenólicos presentes en muchas plantas, especialmente en leguminosas y son empleados por estas como mecanismo de defensa contra herbívoros y patógenos, así como para la conservación del nitrógeno (Waghorn y McNabb, 2003). Existen dos grupos principales de taninos: hidrolizables y condensados, los cuales pueden ejercer efectos tóxicos o benéficos en los animales, dependiendo de su concentración en las plantas. Los taninos condensados interactúan bastante en la nutrición de los rumiantes, debido a su alta capacidad para ligarse a las proteínas de los forrajes en el rumen luego de la masticación (Andrabi *et al.*, 2005; Stürn *et al.*, 2007) y a su capacidad para reducir la degradación de proteínas y mejorar su comportamiento cuando las concentraciones de proteína cruda de la dieta exceden los requerimientos (Provenza *et al.*, 2000). Esto debido a que los taninos forman complejos estables con las proteínas, con pH ruminal de 3.5 - 7.0, pero se disocian en el abomaso a pH inferior de 3.5 (Getachew *et al.*, 2000), reduciendo la degradación de la dieta proteínica en el rumen e incrementan la absorción de aminoácidos en el intestino delgado. La respuesta de los animales a la ingestión de taninos condensados depende de la concentración de éstos en las plantas, pues plantas con

concentraciones entre 5 y 10 % de la MS reducen el consumo y la digestibilidad del forraje, mientras que concentraciones comprendidas entre 2 y 4 % de la MS favorecen la absorción intestinal de las proteínas debido a la disminución de la proteólisis por parte de la microflora ruminal (Otero e Hidalgo, 2004).

En ovinos, el consumo de taninos, mejora la ganancia de peso, la producción de lana, y una reducción del impacto del parasitismo gastrointestinal. Mientras que en la reproducción de pequeños rumiantes, los taninos tienen un efecto al incrementar las cantidades de proteína sobrepasante a la degradación ruminal en la dieta, se mejora el número de folículos reclutados, lo que permite una mayor tasa ovulatoria, principalmente cuando los animales se suplementan con fuentes de taninos 6 días previos a la ovulación (Luque *et al.*, 2000; Nguyen *et al.*, 2005; Alonso *et al.*, 2008).

## **II.10 Uso de frutos de leguminosas tropicales en la producción animal**

Los frutos de árboles forrajeros son una alternativa para disponer azúcares, carbohidratos, minerales y proteínas para el ganado, como estrategia para disminuir la dependencia de concentrados comerciales dentro de los sistemas de producción de rumiantes en el trópico (Palma, 2006). La suplementación con frutos de leguminosas arbóreas mejora la respuesta productiva en rumiantes. Al respecto, Olivares *et al.* (2013) al alimentar cabritos criollos con una dieta que contenía 30 % de harina de frutos de *Acacia cochliacantha* observaron un aumento en el consumo de materia seca y se mejoró la ganancia de peso y la conversión alimenticia. A su vez, Pírela *et al.* (2010), al suplementar a vacas Criollo Limonero con frutos de *Pithecellobium saman* y un concentrado comercial, encontraron un incremento en la producción diaria de leche y en el consumo de suplemento, y se disminuyó el rechazo con respecto al tratamiento con harina de frutos de samán. Sin embargo, el análisis económico determinó que la suplementación con harina de samán mejoró el índice económico relativo.

Mientras que la tasa de crecimiento de terneros en pastoreo se mejoró al suplementar en un 15 por ciento del consumo de materia seca con vainas de samán.

Igualmente, en vacas de doble propósito durante su primera fase de lactancia, la suplementación con estos frutos incremento la producción de leche (Baquero *et al.*, 1999). Esta mejora en la productividad de animales suplementados con frutos de leguminosas arbóreas se asocia con un aumento en el consumo voluntario de materia seca y energía digestible, así como mayor flujo de proteína microbial al duodeno y un mejor balance entre nutrientes gluco y cetogénicos (Navas *et al.*, 1999).

En la actividad reproductiva, la nutrición focalizada con 500 g de harina de frutos de leguminosas tropicales (*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*) durante siete días antes del retiro de un progestágeno aunado al control del amamantamiento reduce el tiempo al inicio del estro e incrementa la tasa ovulatoria de ovejas Pelibuey en anestro postparto, mientras que en ovejas Pelibuey cíclicas la nutrición focalizada con esta mezcla de frutos mejora la población de folículos > 4mm e incrementa la duración del estro y la tasa ovulatoria, lo cual se asocia a la cantidad de proteína sobrepasante a la degradación ruminal debido al contenido de taninos condensados que presentan estas fuentes no convencionales de proteína (Sosa *et al.*, 2014; Sosa *et al.*, 2015)

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El rendimiento productivo de los sistemas de producción ovina es dependiente de la eficiencia reproductiva, sin embargo, ésta se ve condicionada, entre otros parámetros por el intervalo entre partos y el número de crías nacidas, lo cual, se relaciona con la fertilidad y prolificidad, aunado a esto existen otros factores que pueden repercutir en la productividad de las unidades de producción como la nutrición (Arteaga, 2000).

La nutrición es el factor ambiental más importante en todo el ciclo reproductivo de los rumiantes, por lo que, es importante cubrir los requerimientos de los animales al efecto de optimizar su desempeño productivo (Martin *et al.*, 2004). No obstante, la alimentación es el factor determinante de la eficiencia física y económica, por lo que hay una constante presión para reducir la cantidad y duración de los períodos de suplementación buscando optimizar la relación costo-beneficio de esta alternativa (Baldi *et al.*, 2008). Por lo que, la implementación de una suplementación con concentrados energéticos y proteicos durante períodos críticos y en pocas cantidades, conocido como “nutrición focalizada”, permite aumentar la eficiencia reproductiva en rumiantes (Martin *et al.*, 2004; Martin y Kadokawa, 2006). Sin embargo, el elevado costo de los concentrados proteicos - energéticos ha motivado el uso de alimentos alternativos como los frutos y follaje de leguminosas tropicales, que han mejorado la productividad del ganado, debido a que incrementan la relación de proteína en la dieta. Además generalmente poseen compuestos secundarios como los taninos, que pueden modificar la velocidad de degradación y pasaje de los nutrientes a través del tracto gastrointestinal (Getachew *et al.*, 2000; Pirela *et al.*, 2010).

Diversos estudios han demostrado el efecto de la nutrición focalizada con objetivos y en momentos diferentes del ciclo reproductivo, en la oveja se ha utilizado para aumentar la tasa ovulatoria, minimizar la mortalidad embrionaria, aumentar el vigor de la oveja y el cordero al parto e incrementar la producción de calostro para mejorar

la sobrevivencia de los corderos nacidos ([Banchero et al., 2015](#); [Fernández et al., 2007](#); [Viñoles et al., 2009](#); [Martin y Reza, 2016](#)).

Con base en lo anterior, se determinó las características nutricionales de una mezcla de frutos de leguminosas tropicales (50 % *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha*), para complementar con 500 gramos de esta mezcla por periodos cortos en diferentes estados fisiológicos de ovejas Pelibuey con el objetivo de mejorar su comportamiento reproductivo.

## IV. ESTUDIOS REALIZADOS

### IV.1 HARINA DE FRUTOS DE LEGUMINOSAS TROPICALES COMO ALTERNATIVA PARA COMPLEMENTAR LA ALIMENTACION DE PEQUEÑOS RUMIANTES

#### IV.1.1 RESUMEN

Se evaluó en harina de frutos de *Chloroleucon mangense*, *Acacia cochliacantha* y la mezcla de ambas (50 % *C. mangense* – 50 % *A. cochliacantha*), la composición química, degradabilidad ruminal *In situ* de la materia seca y proteína, así como degradabilidad intestinal de la proteína. Para la evaluación *in situ* se utilizaron tres carneros Rambouillet adultos, con tiempos de incubación de 0, 6, 12, 24, 48 y 72 h. En la degradabilidad intestinal de la proteína se siguió un procedimiento de tres pasos: mediante incubación ruminal, digestión enzimática abomasal y digestión enzimática intestinal. Los frutos utilizados tuvieron entre 12 y 21 % de Proteína cruda (PC), 56 % contenido de fibra detergente neutro (FDN) y 43 % de fibra detergente acida (FDA), la concentración de taninos menor al 6 % de la materia seca. La degradabilidad de la materia seca y de la proteína fue mayor en *C. mangense* ( $p < 0.05$ ) que en *A. cochliacantha* y la mezcla de estas. Mientras que *A. cochliacantha* presentó los mayores porcentajes ( $p < 0.05$ ) para la proteína no degradable en rumen, proteína degradable en intestino delgado y proteína degradable en intestino delgado respecto al contenido total (PNDR, PID y PIDT), respecto a *C. mangense* y la mezcla. Al estimar la alimentación de 100 g de harina de estos frutos así como de la mezcla, ésta fue superior ( $p < 0.05$ ) en g PC, g PNDR y g PID respecto a los frutos de *A. cochliacantha*. Los frutos *C. mangense* y de *A. cochliacantha*, pueden ser una alternativa como alimento para mejorar el valor nutritivo de dietas en la época de estiaje para pequeños rumiantes, y la utilización de la mezcla permite hacer un uso más eficiente de la proteína al incrementar la cantidad de proteína digerida en intestino.

**PALABRAS CLAVE:** *Chloroleucon mangense*, *Acacia cochliacantha*, degradabilidad, Proteína, Alimentación, Rumiantes.

#### IV.1.2 INTRODUCCIÓN

El costo de la alimentación suplementaria basada en concentrados proteicos es elevado y ha motivado a buscar fuentes alternativas de alimento de buena calidad nutritiva que resulten accesibles y de bajo costo para el consumo animal (Palma y Román, 2003; Pérez-Gil *et al.*, 2014). Algunos frutos de árboles de la selva baja caducifolia pueden ser utilizados como alimentos alternativos para suplementación, ya que estos frutos poseen altos contenidos de proteína (14 a 28 %) y algunos tienen bajos contenidos de fibra (40 %) lo que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad de la materia seca (Dicko y Sikena, 1992; García *et al.*, 2006). Por otra parte, los frutos de leguminosas arbóreas contienen altas concentraciones de taninos condensados; estos compuestos en altas cantidades pueden limitar su valor como alimento debido a un bajo consumo, digestibilidad y utilización de nitrógeno por rumiantes (Barry y Manley, 1984).

En la actualidad, existe gran interés por la utilización de taninos como protectores naturales de las proteínas en raciones para rumiantes ya que los taninos forman complejos estables con las proteínas, con pH ruminal en un rango de 3.5 a 7.0, pero se disocian en el abomaso a pH inferior de 3.5 (Getachew *et al.*, 2000). Las proteínas resistentes a la degradación ruminal, pero digestibles en las partes bajas del tubo digestivo, tendrán efectos positivos en la nutrición animal, con mejoras en el comportamiento productivo (Bunglavan y Dutta, 2013). Algunos frutos de leguminosas tropicales como: *Chloroleucon mangense* (*C. mangense*) y *Acacia cochliacantha* (*A. cochliacantha*), presentan una gran aceptabilidad por rumiantes (Cervantes–Marín *et al.*, 2015) y pueden tener una buena calidad nutritiva, haciéndolos una fuente importante de energía y proteína para el ganado (Ceconello *et al.*, 2003), principalmente en la época de estiaje, cuando la producción de estos frutos, coincide con la temporada de menor producción de gramíneas. Por lo anterior el objetivo fue evaluar la composición química, degradabilidad de la materia seca y proteína de frutos *Chloroleucon mangense* (*C. mangense*), *Acacia cochliacantha* (*A. cochliacantha*) y la combinación de estas (50 % *C. mangense* – 50 % *A. cochliacantha*), con el propósito de sugerir un suplemento

para pequeños rumiantes en época de estiaje, en zonas donde estos frutos se producen.

### **IV.1.3 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **IV.1.3.1 Recolección de frutos**

Los frutos de *C. mangense* y de *A. cochliacantha* se colectaron manualmente durante los meses de enero a marzo de 2013 (época de fructificación), en potreros de la comunidad de Angostillo, Municipio Paso de Ovejas, Veracruz, México, localizado en las coordenadas 96° 54' 19" longitud O y 19° 21' 80" latitud N a 260 msnm. Posterior a su colecta, los frutos se secaron al sol aproximadamente por 2 días, una vez secos fueron molidos, utilizando una malla de 3 mm de diámetro en un molino de martillos.

#### **IV.1.3.2 Composición química**

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. A los frutos se les realizó el análisis químico proximal mediante los métodos de la [AOAC \(1997\)](#); la fibra detergente neutro y fibra detergente ácida, se determinaron por el método de los detergentes ([Goering y Van Soest, 1972](#)). El análisis del contenido de taninos totales y taninos asociados a proteínas, se realizó en el laboratorio de fitoquímica del Colegio de Postgraduados, utilizando la metodología propuesta por [Barahona et al. \(2003\)](#) y [Makkar \(2003\)](#), respectivamente.

#### **IV.1.3.3 Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca y proteína**

Para estimar la degradabilidad *in situ* de la materia seca (DMS), se utilizaron tres carneros Rambouillet adultos (65 kg de peso vivo), equipados con cánulas permanentes en rumen (50 mm de diámetro). Los animales se alojaron en jaulas

individuales y se alimentaron con 2.0 kg carnero<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de una dieta integral (12 % PC, 40 % FDA, 51 % FDN, 2.3 % EE y 9 % Cenizas) de heno de avena 70 % y 30 % concentrado comercial (Borrega Plus; Alimentos Unión Tepexpan®) más 500 g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de harina de frutos de *C. mangense*, *A. cochliacantha* y la mezcla de ambas (50 % *C. mangense* – 50 % *A. cochliacantha*) según el periodo de adaptación y evaluación para cada fruto. El agua estuvo disponible permanentemente durante todo el experimento.

Se utilizaron 3 periodos experimentales de 96 horas, a cada uno se le asignó un período de adaptación de 7 días para cada complemento antes de la incubación de las bolsas en el rumen. En la incubación ruminal, se utilizaron bolsas filtro de poliéster multicapa de 5 x 5.5 cm (Bolsas F57, Ankom Technology Corp., Macedon, ny). Las bolsas con 0.5 g de los frutos utilizados en la complementación en cada periodo experimental se incubaron por cuadruplicado. Las muestras de los frutos se molieron previamente en un molino con una criba de retención de 1.0 mm. Las bolsas con la muestra estuvieron dentro de una red atada a una cuerda de nylon de 70 cm incluyendo un peso de metal dentro de la malla para garantizar que las muestras estuvieran inmersas en el saco ventral del rumen. Las bolsas se incubaron a 0, 6, 12, 24, 48 y 72 h. Después de cada incubación, las bolsas se retiraron del rumen, se lavaron con agua a baja presión hasta que salió agua clara de la bolsa, se secaron en una estufa de aire forzado a 65 °C durante 24 h y se pesaron.

Para calcular la degradabilidad *in situ* de la proteína cruda (DPC), a los residuos de la incubación ruminal, se les determinó el contenido de materia seca (MS) así como de proteína cruda de acuerdo a la metodología de [AOAC \(1997\)](#). Las pérdidas de MS, se estimaron por el cambio en peso de la muestra de alimento en las bolsas antes y después de la incubación ruminal, de acuerdo con la metodología de [Ørskov y McDonald \(1979\)](#).

#### IV.1.3.4 Degradabilidad intestinal de la proteína

Para determinar la degradabilidad intestinal de proteína, se siguió un procedimiento de tres pasos desarrollado por [Calsamiglia y Stern, \(1995\)](#), utilizando 3 carneros Rambouillet, adultos (65 kg de peso PV) equipados con cánulas (50 mm de diámetro) permanentes en rumen (paso 1 incubación) y posteriormente determinaciones *in vitro* (pasos 2 y 3 digestión).

Paso 1. Incubación ruminal. Los frutos se molieron para obtener un tamaño de partícula de 1.0 mm y, se pesaron 1.5 g de harina de frutos en bolsas filtro de 5 x 5.5 cm de poliéster multicapa (Bolsas F57, Ankom Technology Corp., Macedon, ny), se incubaron 8 bolsas en el rumen durante 16 h para cada uno de los frutos evaluados. Después del período de incubación, las bolsas se lavaron con agua corriente hasta que ésta salió clara y se secaron en una estufa a 65 °C, durante 24 h. Después se removió el contenido de cada bolsa y se cuantificó la proteína por el método micro-Kjeldahl ([AOAC, 1997](#)).

Paso 2. Digestión enzimática abomasal. En un tubo de centrifuga (50 mL), se tomó una muestra de las bolsas que habían sido fermentadas en rumen, la cual contuvo al menos 15 mg de nitrógeno residual. Se adicionaron 10 mL de solución de HCl 0.1 N a pH 1.9 que contenían 1 g L<sup>-1</sup> de pepsina (Sigma P- 7012) y se mezcló en vortex. La muestra se incubó durante 1 h a 38 °C en baño de María con agitación constante; después de la incubación se adicionaron 0.5 mL de NaOH 1 N.

Paso 3. Digestión enzimática intestinal. Al residuo obtenido en el paso 2 se le adicionaron 13.5 mL de buffer pancreatina (0.5 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> de buffer estandarizado a pH 7.8 que contenía 50 ppm de timol y 3 g L<sup>-1</sup> de pancreatina; (Sigma P-7545); la mezcla se incubó a 38 °C durante 24 h en un baño María (agitando cada 8 h). Posteriormente 15 mL de ácido tricloroacético (TCA) al 10 % se adicionaron a la mezcla para precipitar las proteínas; la cual se agitó e incubó a temperatura ambiente durante 15 min. El tubo con la mezcla, se centrifugó a 7.500 rpm durante

15 minutos y el sobrenadante se cuantificó para proteínas por el método micro-Kjeldahl (AOAC, 1997).

Mediante el procedimiento *in vitro* e *in situ* de tres pasos descrito anteriormente (Calsamiglia y Stern, 1995) se analizaron los porcentajes de proteína inicial (PC), proteína no degradada en rumen (PNDR), proteína digerida en intestino delgado (PID), proteína digerida en intestino delgado respecto al contenido inicial (PIDT) y gramos de proteína inicial (g PC), proteína no degradada en rumen (g PNDR), proteína digerida en intestino delgado (g PID) y proteína digerida en intestino delgado respecto al contenido inicial (g PIDT).

#### IV.1.3.5 Análisis estadístico

Los valores de degradabilidad ruminal de MS y PC se ajustaron, con el modelo (Ecuación 1) propuesto por Ørskov y McDonald (1979) mediante una regresión no lineal con el procedimiento NLIN del paquete estadístico SAS (2011). Los parámetros para cada fruto analizado se compararon con el intervalo de confianza asintótico al 95 %.

$$D = a + b * (1 - e^{-c*t}) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde **a** es la fracción soluble del sustrato, **b** es la fracción insoluble pero potencialmente degradable, **c** es la tasa de degradación de la fracción potencialmente degradable y **t** es el tiempo de incubación.

Con la finalidad de estimar la degradación efectiva (DE) de la MS y PC, se remplazaron los valores de **a**, **b** y **c** estimados anteriormente en el modelo (Ecuación 2) propuesto por Ørskov y McDonald (1979). Utilizando una constante de tasa de pasaje (k) con valor 2 % h<sup>-1</sup>.

$$DE = a + \frac{(b * c)}{(c + k)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Los datos obtenidos en la degradabilidad intestinal de la proteína *in vitro* (PC, PNDR, PID, PIDT, g PC, g PNDR, g PID, y g PIDT), se analizaron mediante un

diseño completamente al azar, usando el procedimiento GLM (SAS 2011). Las diferencias entre medias se estimaron mediante la prueba de Tukey.

#### IV.1.4 RESULTADOS

##### IV.1.4.1 Composición química

El contenido nutricional de los frutos (Cuadro 1), presentó variación entre las dos especies y la mezcla de estas. En los frutos de *C. mangense* se observaron los mayores contenidos de proteína cruda y menores porcentajes de FDN y FDA así como compuestos secundarios en comparación con los frutos de *A. cochliacantha* y la mezcla de ambas (50 % *C. mangense* – 50 % *A. cochliacantha*).

Cuadro 1. Composición química de frutos de leguminosas tropicales de la selva baja caducifolia.

<b>Nutrientes</b>	<b><i>Chloroleucon mangense</i></b>	<b><i>Acacia cochliacantha</i></b>	<b><i>C. mangense / A. cochliacantha</i> 50 / 50%</b>
Humedad (%)	7.2	6.3	6.8
Materia seca (%)	92.8	93.6	93.1
Proteína cruda (%)	21.7	12.1	18.4
Cenizas (%)	4.3	3.7	4.0
FDN (%)	47.4	56.8	51.1
FDA (%)	31.6	43.5	37.4
EE (%)	1.08	0.45	0.89
Taninos*	9.1 ± 1.2	62.1 ± 2.6	29.0 ± 1.6
Taninos/Proteína*	4.0 ± 0.1	38.6 ± 2.9	19.4 ± 2.0

\* mg g peso seco<sup>-1</sup>

#### IV.1.4.2 Degradabilidad ruminal *in situ*

En la cinética de degradación (Cuadro 2) de la materia seca (DMS), la fracción soluble (a) de *A. cochliacantha* presentó una menor fracción fácilmente degradable ( $p < 0.05$ ) que *C. mangense* y la mezcla. La fracción potencialmente degradable (b), la degradabilidad potencial (a+b) y la degradabilidad efectiva (DEMS) fueron mayores en *C. mangense* ( $p < 0.05$ ) al compararlo con *A. cochliacantha* y la mezcla de estos dos frutos. En la degradación de la proteína cruda (DPC) en *C. mangense*, presentó mayores valores ( $p < 0.05$ ), para la fracción fácilmente soluble (a) y la degradabilidad potencial (a+b) a 72 h, al compararlo con *A. cochliacantha*, mientras que la degradabilidad efectiva (DEPC) de *A. cochliacantha* fue menor ( $p < 0.05$ ) que la mezcla de estos dos frutos y *C. mangense* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros de la degradabilidad ruminal y efectiva de frutos de leguminosas tropicales.

Parámetro	<i>Chloroleucon mangense</i>	<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>C. mangense / A. cochliacantha 50 / 50%</i>
Degradabilidad ruminal de la materia seca			
Fracción soluble (a) %	27.6 ± 0.7 <sup>a</sup>	14.0 ± 1.5 <sup>b</sup>	25.6 ± 0.6 <sup>a</sup>
Fracción degradable (b) %	34.8 ± 0.9 <sup>a</sup>	33.5 ± 1.9 <sup>ab</sup>	32.6 ± 0.9 <sup>b</sup>
Tasa de degradación (c) % h <sup>-1</sup>	5.9 ± 0.4 <sup>a</sup>	5.9 ± 0.9 <sup>a</sup>	5.03 ± 0.41 <sup>a</sup>
Fracción potencialmente degradable (a+b) %	62.4 ± 1.5 <sup>a</sup>	47.5 ± 3.1 <sup>b</sup>	56.2 ± 1.3 <sup>b</sup>
Degradabilidad efectiva de la materia seca %	53.7 <sup>a</sup>	39.1 <sup>c</sup>	47.5 <sup>b</sup>
Degradabilidad ruminal de la proteína cruda			
Fracción soluble (a) %	37.6 ± 1.7 <sup>a</sup>	18.1 ± 3.0 <sup>b</sup>	37.8 ± 1.8 <sup>a</sup>
Fracción degradable (b) %	45.7 ± 3.0 <sup>a</sup>	36.9 ± 4.0 <sup>a</sup>	37.4 ± 3.8 <sup>a</sup>
Tasa de degradación (c) % h <sup>-1</sup>	3.7 ± 0.6 <sup>a</sup>	5.1 ± 1.5 <sup>a</sup>	3.2 ± 0.8 <sup>a</sup>
Fracción potencialmente degradable (a+b) %	83.3 ± 3.8 <sup>a</sup>	55.1 ± 6.1 <sup>b</sup>	75.2 ± 4.3 <sup>ab</sup>
Degradabilidad efectiva de la proteína cruda %	67.3 <sup>a</sup>	44.7 <sup>c</sup>	60.8 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Valores con distinta literal en una misma fila son diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### IV.1.4.3 Degradabilidad intestinal de la proteína *in vitro*

El contenido de PC en los frutos y la mezcla de estos, fueron diferente ( $p < 0.05$ ), los frutos de *A. cochliacantha* tuvieron el menor contenido de PC, con respecto a la mezcla y *C. mangense* (Cuadro 3). Los frutos de *A. cochliacantha* presentaron mayores porcentajes ( $p < 0.05$ ) de PNDR, PID, y PIDT que *C. mangense* y la mezcla (50 % *C. mangense* – 50 % *A. cochliacantha*).

Cuadro 3. Degradabilidad intestinal de la proteína cruda de frutos de leguminosas tropicales.

Porcentaje	<i>Chloroleucon mangense</i>	<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>C. mangense / A. cochliacantha</i> 50 / 50%
Proteína cruda	21.7 ± 0.5 <sup>a</sup>	12.1 ± 0.6 <sup>c</sup>	18.4 ± 0.6 <sup>b</sup>
Proteína no degradable en rumen	65.9 ± 0.4 <sup>c</sup>	82.1 ± 0.4 <sup>a</sup>	76.2 ± 0.5 <sup>b</sup>
Proteína degradable en intestino delgado	40.8 ± 5.0 <sup>c</sup>	60.9 ± 6.5 <sup>a</sup>	52.1 ± 6.3 <sup>b</sup>
Proteína degradable en intestino delgado respecto al contenido inicial	26.9 ± 3.3 <sup>c</sup>	50.0 ± 6.4 <sup>a</sup>	39.7 ± 3.5 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Valores con distinta literal en una misma fila son diferentes ( $p < 0.05$ ).

Al determinar la cantidad en gramos de proteína degradada y realizar una alimentación de 100 g de estos frutos (Cuadro 4), la mezcla fue superior ( $p < 0.05$ ) en g PC, g PNDR y g PID respecto a los frutos de *A. cochliacantha*.

Cuadro 4. Proteína cruda degradable en rumen e intestino al alimentar ovinos con 100 g de harina de frutos de leguminosas tropicales.

Gramos	<i>Chloroleucon mangense</i>	<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>C. mangense / A. cochliacantha</i> 50 / 50%
Proteína cruda	21.7 ± 0.5 <sup>a</sup>	12.1 ± 0.6 <sup>c</sup>	18.4 ± 0.6 <sup>b</sup>
Proteína no degradable en rumen	14.3 ± 0.5 <sup>a</sup>	10.0 ± 0.5 <sup>b</sup>	14.0 ± 0.5 <sup>a</sup>
Proteína degradable en intestino delgado	5.8 ± 0.8 <sup>b</sup>	6.1 ± 0.7 <sup>b</sup>	7.3 ± 0.8 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup>Valores con distinta literal en una misma fila son diferentes ( $p < 0.05$ ).

## IV.1.5 DISCUSIÓN

### IV.1.5.1 Composición química

En la composición nutrimental de los dos frutos y de la mezcla de estos, se observó un contenido entre 12 y 21 % de PC, lo cual es suficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de mantenimiento en ovinos (NRC 2007). Las diferencias encontradas en FDN y FDA, quizás están relacionadas con las particularidades químico-estructurales de la pared celular de cada especie (García *et al.*, 2006), con valores inferiores para FDN y FDA de 56.8 y 43.5 %, respectivamente, lo que permite sugerir adecuado consumo voluntario y digestibilidad de la materia seca de estos frutos (Dicko y Sikená, 1992; García *et al.*, 2006). Los compuestos secundarios, principalmente taninos que presentan los frutos así como la mezcla, son aceptables y pueden interactuar en la nutrición de rumiantes, debido a su capacidad para ligarse a las proteínas de los forrajes en el rumen luego de la masticación y reducir la degradación de estas, lo cual puede mejorar el comportamiento productivo de los rumiantes (Dzowella *et al.*, 1995). Aunado a esto, en un estudio realizado en ovinos por Cervantes – Marín *et al.* (2015) mencionan una gran aceptabilidad por el consumo de estos frutos, lo que indica que la concentración de taninos presente en éstos, no afecta el consumo en pequeños rumiantes, al menos mientras tenga disponibilidad de otros alimentos o forrajes. Lo anterior muestra que los frutos de leguminosas tropicales presentan gran

aceptabilidad, así como aporte de nutrientes ([García et al., 2011](#)), y pueden ser una alternativa para cubrir las necesidades nutricionales de pequeños rumiantes, en la época de estiaje, ya que la alimentación de rumiantes en los sistemas extensivos del trópico se basa en el pastoreo de especies de pastos nativos e introducidos, cuya disponibilidad y calidad fluctúa durante el año, según la variación en la precipitación pluvial, afectando negativamente la producción y reproducción de los rumiantes ([Ku-Vera et al., 2013](#)).

#### **IV.1.5.2 Degradabilidad ruminal de la Materia Seca *in situ* (DMS)**

La mayor DMS que mostró *C. mangense*, y la combinación de estos dos frutos en la mezcla de *C. mangense* y *A. cochliacantha*, puede deberse a una mayor cantidad de la fracción soluble (a) que presentan, lo que resulta en una fermentación rápida del material consumido, con un menor tiempo de retención de la digesta en el tubo gastrointestinal ([Kyriazakis, 2003](#)). Asimismo, una mayor fracción degradable (b) y potencial de degradación (a+b) en *C. mangense* puede deberse a la presencia de un mayor contenido celular y a la poca influencia de los taninos totales en los enlaces con otros compuestos nutritivos, ya que la concentración de estos compuestos secundarios en *C. mangense* es menor que en *A. cochliacantha* y en la mezcla de estas ([La O et al., 2003](#)). A su vez, en *A. cochliacantha*, la degradabilidad efectiva de la materia seca fue menor debido a la presencia de taninos y al mayor contenido de FDA en su composición, afectando la digestibilidad de la materia seca, siendo importante tanto la composición como la cantidad de fibra, ya que existe una correlación negativa entre el contenido de FDA y degradabilidad ([La O et al., 2003](#); [Piñeiro-Vázquez et al., 2013](#)).

#### **IV.1.5.3 Degradabilidad ruminal de la Proteína Cruda *in situ***

La menor fracción soluble (a), potencial de degradación (a+b) y degradabilidad efectiva de la proteína cruda, que mostró *A. cochliacantha*, puede deberse a la mayor presencia de taninos y aquellos ligados a la proteína, presentes en estos

frutos (Cuadro 1), ya que la presencia de metabolitos secundarios en algunas leguminosas tropicales, pueden modificar la dinámica digestiva de algunas fracciones del alimento en rumiantes (Guimaraes *et al.*, 2006). Al respecto, Flores *et al.* (1998) mencionan que en algunas leguminosas con un mayor contenido de taninos, se mejora la eficiencia de utilización de la proteína al escapar de la degradación ruminal.

Barahona *et al.* (1997) mostraron que al reducir las concentraciones de taninos en especies de leguminosas hay un incremento en la degradación de la proteína en el rumen y, consecuentemente, una disminución en el nitrógeno que llega a duodeno. Asimismo, se ha sugerido que al utilizar plantas forrajeras con niveles altos de taninos, mezcladas con especies altas en nitrógeno soluble, se mejora el uso del nitrógeno por los rumiantes, reduciendo la degradación de proteína soluble en rumen (Otero e Hidalgo, 2004; Carmona, 2007), tal como se observó en el comportamiento de la mezcla (50 – 50 %) de *C. mangense* / *A. cochliacantha*. Esto se debe a que los taninos condensados afectan la tasa de fermentación en el rumen por la acción que ejercen sobre las bacterias del rumen y sobre las proteínas de los alimentos, debido fundamentalmente a la disminución de la proteólisis realizada por las bacterias ruminales y a la unión estable que se da entre los taninos y las proteínas (Márquez y Suárez, 2008).

#### **IV.1.5.4 Degradabilidad intestinal de la Proteína Cruda *in vitro***

Los frutos de *A. cochliacantha*, tuvieron mayores porcentajes en PNDR, PID y PIDT, a pesar de tener el menor contenido de PC. Este incremento en la proteína que se escapa a la degradabilidad ruminal, así como un mayor porcentaje de proteína degradable en intestino en *A. cochliacantha*, puede deberse a la formación de complejos tanino-proteína, ya que esta especie tiene alto contenido de taninos (6.2 % MS). En alimentos con una concentración de taninos igual o superior al 5 % de MS, estos se combinan con las proteínas y forman complejos tanino-proteína que afecta la degradabilidad de la proteína (Min *et al.*, 2002), principalmente porque este

complejo se forma con el pH ruminal (3.5 - 7.0), pero se disocian en el abomaso a pH inferior de 3.5 (Getachew *et al.*, 2000). De esta forma, la proteína escapa a la degradabilidad ruminal y llega a los sitios de digestión del intestino, con un incremento en la absorción de aminoácidos de este origen (Min *et al.*, 2005; McSweeney *et al.*, 2008).

La harina de la mezcla (50 – 50 %) de *C. mangense* / *A. cochliacantha*, presentó porcentajes en PNDR, PID y PIDT, inferiores a los que presenta *A. cochliacantha*. Sin embargo desde el punto de vista de su contenido de PC y degradabilidad de esta fracción (Cuadro 4), se observó que la mezcla aporta 20 % más de proteína que se degrada en intestino delgado al considerar el contenido de proteína cruda inicial. Asimismo, al compararla con la harina de frutos de *C. mangense* fue superior en 25 %. Este incremento en la cantidad de proteína que se degrada en intestino delgado, puede atribuirse a la acción que ejercen los taninos concentrados en *A. cochliacantha* con el nitrógeno soluble presente en *C. mangense*, con una mejora en el uso del nitrógeno por los rumiantes (Carmona, 2007), reduciendo la degradación de proteína e incrementar el flujo y la absorción de N amoniacal y aminoácidos esenciales en el intestino delgado (Min *et al.*, 2003; Min *et al.*, 2005; McSweeney *et al.*, 2008).

#### **IV.1.6 CONCLUSIONES**

Los frutos *C. mangense* y de *A. cochliacantha*, así como la combinación de estas (50 – 50 %) pueden ser una alternativa como alimento para mejorar el valor nutritivo de dietas en la época de estiaje para pequeños rumiantes. Sin embargo, debido a su contenido de proteína cruda y a la degradabilidad de esta fracción, la mezcla de frutos (50 – 50 %) tiene mayor potencial como suplemento, porque permite mayor cantidad de proteína degradable en intestino delgado. Esto sugiere que su inclusión en dietas de baja calidad, podría mejorar su eficiencia de utilización y mantener niveles adecuados de producción en pequeños rumiantes.

## IV.2 NUTRICIÓN FOCALIZADA CON FRUTOS DE LEGUMINOSAS TROPICALES (*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*) EN LA ACTIVIDAD OVÁRICA Y TASA OVULATORIA DE OVEJAS PELIBUEY

### IV.2.1 RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar si la nutrición focalizada con 500 g de la mezcla de harina de frutos de leguminosas tropicales (*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*), influye en la sincronización, inicio y duración del estro, población folicular, tasa ovulatoria y concentración de progesterona plasmática en ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR. Se utilizaron 14 ovejas Pelibuey de  $2.5 \pm 0.3$  años de edad, a las cuales se les insertó un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (CIDR P<sub>4</sub> 0.3 g), por 9 días. Siete días antes del retiro del dispositivo, las ovejas se asignaron aleatoriamente a uno de dos tratamientos: T1= CIDR (n=7) y T2= CIDR y nutrición focalizada con 500 g de una mezcla de frutos de árboles leguminosos por siete días (n=7). La respuesta a la sincronización de estro, cantidad de folículos pequeños y medianos fue similar entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). La población de folículos grandes ( $> 4$  mm) fue mayor ( $p < 0.05$ ) en el día 2 y 3 después de retirar el progestágeno en el grupo de nutrición focalizada ( $1.8 \pm 0.2$  y  $2.0 \pm 0.3$ ) y menor donde se aplicó sólo progestágenos ( $1.1 \pm 0.2$  y  $1.4 \pm 0.2$ ). Las concentraciones plasmáticas de P<sub>4</sub>, la duración del estro y la tasa ovulatoria fueron mayores ( $p < 0.05$ ) en ovejas con nutrición focalizada ( $33.7 \pm 1.1$  h;  $2.71 \pm 0.42$ , respectivamente) en comparación al grupo de sólo progestágenos ( $27.4 \pm 1.6$  h;  $1.4 \pm 0.2$ , respectivamente). La nutrición focalizada con 500 gramos de frutos de leguminosas tropicales durante siete días antes de retirar el progestágeno, incrementó la duración del estro, la población de folículos  $> 4$  mm, la tasa ovulatoria y la concentración de progesterona plasmática en ovejas Pelibuey.

**PALABRAS CLAVE:** Pelibuey, Leguminosas tropicales, Tasa ovulatoria.

## IV.2.2 INTRODUCCIÓN

La nutrición modifica los procesos reproductivos en la mayoría de los animales, desde pequeños cambios en la tasa o frecuencia de ovulación cuando la dieta está por debajo de lo óptimo pero aún es adecuada; hasta la supresión del proceso reproductivo cuando las señales del ambiente son muy desfavorables. En ovejas y cabras se pueden modificar la respuesta reproductiva en función del aporte nutricional a través del número de óvulos que producen en cada ciclo ovulatorio (Martin *et al.*, 2004). La nutrición focalizada con concentrados proteicos como el expeler de girasol o la harina de soya, asociados con suplementos energéticos, por períodos cortos (7 a 10 días) y en baja cantidad (3.5 a 4 kg por animal en total) ha permitido mejorar la tasa ovulatoria de ovejas (Viñoles *et al.*, 2009).

Sin embargo, el elevado costo de la alimentación suplementaria basada en concentrados proteicos, ha motivado la búsqueda de nuevas fuentes de alimentación para los animales, que no compitan en lo fundamental con el hombre, que sean de buena calidad y resulten accesibles por su bajo costo, por lo que la evaluación de recursos alimenticios, eficientes y viables, desde el punto de vista económico es una alternativa (Pérez-Gil *et al.*, 2014). Los frutos de árboles se han propuesto como una alternativa de alimento para el ganado, algunas especies de la selva baja caducifolia como: *Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*, pueden utilizarse como alternativas para cubrir los requerimientos nutricionales de rumiantes, ya que estos frutos tienen contenidos de proteína del 14 al 28 %, contenidos de fibra menor al 40 % lo que permite un mayor consumo voluntario y digestibilidad de la materia seca (García *et al.*, 2006).

La suplementación con frutos de árboles mejora la respuesta productiva de los rumiantes (Pirela *et al.*, 2010). Se ha demostrado que el uso de frutos y follaje de leguminosas tropicales en la alimentación animal, mejora la productividad del ganado porque incrementa la relación proteína/energía en la dieta, debido a su alto contenido en proteína; además, generalmente poseen compuestos secundarios como los taninos, que pueden modificar la velocidad de degradación y pasaje de los nutrientes a través del tubo gastrointestinal (Getachew *et al.*, 2000). Por lo anterior,

el objetivo del presente estudio fue determinar si la nutrición focalizada con 500 g de harina de frutos de leguminosas tropicales durante siete días antes del retiro de un progestágeno, influye en la sincronización, inicio y duración del estro, población folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey.

## **IV.2.3 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **IV.2.3.1 Localización**

El estudio se realizó de febrero a marzo del 2014, en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos del Colegio de Postgraduados, Campus Motecillo (LaROCa), ubicado a 98° 53' O y 19° 29' N y 2240 msnm.

### **IV.2.3.2 Animales y alimentación**

Se utilizaron 14 ovejas adultas de la raza Pelibuey, con  $2.5 \pm 0.3$  años de edad y un peso promedio de  $40.5 \pm 2.0$  kg. Las ovejas consumieron  $2.0$  kg oveja<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de una dieta integral (12 % PC, 40 % FDA, 51 % FDN, 2.3 % EE y 9 % Cenizas) de heno de avena y concentrado comercial (Borrega plus: Alimentos Unión Tepexpan®) con una relación 70 y 30 %, respectivamente. Las ovejas de grupo de nutrición focalizada recibieron  $500$  g día<sup>-1</sup> de una mezcla en base húmeda con frutos triturados a un tamaño de partícula de 1 a 4 mm, 50 % *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha* (18 % de PC de la cual el 76.2 % escapa a la degradación ruminal y 39.7 % es degradada en intestino delgado, 51 % FDN, 37 % FDA, 0.89 % EE, Taninos totales 29 mg g<sup>-1</sup> y Taninos ligados a la proteína 19 mg g<sup>-1</sup>).

### **IV.2.3.3 Tratamientos y protocolo de sincronización**

Con la finalidad de homogenizar la etapa del ciclo estral en que las ovejas iniciaban el experimento, se presincronizaron con una doble administración de 1 mL de prostaglandina F<sub>2α</sub> (5 mg de dinoprost, Lutalyse®, Laboratorios Pharmacia Animal Health) vía intramuscular con un intervalo de siete días, coincidiendo la segunda aplicación con la inserción de un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (CIDR P<sub>4</sub> 0.3 g), el cual permaneció por nueve días. Siete días antes

del retiro del progestágeno, las ovejas se asignaron aleatoriamente a uno de dos tratamientos: T1 (n=7) CIDR y T2 (n=7) CIDR + nutrición focalizada (500 g de la mezcla de frutos 50 % *C. mangense* y 50 % *A. cochliacantha*) durante siete días antes de retirar el CIDR.

#### **IV.2.3.4 Variables de estudio**

Se evaluó la respuesta al tratamiento, número de ovejas en estro entre número de ovejas del tratamiento; inicio del estro, tiempo en que las ovejas presentaron manifestaciones de estro después de retirar el progestágeno; duración del estro, tiempo transcurrido entre la primera y la última observación en que las ovejas permanecían con manifestaciones externas de estro ante la presencia del carnero; población folicular, número de folículos de cada categoría en la superficie del ovario; tasa ovulatoria, número de cuerpos lúteos presentes en la superficie de los dos ovarios en cada una de las ovejas y concentración de progesterona ( $P_4$ ) plasmática.

La detección de estros se realizó cada 4 h, iniciando la detección de estros, cuatro horas posteriores al retiro del progestágeno con ayuda de un carnero provisto de mandil. Las ovejas que presentaron manifestaciones externas de estro, se separaron para su posterior monitoreo con el objetivo de determinar la duración del estro, mediante la observación de la conducta estral a la presencia del carnero. La población folicular, se monitoreo diariamente a partir del momento de la inserción del CIDR (día 0) hasta el día 13 por medio de Ecografía Transrectal utilizando un transductor de haz lineal con frecuencia de 7.5 MHz (Medison Ultrasound System Sonovet Pico®, Samsung Medison), contabilizando y agrupando los folículos presentes en ambos ovarios en pequeños ( $\leq 2.9$  mm), medianos (3.0 a 3.9 mm) y grandes ( $\geq 4$  mm) según la clasificación propuesta por [Contreras et al. \(2007\)](#) para ovejas de pelo. Nueve días después que las ovejas presentaron manifestaciones externas de estro, se determinó la tasa ovulatoria mediante la técnica de laparoscopia abdominal, contabilizando las estructuras lúteas presentes en la superficie de cada ovario. Las muestras de sangre para determinar la concentración de  $P_4$  se obtuvieron diariamente (7:30 am) a partir del día de inserción del dispositivo hasta la determinación de la tasa ovulatoria, por punción de la vena yugular con

tubos vacutainer® sin anticoagulante de 6 mL, centrifugados a 693 g durante 20 min (2500 rpm en centrifuga Solbat® C-600) para extraer el suero y conservarlo a -20 °C hasta el día del análisis. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Reproducción Animal del CENID, Microbiología INIFAP. Para cuantificar P<sub>4</sub> se usaron kits para radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida (Coat-a-Count®, Siemens, CA, USA) con una sensibilidad del análisis de 0.05 ng mL<sup>-1</sup> y coeficiente de variación intra e inter ensayo de 3.9 % y 4.4 %, respectivamente.

#### **IV.2.3.5 Análisis estadístico**

Las variables inicio y duración del estro se analizaron con el método de curvas de sobrevivencia Log-Rank, utilizando el procedimiento Life Test y la comparación de medias por el método de Bonferroni. La respuesta al tratamiento, se analizó mediante el modelo de regresión logística utilizando el procedimiento Logistic. La población folicular y tasa ovulatoria se analizó mediante un modelo de regresión binomial negativa utilizando el procedimiento GENMOD. La concentración plasmática de progesterona, se analizó utilizando el procedimiento MIXED y la comparación entre medias se realizó con el método de LSMEANS ([SAS, 2011](#)).

#### **IV.2.4 RESULTADOS**

Las variables respuesta a tratamiento e inicio del estro (Cuadro 5) no fueron diferentes entre tratamientos ( $p > 0.05$ ), observando que el 100 % de las ovejas presentaron manifestaciones externas de estro. La duración del estro y la tasa ovulatoria fue mayor ( $p < 0.05$ ) en el grupo de ovejas tratadas con CIDR y nutrición focalizada, que en los animales con sólo progestágenos.

La población folicular varió a través del tiempo, observándose una mayor cantidad de folículos pequeños (Figura 1) durante el tiempo de permanencia del dispositivo intravaginal, sin mostrar diferencias entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). El número de folículos medianos no se modificó por efecto de la nutrición focalizada ( $p > 0.05$ ), con un incremento en el número de estos folículos al momento de retirar el progestágeno en ambos grupos (Figura 2). La población de folículos grandes (Figura 3) en los días

2 y 3 después de retirar el progestágeno fue mayor ( $p < 0.05$ ) en el grupo de animales con nutrición focalizada que en las ovejas tratadas con solo progestágenos.

Cuadro 5. Variables reproductivas de ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR, con o sin nutrición focalizada por 7 días con 500 g de frutos de leguminosas tropicales.

Variable	Tratamiento	
	CIDR (n=7)	CIDR + Nutrición focalizada (n=7)
Respuesta al tratamiento	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
Inicio del estro (h)	34.8 ± 4.6 <sup>a</sup>	30.0 ± 3.5 <sup>a</sup>
Duración del estro (h)	27.4 ± 1.6 <sup>b</sup>	33.7 ± 1.1 <sup>a</sup>
Tasa ovulatoria	1.4 ± 0.3 <sup>b</sup>	2.7 ± 0.4 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Valores con distinta literal en una misma fila son diferentes ( $p < 0.05$ ).

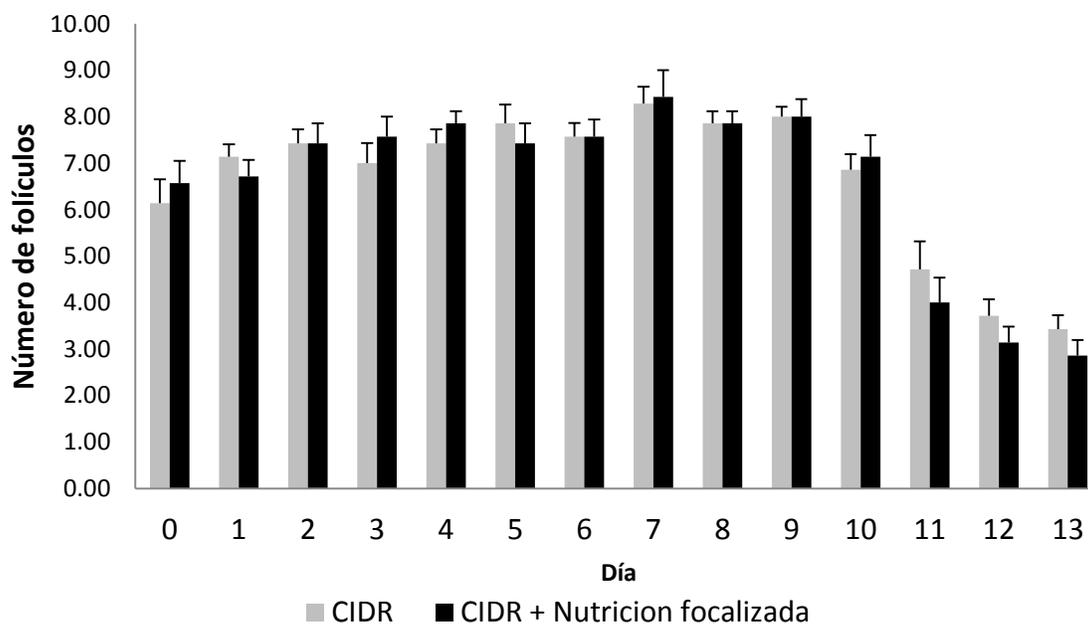


Figura 1. Distribución de los folículos pequeños (medias + EE) en ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR por nueve días con o sin nutrición focalizada con 500 g de frutos de leguminosas tropicales durante siete días.

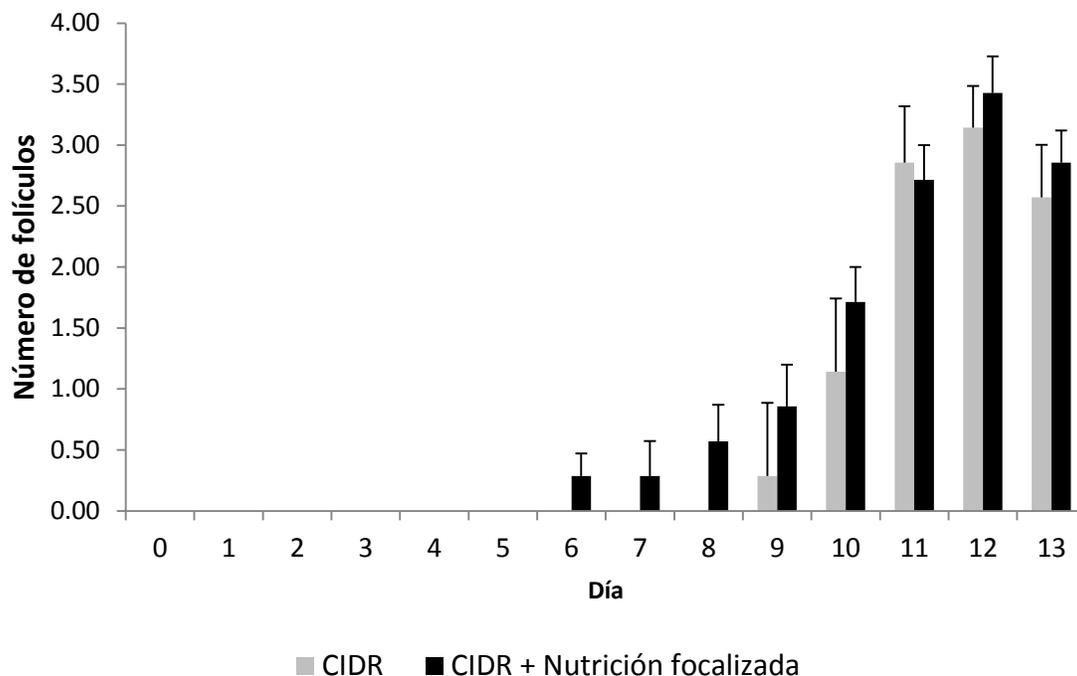


Figura 2. Distribución de los folículos medianos (medias  $\pm$  EE) en ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR por nueve días con o sin nutrición focalizada con 500 g de frutos de leguminosas tropicales durante siete días.

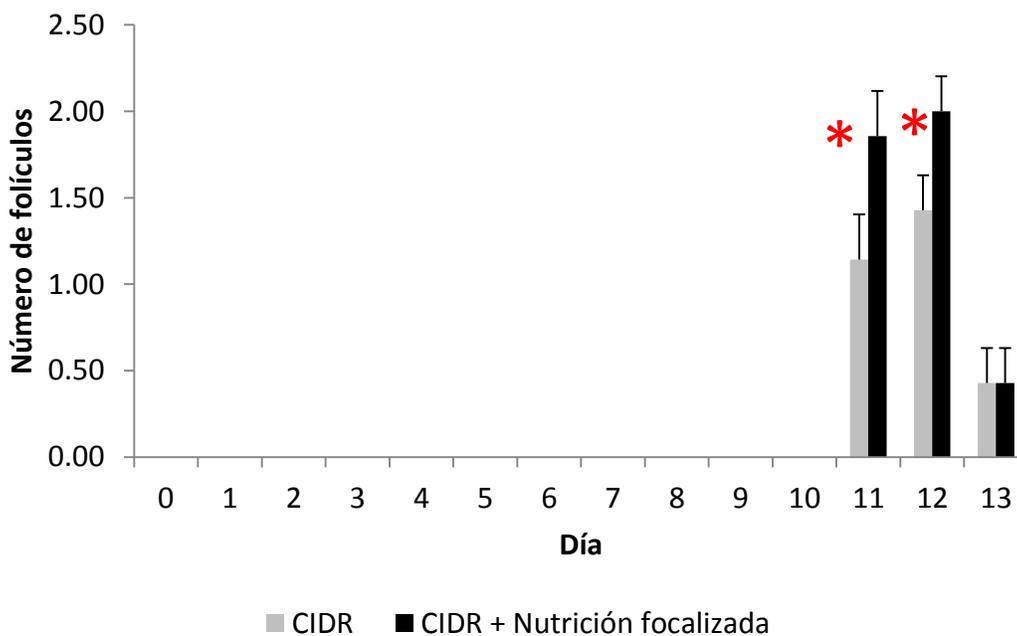


Figura 3. Distribución de los folículos grandes (medias  $\pm$  EE) en ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR por nueve días con o sin nutrición focalizada con 500 g de frutos de leguminosas tropicales durante siete días. \*  $P < 0.05$ .

Las concentraciones promedio de progesterona plasmática (Figura 4) fueron similares ( $p>0.05$ ) entre tratamientos después del protocolo de sincronización (Día 10 al 17), sin embargo en los días 18 y 19, las concentraciones fueron mayores ( $p<0.05$ ) en el grupo CIDR y nutrición focalizada que en animales tratados con sólo progestágenos (CIDR).

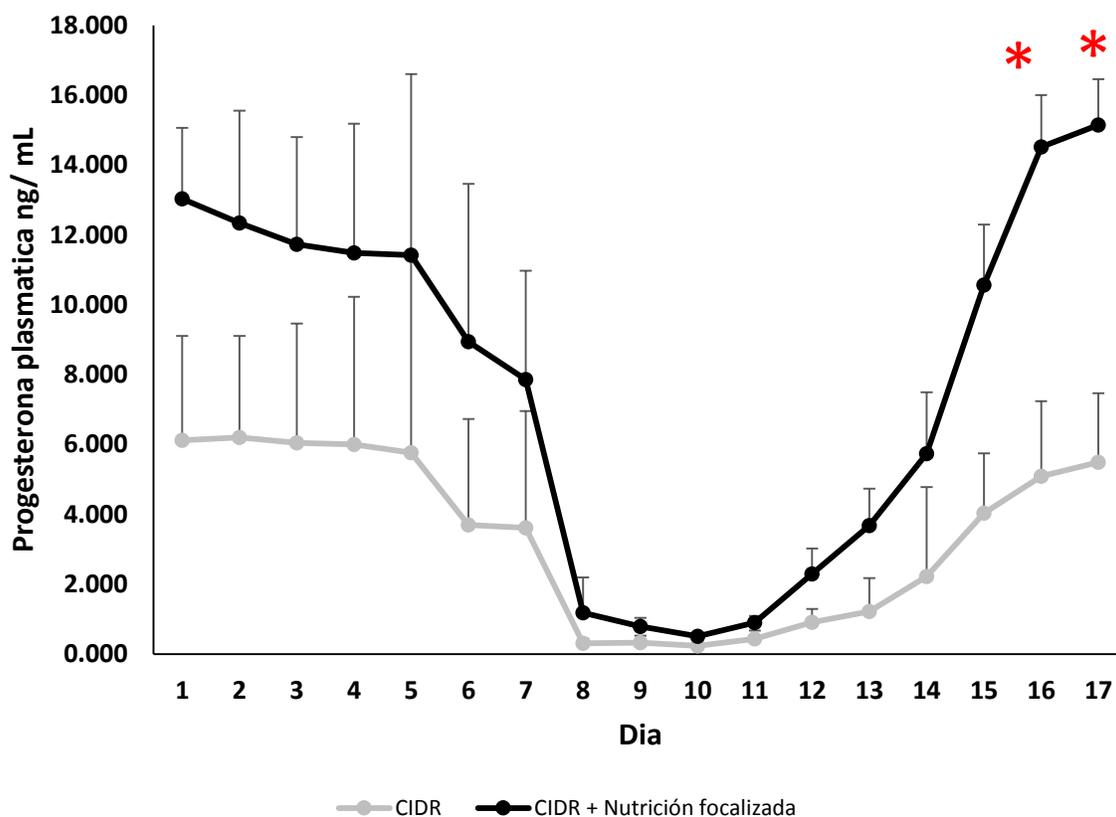


Figura 4. Concentración de progesterona ( $P_4$ ) plasmática (medias  $\pm$  EE) en ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR por nueve días con o sin nutrición focalizada con 500 g de frutos de leguminosas tropicales durante siete días. \*  $P < 0.05$ .

## IV.2.5 DISCUSIÓN

La efectividad de los progestágenos sintéticos en la sincronización de estros en pequeños rumiantes, se debe a que actúan como un cuerpo lúteo, inhibiendo la liberación de gonadotropinas, de tal manera que al suprimir el tratamiento la hipófisis aumenta la liberación de gonadotropinas, lo que estimula el crecimiento folicular y la secreción de  $17\beta$  estradiol a las 24 h después de haberse retirado el progestágeno, produciéndose el inicio de estros sincronizados entre las 24 y 56 h después de retirar el progestágeno (Viñoles *et al.*, 2001; Cordova-Izquierdo *et al.*, 2008), tal como se observó en el presente estudio, con valores de 34.8 a 30.0 h al inicio del estro para el tratamiento CIDR y CIDR + nutrición focalizada, respectivamente.

Diversos estudios han demostrado el efecto de la suplementación por periodos cortos en el desarrollo folicular, con incrementos en la población de folículos grandes sin afectar la población de folículos pequeños y medianos (Scaramuzzi *et al.*, 2006). Este incremento en folículos grandes y en la duración del estro en el grupo de animales suplementados con harina de frutos de leguminosas tropicales, es debido a que en ovinos las poblaciones foliculares son muy sensibles a la entrada de nutrientes, por lo que la foliculogénesis puede incrementarse por medio de la nutrición (Martin *et al.*, 2004), ya que al suplementar con concentrados proteicos, se incrementa la concentración plasmática de glucosa, insulina y leptina, las cuales son señales metabólicas que pueden recuperar folículos en atresia e iniciar la estimulación de los folículos a las gonadotropinas y promover la selección de más folículos (> 4 mm) que pueden llegar a un tamaño preovulatorio (Viñoles *et al.*, 2005; Viñoles *et al.*, 2009), y así repercutir directamente en la concentración de estradiol circulante y, por consecuencia, en la duración de los signos de estro (Camacho *et al.*, 2008; De la isla *et al.*, 2010). Esto debido a la participación de estradiol y GnRH en el control de la conducta estral (Caraty *et al.*, 2002). Al respecto Naqvi *et al.* (2013) mencionan valores similares a los reportados en este estudio para duración del estro en ovejas Malpura suplementadas con un alimento concentrado a razón

1.5 % del peso corporal, con una mayor duración del estro (31.8 h) en el grupo suplementado que en el grupo testigo (26.0 h), relacionado a aumento en las concentraciones plasmáticas de glucosa inducido por modificaciones en la dieta.

La tasa ovulatoria en pequeños rumiantes se ha mejorado mediante la suplementación con concentrados proteicos por periodos cortos y en poca cantidad ([Martin et al., 2004](#)), por lo que, este incremento en el grupo CIDR y nutrición focalizada puede ser debido a la cantidad (90 g extra día<sup>-1</sup>) de proteína que se proporcionó en el complemento, así como la proporción de esta proteína que escapa a la degradabilidad ruminal (36 g día<sup>-1</sup>) y que se degrada en intestino delgado, por efecto de los taninos presentes en esta fuente de proteína, lo cual favorece la absorción intestinal de las proteínas, debido a la disminución de la proteólisis por parte de la microflora ruminal ([Otero e Hidalgo, 2004](#)).

Diversos estudios han mostrado el incremento en tasa ovulatoria, al aumentar la cantidad de proteína que escapa a la degradabilidad ruminal ([Luque et al., 2000](#); [Min et al., 2005](#); [Fernández et al., 2007](#)), debido a un mayor aporte de proteína que aumenta el número de folículos reclutados ([Knight et al., 1981](#)); al respecto se ha reportado, que suplementar durante siete días previos a la ovulación, se mejora la tasa ovulatoria ([Luque et al., 2000](#)), ya sea directamente o mediante la modulación de la acción de las gonadotropinas en los ovarios ([Min et al., 2003](#)). Asimismo la nutrición proteica proporcionada por la suplementación de concentrados, puede afectar la función ovárica, al modificar los niveles de la hormona de crecimiento e insulina, las que podrían inducir cambios en la actividad intraovárica de los moduladores de FSH y el factor de crecimiento asociado a la insulina (IGF-1). Un aumento en la actividad de dicho factor ocasionaría un incremento en la sensibilidad de la enzima aromatasa a la FSH, produciendo mayor reclutamiento folicular y en consecuencia incrementos en tasa ovulatoria ([Viñoles, 2003](#); [Fernández et al., 2007](#)).

Las concentraciones promedio de progesterona plasmática en los tratamientos después del protocolo de sincronización (Día 10), permanecieron bajas lo que es similar a lo reportado por [Edgar y Ronaldson \(1985\)](#); [Viñoles et al. \(1999\)](#) y [Ake-López et al. \(2013\)](#), quienes mencionan que las concentraciones de progesterona se mantienen bajas durante los primeros 4 ó 5 días del ciclo estral, aumentan gradualmente hasta llegar a su máximo los días 12 ó 15, y después caen rápidamente a concentraciones basales en los siguientes dos días. En los días 7 y 8 después de la sincronización del estro (Día 18 y 19), las mayores concentraciones plasmáticas de progesterona observadas en el grupo CIDR y nutrición focalizada, puede correlacionarse con la mayor presencia de cuerpos lúteos que presentaron estos animales por efecto de ovulaciones múltiples ([Ake-López et al., 2013](#)), ya que diversos estudios han reportado una correlación positiva con el incremento en tasa ovulatoria y la concentración plasmática de progesterona ([Pearce y Robinson, 1985](#); [Oyedipe et al., 1989](#); [Uribe-Velásquez et al., 2007](#)).

#### **IV.2.6 CONCLUSIONES**

La nutrición focalizada con 500 g de harina de frutos de leguminosas tropicales (50% *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha*) durante siete días antes de retirar el progestágeno, incrementa la población de folículos grandes mayores a 4 milímetros, duración del estro, tasa ovulatoria y la concentración de progesterona plasmática en ovejas Pelibuey.

### IV.3 NUTRICION FOCALIZADA CON FRUTOS DE LEGUMINOSAS (*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*) EN LA SINCRONIZACIÓN DE ESTROS EN OVEJAS PELIBUEY

#### IV.3.1 RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar si la nutrición focalizada con 500 g de la mezcla de harina de frutos de leguminosas tropicales (*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*), influye en la sincronización de estros, tasa ovulatoria, prolificidad y fecundidad de ovejas Pelibuey. Se utilizaron 60 ovejas Pelibuey de  $4.2 \pm 0.3$  años de edad y un peso promedio de  $51.7 \pm 5.2$  kg, a las cuales se les insertó un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (CIDR P<sub>4</sub> 0.3 g), por nueve días. Siete días antes del retiro del dispositivo, las ovejas se asignaron aleatoriamente a uno de tres tratamientos: T1= CIDR (n = 20); T2= CIDR y nutrición focalizada con 500 g de una mezcla de frutos de árboles leguminosos por siete días (n = 20) y T3 = CIDR+300 UI de eCG 48 horas antes del retiro del progestágeno (n=20). La respuesta a la sincronización de estro y la fertilidad fue similar entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, el inicio del estro fue menor ( $p < 0.05$ ) en el grupo CIDR+eCG ( $19.4 \pm 2.9$  h), comparado con animales tratados con sólo progesterona ( $54.1 \pm 4.4$  h) y CIDR + nutrición focalizada ( $35.6 \pm 4.4$ ). La tasa ovulatoria, prolificidad y fecundidad fue mayor ( $p < 0.05$ ) en los grupos CIDR+eCG ( $2.6 \pm 0.5$ ,  $2.3 \pm 0.1$  y  $2.2 \pm 0.1$ ) y CIDR + nutrición focalizada ( $2.5 \pm 0.8$ ,  $2.3 \pm 0.1$  y  $2.1 \pm 0.2$ ) respecto a ovejas tratadas con sólo CIDR ( $1.9 \pm 0.6$ ;  $1.9 \pm 0.1$  y  $1.4 \pm 0.2$ ). La nutrición focalizada con 500 g de harina de frutos de leguminosas tropicales durante siete días antes de retirar el progestágeno, mejora las variables reproductivas de ovejas Pelibuey, al reducir el inicio al estro e incrementar la tasa ovulatoria, prolificidad y fecundidad.

**PALABRAS CLAVE:** Pelibuey, Sincronización, Leguminosas tropicales, Tasa ovulatoria

### IV.3.2 INTRODUCCIÓN

La eficiencia productiva de pequeños rumiantes, se puede mejorar mediante el uso de diversas herramientas biotecnológicas reproductivas, las cuales permiten inducir o sincronizar el estro en un grupo de animales en un lapso corto de tiempo y organizar actividades como agrupar nacimientos, programar destetes y ventas de animales en grupos uniformes (Quintero *et al.*, 2011).

La sincronización del estro en ovejas, generalmente se realiza con el uso de progestágenos intravaginales sintéticos asociados con la aplicación de la hormona gonadotropina coriónica equina (eCG), con la finalidad de provocar que la sincronización del estro sea más estrecha e incremente la respuesta folicular, la tasa de ovulación y los índices de concepción (Catalano *et al.*, 2007; Quintero *et al.*, 2011). Sin embargo, existe una creciente demanda de productos de origen animal que minimicen el uso de hormonas (Martin *et al.*, 2004), por lo que la “alimentación focalizada” con concentrados proteicos (períodos cortos y en poca cantidad), es un componente integral del paquete “limpio, verde y ético” para aumentar la eficiencia reproductiva en rumiantes (Martin *et al.*, 2004; Martin y Kadokawa, 2006).

El elevado costo de los concentrados proteicos ha motivado el uso de alimentos alternativos como los frutos y follaje de leguminosas tropicales, que mejoran la productividad del ganado, al incrementar la relación proteína-energía en la dieta, y al poseer compuestos secundarios como los taninos, modifican la velocidad de degradación y pasaje de los nutrientes a través del tubo gastrointestinal (Getachew *et al.*, 2000; Pirela *et al.*, 2010). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar si la nutrición focalizada con 500 g de harina de frutos de leguminosas tropicales (50 % *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha*) durante siete días antes del retiro de un progestágeno, influye en la sincronización de estros, tasa ovulatoria, prolificidad y fecundidad de ovejas Pelibuey.

### **IV.3.3 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **IV.3.3.1 Localización**

El estudio se realizó de octubre 2013 a marzo 2014, en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos del Colegio de Postgraduados, Campus Motecillo (LaROCa), ubicado a 98° 53' O y 19° 29' N y 2240 msnm.

#### **IV.3.3.2 Animales y alimentación**

Se utilizaron 60 ovejas adultas de la raza Pelibuey, con  $4.2 \pm 0.3$  años de edad y un peso promedio de  $51.7 \pm 5.2$  kg. Las ovejas consumieron  $2.0$  kg oveja<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de una dieta integral (12 % PC, 40 % FDA, 51 % FDN, 2.3 % EE y 9 % Cenizas) de heno de avena y concentrado comercial (Borrega plus: Alimentos Unión Tepexpan®) con una relación 70 y 30 %, respectivamente. Las ovejas suplementadas recibieron  $500$  g día<sup>-1</sup> de una mezcla en base húmeda con frutos triturados a un tamaño de partícula de 1 a 4 mm y a una porción de 50 % *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha* (18 % de PC de la cual el 76.2 % escapa a la degradación ruminal y 39.7 % es degradada en intestino delgado, 51 % FDN, 37 % FDA, 0.89 % EE, Taninos totales 29 mg g<sup>-1</sup> y Taninos ligados a la proteína 19 mg g<sup>-1</sup>).

#### **IV.3.3.3 Tratamientos y protocolos de sincronización**

A todas las ovejas se les administro 1 mL de prostaglandina F<sub>2α</sub> (5 mg de dinoprost, Lutalyse®, Laboratorios Pharmacia Animal Health) vía intramuscular al momento de colocarles un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (CIDR P<sub>4</sub> 0.3 g), el cual permaneció por nueve días. Siete días antes del retiro del progestágeno, las ovejas se asignaron aleatoriamente a uno de tres tratamientos: T1 (n=20) CIDR; T2 (n=20) CIDR + nutrición focalizada (500 g de harina de leguminosas tropicales; mezcla: 50 % *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha*) durante siete días antes de retirar el CIDR; y T3 (n=20) CIDR+300 UI de eCG (Folligon®, Intervet, México) 48 horas antes del retiro del progestágeno.

#### **IV.3.3.4 Variables de estudio**

Se evaluó la respuesta al tratamiento (número de ovejas en estro entre número de ovejas del tratamiento); inicio del estro (tiempo transcurrido después de retirar el progestágeno en que las ovejas presentaron manifestaciones externas de estro); tasa ovulatoria (número de cuerpos lúteos presentes en la superficie de los dos ovarios en cada una de las ovejas); fertilidad (número de ovejas gestantes entre número de ovejas inseminadas); prolificidad (número de corderos nacidos entre número de ovejas paridas) y fecundidad (número de corderos nacidos entre número de ovejas expuestas en cada tratamiento). La detección del estro se realizó cada cuatro horas, con un carnero provisto de mandil, iniciando la detección del estro, cuatro horas posteriores al retiro del progestágeno. Las ovejas que presentaron manifestaciones externas de estro se separaron del resto su inseminación (monta natural) y 12 horas después del primer servicio se realizó una segunda inseminación por monta natural.

La tasa ovulatoria, se determinó nueve días después del estro, por medio de ecografía transrectal, usando un transductor de haz lineal con frecuencia de 7.5 MHz (Medison Ultrasound System Sonovet Pico®, Samsung Medison), se contabilizó el número de cuerpos lúteos presentes en la superficie de los dos ovarios en cada oveja. La fertilidad se determinó a los 45 días posteriores a la inseminación por medio de ecografía abdominal (Medison Ultrasound System Sonovet Pico®, Samsung Medison y transductor con frecuencia de 7.5 MHz), considerando como positivos o negativos aquellas ovejas que presentaron o no producto(s) fetal (es) bien delimitados. La prolificidad y fecundidad se determinó al momento del parto contabilizando el número de corderos nacidos por oveja.

#### **IV.3.3.5 Análisis estadístico**

Las variables respuesta al tratamiento y fertilidad se analizaron mediante el modelo de regresión logística utilizando el procedimiento Logistic. Las variables inicio a estro, prolificidad y fecundidad, se analizaron con el método de curvas de

sobrevivencia Log-Rank, utilizando el procedimiento Life Test y la comparación de medias por el método de Bonferroni. Para el análisis de la variable tasa ovulatoria, se utilizó un modelo de regresión binomial negativa con el procedimiento GENMOD (SAS, 2011).

#### IV.3.4 RESULTADOS

La respuesta en la sincronización del estro (Cuadro 6) y la fertilidad (Cuadro 7), fue similar entre tratamientos ( $p>0.05$ ), con valores superiores al 90 y 75 % respectivamente. El tiempo al inicio al estro fue menor ( $p<0.05$ ) en ovejas tratadas con CIDR + eCG, comparado con los grupos tratados con CIDR más nutrición focalizada y animales con sólo progestágeno (Cuadro 6).

Cuadro 6. Variables reproductivas de ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos (CIDR), nutrición focalizada por 7 días con 500 g de frutos de leguminosas tropicales y la aplicación de 300 UI de eCG.

Tratamiento	(n)	Respuesta a tratamiento (%)	Inicio del estro (h)	Tasa ovulatoria
CIDR	20	90 <sup>a</sup>	54.1 ± 4.4 <sup>c</sup>	1.9 ± 0.6 <sup>b</sup>
CIDR + nutrición focalizada	20	100 <sup>a</sup>	35.6 ± 4.4 <sup>b</sup>	2.5 ± 0.8 <sup>a</sup>
CIDR + eCG	20	100 <sup>a</sup>	19.4 ± 2.9 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.5 <sup>a</sup>

<sup>a, b, c</sup> Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes ( $p<0.05$ ).

Las variables tasa ovulatoria (Cuadro 6), prolificidad y fecundidad fueron menores ( $p<0.05$ ) en ovejas tratadas con sólo progestágeno que en los grupos CIDR + eCG y CIDR + nutrición focalizada, sin diferencias ( $p>0.05$ ) entre estos dos últimos grupos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Fertilidad, prolificidad y fecundidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos (CIDR), nutrición focalizada por 7 días con 500 g de frutos de leguminosas tropicales y la aplicación de 300 UI de eCG.

Tratamiento	(n)	Fertilidad (%)	Prolificidad	Fecundidad
CIDR	20	75.0 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.4 ± 0.2 <sup>b</sup>
CIDR + nutrición focalizada	20	90.0 <sup>a</sup>	2.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.1 ± 0.2 <sup>a</sup>
CIDR + eCG (300 UI)	20	95.0 <sup>a</sup>	2.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.1 <sup>a</sup>

<sup>a, b, c</sup>Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### IV.3.5 DISCUSIÓN

En el presente estudio no se encontraron diferencias en el porcentaje de ovejas que presentaron conducta estral, lo cual se atribuye a la efectividad de los progestágenos para inhibir la secreción de gonadotropinas, lo que evitó el crecimiento folicular, de tal forma que al retirar el tratamiento, se reinició el crecimiento folicular y el estro se presentó en la mayoría de las ovejas ([Hansel y Convey 1983](#); [Dogan et al., 2004](#)); estos resultados son similares a los reportados por diferentes estudios ([Quintero et al., 2011](#); [Ake et al., 2014](#); [Sosa et al., 2014](#)), donde reportan un porcentaje mayor al 90 % en la sincronización del estro en ovejas Pelibuey.

El tiempo al inicio del estro encontrado en este estudio difiere a lo reportado por [Fraire et al. \(2013\)](#) y [Sosa et al. \(2014\)](#) en ovejas tratadas con CIDR y CIDR más la aplicación de 300 UI de eCG 48 h antes de retirar el progestágeno. El menor tiempo observado al inicio del estro en los animales tratados con CIDR + eCG, y CIDR + nutrición focalizada comparado con ovejas sincronizadas con sólo progestágenos (CIDR), se sugiere que es debido al efecto de la ganodotropina exógena y la nutrición focalizada, para estimular el crecimiento folicular, lo cual incrementa las

concentraciones séricas de estradiol, dando como resultado un menor tiempo a la presentación del estro ([Scaramuzzi et al., 1999](#); [Martin et al., 2004](#); [Ake et al., 2014](#)).

Los porcentajes de fertilidad obtenidos en el presente estudio son superiores a los reportados por [Quintero et al. \(2011\)](#) y [Fraire et al. \(2013\)](#), lo cual puede ser causado por los dos servicios proporcionados a cada una de las ovejas, uno al momento de detectado el estro seguido de otro 12 h después, tal como lo mencionan [Salomon y Maxwell \(2000\)](#). La condición corporal de las ovejas en el presente estudio también pudo influir en los altos porcentajes de fertilidad, ya que una condición corporal (3.00 -3.75 unidades) de moderada a alta tiene un efecto en la tasa de gestación ([Viñoles et al., 2009](#)).

La mayor tasa ovulatoria obtenida en los grupos CIDR + eCG y CIDR + nutrición focalizada, se sugiere fue debido al efecto de la eCG, que al ser una gonadotropina exógena, provocó una hiperestimulación folicular y disminuyó la atresia folicular, lo cual incrementó el número de cuerpos lúteos ([Maurel et al., 2003](#)). A su vez, la suplementación con concentrados proteicos por periodos cortos de 3 a 5 días y en poca cantidad, puede inducir una respuesta reproductiva positiva en los ovinos, aumentando el número de ovulaciones ([Martin et al., 2004](#)); lo cual explica en parte, el incremento observado en el grupo CIDR y nutrición focalizada, donde se sugiere que la cantidad (90 g extra  $\text{dia}^{-1}$ ) de proteína proporcionada en el complemento, así como la proporción de esta proteína que escapa a la degradabilidad ruminal (36 g  $\text{dia}^{-1}$ ) y es digerida en intestino delgado, por efecto de los taninos presentes en esta fuente de proteína, lo cual favoreció la absorción intestinal de las proteínas, debido a la disminución de la proteólisis por parte de la microflora ruminal ([Otero e Hidalgo, 2004](#)).

Diversos estudios han mostrado el incremento en tasa ovulatoria, al aumentar la cantidad de proteína que escapa a la degradabilidad ruminal ([Luque et al., 2000](#); [Min et al., 2005](#); [Fernández et al., 2007](#)), debido a un mayor aporte de proteína que permite un aumento en el número de folículos reclutados ([Knight et al., 1981](#)).

Adicionalmente, suplementar durante siete días previos a la ovulación mejora la tasa ovulatoria (Luque *et al.*, 2000), de manera directa o mediante la modulación de la acción de las gonadotropinas en los ovarios (Min *et al.*, 2003). Asimismo, la nutrición proteica proporcionada por los concentrados proteicos, afecta la función ovárica, al modificar los niveles de la hormona de crecimiento y la insulina, las que podrían inducir cambios en la actividad intraovárica de los moduladores de FSH y el factor de crecimiento asociado a la insulina (IGF-1). Por otra parte, se sugiere que un aumento en la actividad de dicho factor incrementa la sensibilidad de la enzima aromatas a la FSH, produciendo mayor reclutamiento folicular y, en consecuencia, incrementos en la tasa ovulatoria (Viñoles, 2003; Fernández *et al.*, 2007).

El tamaño de camada depende fundamentalmente de la hembra y es modificado por la tasa ovulatoria, número de óvulos fertilizados y la sobrevivencia embrionaria lo que a su vez depende de factores: genéticos, como raza y variación individual; o ambientales, como el grado de nutrición antes y después del empadre, así como el uso de tratamientos hormonales (Rojas y Rodríguez 1995; Rubianes y Ungerfeld 2002), por lo que la mayor prolificidad observada en los grupos CIDR + eCG y CIDR + nutrición focalizada, es debido al uso de gonadotropinas exógenas y el manejo nutricional, mediante la “nutrición focalizada”, que estimulan el desarrollo folicular, aumentando el número de folículos que llegan a un tamaño preovulatorio, lo que permite aumentar la tasa ovulatoria (Luque *et al.*, 2000; Maurel *et al.* 2003; Min *et al.*, 2003).

Los valores de prolificidad reportados en este estudio, son diferentes a los reportados por Quintero *et al.* (2011), en animales tratados con eCG 48 h antes del retiro del progestágeno y por Fraire *et al.* (2013) en ovejas sincronizadas con sólo progestágeno y suplementadas durante el periodo de sincronización.

La fecundidad es un índice donde se conjuga la fertilidad y la prolificidad, es dependiente de éstos así como de factores que ejercen influencia sobre los mismos, por lo que la mayor fecundidad observada en los grupos CIDR+eCG y CIDR +

nutrición focalizada, se sugiere está relacionada al mayor porcentaje de fertilidad en estos grupos y al efecto de la administración de fármacos así como la alimentación focalizada, que modificaron la tasa ovulatoria e incidieron sobre la fecundidad (Rattray *et al.*, 1981).

#### **IV.3.6 CONCLUSIONES**

La nutrición focalizada con 500 g de harina de frutos de leguminosas tropicales (50% *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha*) durante siete días antes de retirar el progestágeno, redujo el tiempo al inicio del estro e incrementa la tasa ovulatoria y prolificidad de ovejas Pelibuey.

#### **IV.4 AMAMANTAMIENTO Y NUTRICIÓN FOCALIZADA CON FRUTOS DE LEGUMINOSAS TROPICALES (*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*) DURANTE EL ANESTRO POSTPARTO DE OVEJAS PELIBUEY.**

##### **IV.4.1 RESUMEN**

Se determinó el efecto de amamantamiento y la nutrición focalizada con frutos de leguminosas tropicales durante siete días, en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto y variables reproductivas en la oveja Pelibuey. Se utilizaron 86 ovejas adultas de la raza Pelibuey, con sus respectivas crías. Las ovejas y corderos se pesaron al parto y posteriormente cada semana; siete días después del parto, se asignaron aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos: amamantamiento continuo (Ac n=22); amamantamiento controlado por 30 minutos dos veces al día (AC n=21); amamantamiento continuo más nutrición focalizada (Ac+NF n=22) y amamantamiento controlado por 30 minutos dos veces al día más nutrición focalizada (AC+NF; n=21). En el día 26 postparto, se realizó la inducción del estro con la colocación de un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (CIDR®, P<sub>4</sub> 0.3 g), el cual permaneció por nueve días. Dos días después de la inserción del CIDR, se inició la complementación nutricional en los grupos AC+NF y Ac+NF, con 500 g oveja<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de una mezcla de frutos de leguminosas 50 % harina de frutos de *Chloroleucon mangense* y 50 % harina de frutos de *Acacia cochliacantha* por un periodo de 7 días. El peso de las ovejas se afectó por la interacción tratamiento por periodo postparto ( $p \leq 0.0001$ ), mientras que el peso de los corderos después del día 35 fue mayor ( $p < 0.05$ ) en crías con amamantamiento continuo respecto a los corderos con amamantamiento controlado. El porcentaje de ovulaciones en los primeros 28 días posparto fue mayor ( $p < 0.05$ ) en ovejas con amamantamiento controlado (47 %) que en animales con amamantamiento continuo (26 %). El inicio del estro fue menor en ovejas con AC+NF ( $31.9 \pm 1.9$  h), comparado con Ac ( $47.3 \pm 3.0$  h), AC ( $40.0 \pm 2.3$  h) y Ac+NF ( $39.6 \pm 2.4$  h). La tasa ovulatoria, prolificidad y fecundidad fue mayor ( $p < 0.05$ ) en animales con amamantamiento controlado y nutrición focalizada ( $2.5 \pm 0.6$ ;  $2.3 \pm 0.1$ ;  $2.0 \pm 0.2$ ,

respectivamente) que en las ovejas en amamantamiento continuo sin complementación nutricional ( $1.9\pm 0.3$ ;  $1.7\pm 0.1$ ;  $1.1\pm 0.2$ , respectivamente), mientras que la respuesta a la inducción y fertilidad fue similar ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos. El control del amamantamiento y la nutrición focalizada con harina de frutos de leguminosas tropicales (50% *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha*), reduce el tiempo al inicio del estro e incrementa la tasa ovulatoria, la prolificidad y fecundidad, por lo cual se sugiere como estrategia para mejorar las variables reproductivas en la oveja Pelibuey después del parto.

**PALABRAS CLAVE:** Pelibuey, Nutrición focalizada, Amamantamiento, Frutos de leguminosas

#### IV.4.2 INTRODUCCIÓN

El anestro postparto (APP) en ovejas disminuye la respuesta reproductiva e incrementa la pérdida económica en los productores ([Pérez-Hernández et al., 2002](#)). Durante este periodo se presenta una inactividad ovárica y su duración depende de varios factores como: raza, época de parto, condición corporal al momento del parto, nutrición y amamantamiento ([Wise et al., 1986](#)). Tomando como base esta problemática, se han realizado varios estudios para implementar estrategias acordes con el ambiente e incrementen la productividad de las unidades de producción.

El amamantamiento es uno de los factores que potencializa la inhibición de la secreción pulsátil de GnRH/LH con la subsecuente falta de maduración folicular ([Rhodes et al., 2003](#)), lo que prolonga el intervalo parto-primera ovulación; al respecto, la restricción del amamantamiento a periodos cortos del día se plantea como una alternativa de manejo para acortar este periodo en las ovejas ([Morales-Terán et al., 2004](#); [Camacho-Ronquillo et al., 2008](#)). Otra alternativa para reducir el APP es la nutrición, pero el elevado costo del alimento concentrado, ha motivado el estudio de la suplementación por periodos cortos para cada evento del proceso

reproductivo ([Martin et al., 2009](#)), así como la utilización de nuevos productos como el uso de frutos de leguminosas forrajeras ([Palma, 2006](#)).

Algunos frutos de la selva baja caducifolia como *Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*, pueden ser una alternativa como fuente complementaria de proteína para incrementar las variables reproductivas en rumiantes, por su alto contenido de proteína, así como de compuestos secundarios que pueden modificar la velocidad de degradación de los nutrientes a través del tracto digestivo y modificar la frecuencia pulsátil de GnRH en el hipotálamo, o bien actuar directamente en el ovario, modificando el comportamiento reproductivo en los pequeños rumiantes ([Lucy et al., 1992](#); [Getachew et al., 2000](#); [Pirela et al., 2010](#)). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto conjunto del amamantamiento y la nutrición focalizada con frutos de leguminosas tropicales durante siete días, en el restablecimiento de la actividad ovárica postparto y variables reproductivas en la oveja Pelibuey.

#### **IV.4.3 MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **IV.4.3.1 Localización**

El estudio se realizó durante los meses de octubre del 2013 a marzo del 2014, en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Postgraduados ubicado a 98° 53' O y 19° 29' N y 2240 msnm.

##### **IV.4.3.2 Animales y alimentación**

Se utilizaron 86 ovejas adultas de la raza Pelibuey, con  $4.0 \pm 0.32$  años de edad, una condición corporal de 3.5 ([Russel, 1984](#)) y un peso al parto de  $56 \pm 3.66$  kg, con sus respectivas crías provenientes de partos simples, dobles y triples. Las ovejas consumieron  $2.0 \text{ kg oveja}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de una dieta integral con el objetivo de cubrir sus requerimientos nutricionales (12 % PC, 40 % FDA, 51 % FDN, 2.3 % EE y 9 % Cenizas) de heno de avena y concentrado comercial (Borrega plus: Alimentos Unión

Tepexpan®) con una relación 70 y 30 %, respectivamente. Las ovejas de los grupos con nutrición focalizada recibieron 500 g día<sup>-1</sup> de una mezcla en base húmeda con frutos triturados a un tamaño de partícula de 1 a 4 milímetros, compuesta de 50 % *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha* (18 % de PC de la cual el 76.2 % escapa a la degradación ruminal y 39.7 % es degradada en intestino delgado, 51 % FDN, 37 % FDA, 0.89 % EE, Taninos totales 29 mg g<sup>-1</sup> y Taninos ligados a la proteína 19 mg g<sup>-1</sup>).

#### **IV.4.3.3 Tratamientos**

Las ovejas y corderos se pesaron al nacimiento y posteriormente cada semana; siete días después del parto, se asignaron aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos: amamantamiento continuo (Ac n=22); amamantamiento controlado por 30 minutos dos veces al día (AC n=21); amamantamiento continuo más nutrición focalizada por siete días con harina de frutos de leguminosas tropicales (Ac+NF n=22) y amamantamiento controlado por 30 minutos dos veces al día más nutrición focalizada por siete días con harina de frutos de leguminosas tropicales (AC+NF; n=21).

#### **IV.4.3.4 Restablecimiento de la actividad ovárica**

Para determinar el restablecimiento de la actividad ovárica, del día 7 al 26 postparto se tomaron muestras de sangre a todas las ovejas, vía punción de la vena yugular. La recolección de muestras se realizó dos veces por semana e inmediatamente las muestras de sangre se centrifugaron a 693 g durante 20 min (2500 rpm en centrifuga Solbat® C-600) para extraer el suero y conservarlo a -20 °C hasta el día del análisis. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Reproducción Animal del CENID, Microbiología INIFAP, con el objetivo de cuantificar la progesterona (P<sub>4</sub>) utilizando kits para radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida (Coat-a-Count®, Siemens, CA, USA) con una sensibilidad del análisis de 0.05 ng mL<sup>-1</sup> y coeficiente de variación intra e inter ensayo de 3.9 % y 4.4 %, respectivamente.

#### **IV.4.3.5 Protocolo de inducción de estros**

En el día 26 postparto se realizó la inducción del estro con la colocación de un dispositivo intravaginal impregnado con progesterona (CIDR®, P<sub>4</sub> 0.3 g) a cada una de las ovejas, el cual permaneció por nueve días. Dos días después de la inserción del CIDR, se inició la nutrición focalizada en los grupos AC+NF y Ac+NF, con 500 g oveja<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de una mezcla de frutos de leguminosas 50 % harina de frutos de *Chloroleucon mangense* y 50 % harina de frutos de *Acacia cochliacantha* por un periodo de 7 días. A todas las ovejas se les administró 1 mL de prostaglandina F<sub>2α</sub> (5 mg de dinoprost, Lutalyse®) vía intramuscular 48 h antes del retiro del progestágeno.

#### **IV.4.3.6 Variables de estudio**

Las variables respuesta estudiadas fueron: Cambio de peso corporal en ovejas y corderos; Reinicio de la actividad ovárica, porcentaje de ovejas que ovularon antes de los 26 días posparto, considerándose que una oveja restableció su actividad ovárica cuando dos muestras sanguíneas consecutivas tuvieron 0.5 ng mL<sup>-1</sup>, o hubo más de 1 ng mL<sup>-1</sup> de progesterona en una sola muestra; Respuesta al tratamiento, ovejas que presentaron manifestaciones externas de estro; Inicio del estro, considerada como el tiempo transcurrido en horas (h) después de retirado el CIDR hasta el momento en que las ovejas presentaron manifestaciones de estro a la presencia del carnero; Tasa ovulatoria, número de cuerpos lúteos presentes en la superficie de los dos ovarios en cada una de las ovejas; Fertilidad, número de ovejas gestantes entre número de ovejas inseminadas expresado en porcentaje; Prolificidad, número de corderos nacidos entre número de ovejas paridas; y Fecundidad, número de corderos nacidos entre número de ovejas expuestas a cada tratamiento.

La detección de estros se realizó cada cuatro horas con un carnero provisto de mandil, iniciándose a las cuatro horas posteriores al retiro del progestágeno. Las ovejas que presentaron manifestaciones de estro, se separaron e inseminaron por

monta natural, con un posterior repaso, doce horas después de la primera inseminación. La tasa ovulatoria se cuantificó nueve días posteriores a las manifestaciones externas de estro en las ovejas, por medio de ecografía, utilizando un equipo Medison-Sonovet PICO, con sonda transrectal de 7.5 mHz. La fertilidad se determinó por ultrasonido con un equipo Medison-Sonovet PICO, con sonda de 3.5 mHz a los 45 días posteriores a la inseminación. La prolificidad y fecundidad se determinaron al momento del parto contabilizando el número de corderos nacidos por oveja

#### **IV.4.3.7 Análisis estadístico**

Los cambios de peso corporal de ovejas y corderos se analizaron por mediciones repetidas, utilizando el procedimiento MIXED del SAS. El análisis de las variables inicio a estro, prolificidad y fecundidad, se realizó con el método de curvas de sobrevivencia LOG-RANK, mediante el procedimiento LIFE TEST y la comparación de medias por el método de Bonferroni. Las variaciones en tasa ovulatoria se evaluaron mediante un Procedimiento GENMOD. La respuesta al tratamiento, reinicio de la actividad ovárica, y % de gestación, se analizaron mediante el modelo de regresión logística utilizando el procedimiento LOGISTIC. Los análisis estadísticos se realizaron usando el programa estadístico SAS (2011).

### **IV.4.4 RESULTADOS**

#### **IV.4.4.1 Cambio de peso corporal en ovejas y corderos**

El peso corporal de las ovejas se afectó por la interacción tratamiento por periodo postparto ( $p \leq 0.0001$ ), observando que las ovejas en ambos tratamientos presentaron su mayor ( $p < 0.05$ ) peso el día 21 postparto (Cuadro 8), con un posterior descenso en los animales con amamantamiento continuo, mientras que las ovejas con amamantamiento controlado incrementaron su peso al final del periodo de estudio.

Cuadro 8. Peso corporal promedio (kg) de ovejas Pelibuey con: Amamantamiento continuo (Ac) y amamantamiento controlado (AC).

Tratamiento	n	Parto	Días postparto									EE
			7	14	21	28	35	42	49	56	63	
Ac	44	56.0 <sup>cd</sup>	55.1 <sup>d</sup>	57.1 <sup>ab</sup>	57.5 <sup>a</sup>	57.1 <sup>ab</sup>	56.2 <sup>bc</sup>	56.0 <sup>cd</sup>	55.1 <sup>d</sup>	55.6 <sup>cd</sup>	55.2 <sup>cd</sup>	0.52
AC	42	57.3 <sup>e</sup>	58.5 <sup>cd</sup>	58.7 <sup>bcd</sup>	59.8 <sup>a</sup>	59.7 <sup>ab</sup>	58.0 <sup>de</sup>	58.1 <sup>de</sup>	58.8 <sup>abcd</sup>	59.0 <sup>abcd</sup>	59.4 <sup>abc</sup>	0.53

n = Número de hembras en cada tratamiento

a, b, c, d, e Valores con distinta literal en una misma fila son diferentes ( $p < 0.05$ ).

EE = Error estándar

Durante los primeros 35 d, el peso de los corderos fue similar ( $p > 0.05$ ) entre ambos tratamientos, posteriormente los de amamantamiento continuo fueron más pesado ( $p < 0.05$ ) con respecto a los de amamantamiento controlado, de tal manera que a los 63 días los corderos con Ac pesaron 2.05 kg más que los de AC (Figura 5).

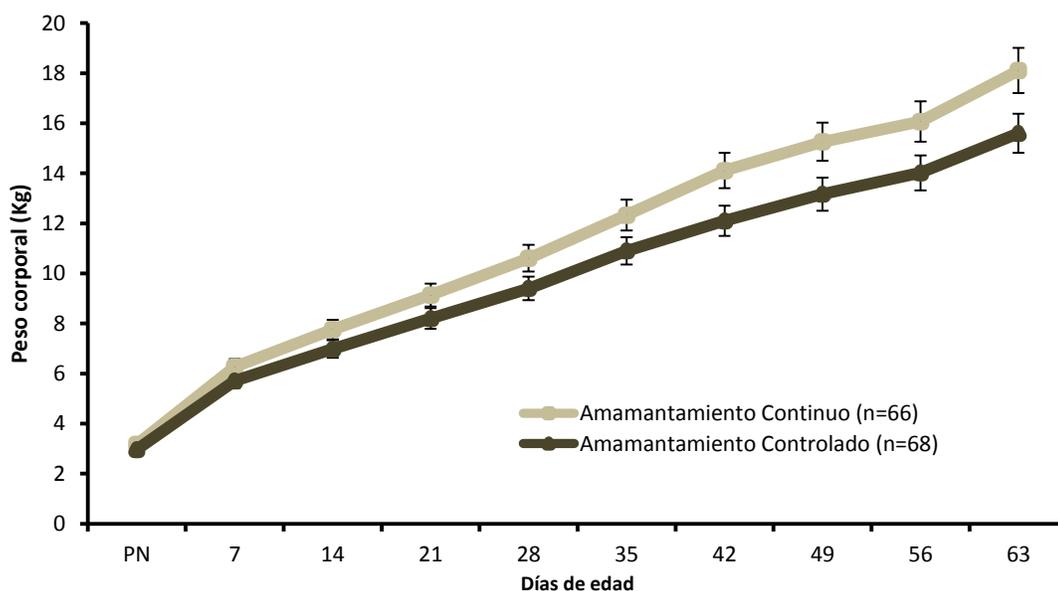


Figura 5. Peso corporal (kg) en corderos de pelo, con amamantamiento continuo (24 h) o controlado (dos veces al día, durante 30 minutos).

#### IV.4.4.2 Reinicio de la actividad ovárica postparto

El porcentaje de ovejas que ovularon antes de los 26 días postparto fue mayor ( $p < 0.05$ ) en el grupo con amamantamiento controlado con respecto a las ovejas de amamantamiento continuo (Figura 6).

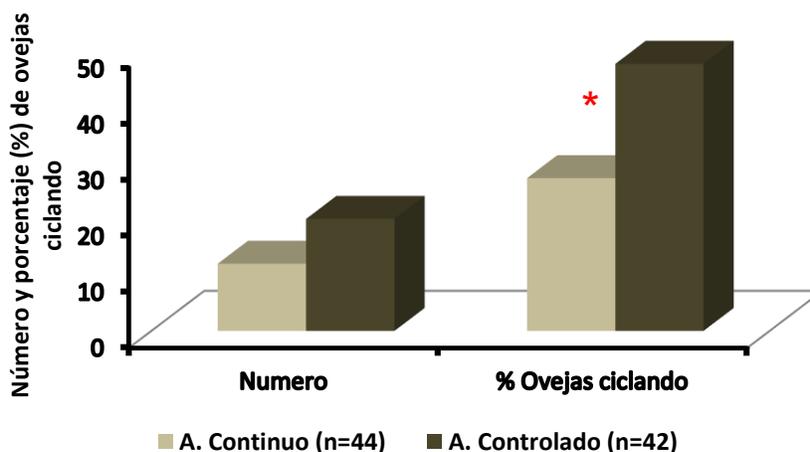


Figura 6. Número y porcentaje de ovejas ovulando antes de los 26 días postparto en ovejas con amamantamiento continuo (24 h) o controlado (dos veces al día, durante 30 min). \*  $P < 0.05$ .

#### IV.4.4.3 Inducción e inicio del estro

La respuesta al tratamiento para la inducción del estro fue del 100 % en ambos tratamientos ( $p > 0.05$ ). La nutrición focalizada con frutos de leguminosas tropicales y el amamantamiento controlado (AC+NF) disminuyeron ( $p < 0.05$ ) el tiempo (h) al inicio del estro comparado con las ovejas de amamantamiento controlado (AC) y amamantamiento continuo más la nutrición focalizada con frutos de leguminosas tropicales (Ac+NF), siendo estas diferentes ( $p < 0.05$ ) a las ovejas de amamantamiento continuo (Ac) (Cuadro 9). Las curvas de sobrevivencia con los estimadores de Kaplan-Meier para los tiempos al inicio del estro de las ovejas mostraron una mayor agrupación de estros en el tratamiento AC+NF con el 100% de las ovejas con manifestaciones externas de estro antes de las 42 horas, mientras

el 100% de las ovejas con Ac presentaron estro hasta las 68 horas, con una mayor dispersión (Figura 7).

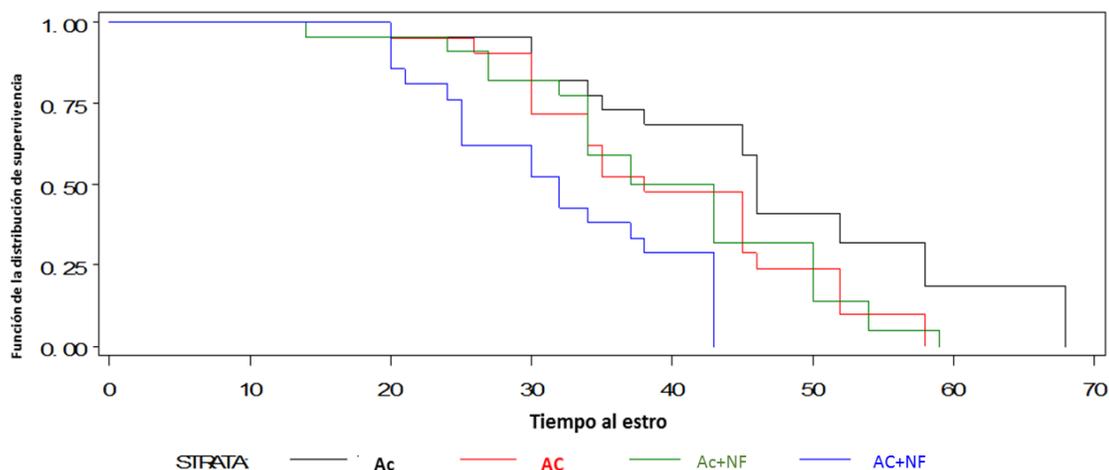


Figura 7. Curva de supervivencia para la hora de inicio del estro después de retirar el progestágeno, en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo (Ac) o controlado (AC) con o sin nutrición focalizada (NF) por 7 días con 500 g de frutos de leguminosas tropicales.

#### IV.4.4.4 Tasa ovulatoria y fertilidad

La tasa ovulatoria fue mayor ( $p < 0.05$ ) en las ovejas con AC+NF con respecto a ovejas en Ac, mientras que la fertilidad fue similar ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos con valores superiores al 61 % (Cuadro 9).

#### IV.4.4.5 Prolificidad y fecundidad

La prolificidad y fecundidad fue superior ( $p < 0.05$ ) en el grupo de animales de amamantamiento controlado y nutrición focalizada que en las ovejas de amamantamiento continuo (Cuadro 9).

Cuadro 9. Variables reproductivas en ovejas Pelibuey con amamantamiento continuo (Ac) o controlado (AC) con o sin nutrición focalizada (NF) por 7 días con 500 g de frutos de leguminosas tropicales.

Variable	Tratamiento			
	Ac	AC	Ac+NF	AC+NF
(n)	22	21	22	21
Respuesta a tratamiento (%)	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
Inicio del estro (h)	47.3 ± 3.0 <sup>c</sup>	40.0 ± 2.3 <sup>b</sup>	39.6 ± 2.4 <sup>b</sup>	31.9 ± 1.9 <sup>a</sup>
Tasa ovulatoria	1.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.8 <sup>ab</sup>	2.5 ± 0.9 <sup>ab</sup>	2.5 ± 0.6 <sup>b</sup>
Fertilidad (%)	63.6 <sup>a</sup>	61.9 <sup>a</sup>	81.8 <sup>a</sup>	85.7 <sup>a</sup>
Prolificidad	1.7 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.9 ± 0.1 <sup>bc</sup>	2.2 ± 0.1 <sup>ab</sup>	2.3 ± 0.1 <sup>a</sup>
Fecundidad	1.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	1.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	1.8 ± 0.2 <sup>a</sup>	2.0 ± 0.2 <sup>a</sup>

<sup>a, b, c</sup>Valores con distinta literal en una misma fila son diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### IV.4.5 DISCUSIÓN

Los cambios de peso vivo en las ovejas durante el periodo posparto son similares a lo reportado por [Morales-Terán et al. \(2004\)](#) y [Morales-Terán et al. \(2011\)](#) donde el grupo de amamantamiento continuo pierde peso conforme avanza el tiempo, debido a la movilización de reservas corporales para cubrir la demanda de nutrientes por una mayor síntesis de leche a causa de la succión continua del cordero ([Pérez-Hernández et al., 2009](#)). A su vez, en el grupo de amamantamiento controlado, la demanda de nutrientes disminuye al controlar el contacto de las ovejas con sus crías durante 30 minutos, dos veces al día, permitiendo que las ovejas recuperen peso después de presentarse el pico de lactancia (21 a 28 días), momento donde existe la mayor demanda de nutrientes ([Pond et al., 1995](#); [Morales-Terán et al., 2011](#)).

El mayor peso en los corderos de amamantamiento continuo, se sugiere es debido a que en la etapa predestete, el peso de los corderos depende de la habilidad del cordero para empezar a consumir alimento sólido y a la cantidad de leche

consumida, por lo que una limitante en el consumo de esta puede verse reflejada en su desempeño productivo (Macedo y Arredondo, 2008). En este estudio los pesos al destete de los corderos a los 63 días, fueron de 18 y 16 kg para el grupo de amamantamiento continuo y controlado, respectivamente, valores que son similares a los reportados por Castillo-Maldonado *et al.* (2013), pero difieren a los mencionados por Morales-Terán *et al.* (2004), Pérez-Hernández *et al.* (2009) y Morales-Terán *et al.* (2011).

El mayor número de ovejas con reinicio de la actividad ovárica antes de los 26 días posparto, son superiores a los reportados por Morales-Terán *et al.* (2004), Pérez-Hernández *et al.* (2009), Morales-Terán *et al.* (2011) y Castillo-Maldonado *et al.* (2013), lo cual es debido a que en los primeros 26 días posparto las ovejas con las dos modalidades de amamantamiento (controlado y continuo) presentaron un balance energético positivo, sugerencia que se apoya por su ganancia de peso y su condición corporal que fue aceptable al momento del parto (3.5 CC.), reduciendo el intervalo parto primera ovulación (Gonzales-Stagnaro, 1993). A su vez, el mayor número de ovejas ciclando (antes de los 26 días posparto) en las ovejas con amamantamiento controlado, puede ser debido a la restricción del amamantamiento a dos veces al día durante 30 minutos, ya que se ha observado que las ovejas con amamantamiento controlado tienen un menor efecto inhibitorio del amamantamiento reduciendo así el intervalo parto primera ovulación (Arroyo *et al.*, 2009), mientras que las ovejas con amamantamiento continuo, el mayor tiempo anovulatorio se atribuye al bloqueo del pulso generador de GnRH, a la supresión en la secreción pulsátil de LH, con la subsecuente falta de maduración folicular (Rhodes *et al.*, 2003).

La suplementación con proteína no degradable en el rumen puede ser una estrategia durante el postparto para mejorar los resultados reproductivos en rumiantes (Engel *et al.*, 2008), pudiéndose atribuir estos resultados a procesos metabólicos y señales endocrinas (Kane *et al.*, 2002), que pueden producir cambios en las funciones del eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Kane *et al.*, 2004); tal como se

observó en este estudio al presentar mejores tiempos y agrupación del estro en animales que fueron alimentados con harina de frutos de leguminosas tropicales (18 % de PC y de esta el 76.2 % escapa a la degradación ruminal), ya que al proporcionar concentrados proteicos, se incrementa las concentraciones plasmáticas de glucosa, insulina y leptina, las cuales son señales metabólicas que pueden recuperar folículos en atresia e iniciar la estimulación de los folículos a las gonadotropinas y promover la selección de más folículos (> 4 mm) que pueden llegar a un tamaño preovulatorio (Viñoles *et al.*, 2005; Viñoles *et al.*, 2009), y así repercutir directamente en la concentración de estradiol circulante, dando como resultado un menor tiempo a la presentación del estro (Scaramuzzi *et al.*, 1999).

La mayor tasa ovulatoria en las ovejas en los grupos de nutrición focalizada Ac+NF y AC+NF, puede ser debido a que el alimento ofrecido durante los siete días previos a la ovulación favoreció los factores que modifican la tasa ovulatoria (Luque *et al.*, 2001). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Viñoles *et al.* (2009), quienes mencionan que la suplementación de ovejas con concentrados proteicos, por períodos cortos (7-10 días) y en poca cantidad (3.5 a 4 kg por animal en total) es una alternativa que mejora la tasa ovulatoria. Mientras que el efecto del amamantamiento en las ovejas de Ac, afecta el funcionamiento del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas, al inhibirse la secreción de GnRH y LH por efecto de los opioides endógenos y el efecto negativo del estradiol (Pérez-Hernández *et al.*, 2002; Rhodes *et al.*, 2003), afectando el número de folículos que pueden llegar a la ovulación (Pérez-Hernández *et al.*, 2009). A su vez, en ovejas con amamantamiento controlado, se favorece el reinicio de la actividad ovárica (Morales-Teran *et al.*, 2004), tal como se observó en este estudio, incrementando la cantidad de folículos que pueden alcanzar un diámetro preovulatorio y la posibilidad de mejorar el número de folículos disponibles para ovular, esto por el restablecimiento de la secreción pulsátil de LH a causa de la restricción del amamantamiento (Schirar *et al.*, 1990).

La fertilidad en el presente estudio presenta una tendencia similar a lo reportado por Fernández *et al.* (2007), quienes observaron un incremento en la fertilidad en ovejas

con mayor consumo de proteína, lo cual está relacionado con mayor reclutamiento folicular, mayor tasa ovulatoria y una tendencia a aumentar el porcentaje de preñez.

La mayor prolificidad y fecundidad de las ovejas en Ac+NF y AC+NF se sugiere a un mayor porcentaje de fertilidad, favorecido por la nutrición focalizada con concentrados proteicos por periodos cortos para aumentar el número de ovulaciones (Martin *et al.*, 2004); en el presente estudio la cantidad (90 g extra día<sup>-1</sup>) de proteína proporcionada en el complemento, así como la proporción de esta proteína que escapa a la degradabilidad ruminal (36 g día<sup>-1</sup>) y que es digerida en intestino delgado, por efecto de los taninos presentes en esta fuente de proteína, favoreció la absorción intestinal de las proteínas, lo que produjo mayor reclutamiento folicular, incremento en la tasa ovulatoria y ovocitos con capacidad para ser fecundados, aumentando el número de corderos al parto (Fernández *et al.*, 2007; Cansino *et al.*, 2009).

#### **IV.4.6 CONCLUSIONES**

El control del amamantamiento y la nutrición focalizada con frutos de leguminosas tropicales (50 % *Chloroleucon mangense* y 50 % *Acacia cochliacantha*) durante siete días, reduce el tiempo al inicio del estro e incrementa la tasa ovulatoria, la prolificidad y fecundidad, por lo cual se sugiere que esta estrategia puede mejorar las variables reproductivas en la oveja Pelibuey después del parto.

## V. DISCUSIÓN GENERAL

Algunos frutos de árboles de la selva baja caducifolia pueden ser utilizados como alimentos alternativos para mejorar la respuesta productiva de los rumiantes (Pirela *et al.*, 2010). Al respecto, la mezcla de frutos (50 – 50 %) *C. mangense* y de *A. cochliacantha*, es una alternativa como complemento nutricional, debido a su gran aceptabilidad, y aporte de nutrientes, ya que su contenido de proteína cruda, es superior a los requerimientos nutricionales de mantenimiento en ovinos (NRC 2007; García *et al.*, 2011; Cervantes–Marín *et al.*, 2015), aunado a esto el 39 % de esta proteína es degradada en intestino delgado. Este porcentaje de proteína que se degrada en intestino delgado, puede atribuirse a que al utilizar plantas forrajeras con niveles altos de taninos, mezcladas con especies altas en nitrógeno soluble, se mejora el uso del nitrógeno por los rumiantes, reduciendo la degradación de proteína soluble en rumen (Otero e Hidalgo, 2004; Carmona, 2007), tal como se observó en la mezcla (50 – 50 %) de *C. mangense* / *A. cochliacantha*, donde la acción que ejercen los taninos concentrados en *A. cochliacantha*, con el nitrógeno soluble presente en *C. mangense*, permiten un mejor uso del nitrógeno, reduciendo la degradación de proteína e incrementan el flujo y la absorción de nitrógeno amoniacal y aminoácidos esenciales en el intestino delgado (Min *et al.*, 2003; Min *et al.*, 2005; McSweeney *et al.*, 2008).

La nutrición focalizada con 500 gramos por animal día<sup>-1</sup> de la mezcla de *C. mangense* y *A. cochliacantha* (50 – 50 %), durante 7 días en un protocolo de sincronización a base de progestágenos en el comportamiento reproductivo de ovejas Pelibuey, ha permitido en hembras cíclicas modificar el desarrollo folicular. Diversos estudios han demostrado el efecto de la suplementación con concentrados proteicos con incrementos en la población de folículos grandes sin afectar la población de folículos pequeños y medianos (Scaramuzzi *et al.*, 2006).

El incremento en la cantidad de folículos grandes en animales que consumieron frutos de leguminosas tropicales, se debe a que en ovinos las poblaciones foliculares son muy sensibles a la entrada de nutrientes, por lo que la foliculogénesis

puede incrementarse por medio de la nutrición (Martin *et al.*, 2004). Al suplementar con concentrados proteicos, se genera un incremento en las concentraciones plasmáticas de glucosa, insulina y leptina, las cuales son señales metabólicas que pueden recuperar folículos en atresia e iniciar la estimulación de los folículos a las gonadotropinas y promover la selección de más folículos (> 4 mm) que pueden llegar a un tamaño preovulatorio (Viñoles *et al.*, 2005; Viñoles *et al.*, 2009). Este incremento en la población de folículos mayores a 4 mm en las ovejas que recibieron el complemento nutricional a base de frutos de leguminosas tropicales, puede repercutir directamente en la concentración de estradiol circulante y, por consecuencia, en el tiempo al inicio al estro, así como en la duración de los signos de estro, debido a la participación de estradiol y GnRH en el control de la conducta estral (Caraty *et al.*, 2002; Camacho *et al.*, 2008; De la isla *et al.*, 2010). Lo anterior, se observó en hembras cíclicas que recibieron una nutrición focalizada, donde se mejoró los tiempos al inicio y la agrupación del estro, con respecto a animales tratados con solo progestágenos. A su vez, en ovejas en anestro postparto con amamantamiento controlado, este efecto de la nutrición en el tiempo al inicio del estro se pudo favorecer con el manejo del amamantamiento, ya que al restringirlo a sólo 30 minutos dos veces al día, se favorece el reinicio de la actividad ovárica, al restablecerse la secreción pulsátil de LH e incrementar la cantidad de folículos que pueden alcanzar un diámetro preovulatorio (Morales-Teran *et al.* 2004; Morales-Teran *et al.* 2011) y, por consiguiente mayores concentraciones de estradiol circulante que aumentan la conducta estral (Camacho *et al.*, 2008; De la isla *et al.*, 2010).

La tasa ovulatoria en pequeños rumiantes se ha mejorado mediante la suplementación con concentrados proteicos por periodos cortos y en poca cantidad (Martin *et al.*, 2004), por lo que el incremento en tasa ovulatoria en los grupos de animales de hembras cíclicas y en anestro posparto donde se realizó la nutrición focalizada con la mezcla de *C. mangense* y *A. cochliacantha*, puede ser debido a la cantidad de proteína que se proporcionó en el complemento (90 g extra dia<sup>-1</sup>), así como la proporción de esta proteína que escapa a la degradabilidad ruminal (36 g

día<sup>-1</sup>). Diversos estudios han mostrado el incremento en tasa ovulatoria, al aumentar la cantidad de proteína que escapa a la degradabilidad ruminal (Luque *et al.*, 2000; Min *et al.*, 2005; Fernández *et al.*, 2007), debido a un mayor aporte de proteína que aumenta el número de folículos reclutados (Knight *et al.*, 1981). Aunado a esto se ha reportado, que al suplementar durante siete días previos a la ovulación, se mejora la tasa ovulatoria (Luque *et al.*, 2000), ya sea directamente o mediante la modulación de la acción de las gonadotropinas en los ovarios (Min *et al.*, 2003). Asimismo, la nutrición proteica proporcionada por la suplementación de concentrados, puede afectar la función ovárica, al modificar los niveles de la hormona de crecimiento y la insulina, las que podrían inducir cambios en la actividad intraovárica de los moduladores de FSH y el factor de crecimiento asociado a la insulina (IGF-1). Un aumento en la actividad de dicho factor ocasionaría un incremento en la sensibilidad de la enzima aromatasa a la FSH, produciendo mayor reclutamiento folicular y en consecuencia incrementos en tasa ovulatoria (Viñoles, 2003; Fernández *et al.*, 2007). A su vez, esta mayor presencia de cuerpos lúteos que presentaron los animales con nutrición focalizada con frutos de leguminosas tropicales puede correlacionarse con las mayores concentraciones de progesterona plasmática en sangre en los días 7 y 8 después de que las ovejas presentaron manifestaciones externas de estro, ya que diversos estudios (Pearce y Robinson, 1985; Oyedipe *et al.*, 1989; Uribe-Velásquez *et al.*, 2007; Ake-López *et al.*, 2013) han reportado una correlación positiva con el incremento en tasa ovulatoria y la concentración plasmática de progesterona.

La mayor prolificidad y fecundidad de las ovejas cíclicas como en anestro posparto alimentadas con la mezcla de frutos de *C. mangense* y *A. cochliacantha*, se puede atribuir a una mayor fertilidad (15 a 20 %, respectivamente), que presentaron estos grupos. Así como un mayor número de ovulación, favorecido por la complementación proteica (Martin *et al.*, 2004). Lo anterior sugiere que la suplementación proteica produce mayor reclutamiento folicular, incrementa la tasa ovulatoria y ovocitos con capacidad para ser fecundados, aumentando el número de corderos al parto (Fernández *et al.*, 2007; Cansino *et al.*, 2009).

## VI. CONCLUSIONES GENERALES

La mezcla *C. mangense* y de *A. cochliacantha* (50 – 50 %) pueden ser una alternativa como alimento para mejorar el valor nutritivo de dietas en pequeños rumiantes, debido a que al mezclar una especie con niveles altos de taninos (*A. cochliacantha*), con especies altas en nitrógeno soluble (*C. mangense*), se reduce la degradación de proteína soluble en rumen, como consecuencia de que los taninos afectan la tasa de fermentación en el rumen reduciendo la degradación de proteína e incrementando el flujo y la absorción de nitrógeno amoniacal y aminoácidos esenciales en el intestino delgado, por lo que su inclusión en dietas para pequeños rumiantes, puede mejorar las variables productivas y reproductivas en ovinos.

La nutrición focalizada con 500 g de la mezcla *C. mangense* y de *A. cochliacantha* (50 – 50 %), permite mejorar las variables reproductivas en hembras cíclicas de la raza Pelibuey sincronizadas con progestágenos, al incrementar la población de folículos mayores a 4 mm, incidiendo en la reducción al tiempo de inicio del estro, así como su duración. A su vez, la complementación nutricional con frutos de leguminosas tropicales permite incrementar la concentración de progesterona plasmática en los días 7 y 8 después de las manifestaciones externas de estro, así como la tasa ovulatoria y por consiguiente, la cantidad de ovocitos con capacidad para ser fecundados, aumentando el número de corderos al parto lo cual pudo mejorar la prolificidad y fecundidad en las hembras suplementadas.

El uso del amamantamiento controlado más la nutrición focalizada con 500 g de la mezcla *C. mangense* y de *A. cochliacantha* (50 – 50 %), permite mejorar los índices reproductivos de hembras Pelibuey durante el anestro postparto (día 25 APP), debido a que al controlar el amamantamiento se favorece el reinicio de la actividad ovárica y la combinación con la complementación con alimentos proteicos alternativos como los frutos de leguminosa tropicales, mejora la foliculogénesis y tasa ovulatoria, así como prolificidad y fecundidad en ovejas en anestro postparto.

## VII. LITERATURA CITADA

- Abecia, J. A., F. Forcada, and J.M. Lozano 1999. Preliminary report on the effect of dietary energy on prostaglandin F2 $\alpha$  production in vitro, interferon-tau synthesis by the conceptus, endometrial progesterone concentration on days 9 and 15 of pregnancy and associated rates of embryo wastage in ewe. *Theriogenology* 52(7): 1203-1213.
- Abecia, J. A., M. F. Lozano, F. Forcada, and L. Zarazaga. 1997. Effect of level of dietary energy and protein on embryo survival and progesterone production on day eight of pregnancy in Rasa Aragonesa ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 48: 209-218.
- Aké L. J. R., F. G. Centurión C., J. G. Magaña M., y J. R. Aké V. 2014. Efecto del progestágeno y la dosis de gonadotropina coriónica equina en la sincronización del estro y tasa de gestación en ovejas Pelibuey inseminada por laparoscopia. *Ecosistema y Recursos Agropecuarios* 1(5):261-268.
- Aké-López, J. R., G. De la Isla- Herrera, J. G. Magaña-Monforte, J. C. Segura-Correa, F. G. Centurión-Castro y G R. Cansino-Arroyo. 2013. Effect of body condition on estrus cycle, ovarian activity and corpus luteum function of Pelibuey ewes. *Livest. Res. Rural Dev.* 25:195.
- Alonso, D. M., J. F Torres, C. A. Sandoval, A. J. Aguilar, and H. Hoste. 2008. *In vitro* larval migration and kinetics of exsheathment of *Haemonchus contortus* larvae exposed to four tropical tanniniferous plant extracts. *Vet. Parasit.* 153: 313-319.
- Alvarez M. G., L. Melgarejo V., y Y. Castañeda. 2003. Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con frutos (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza. *Vet. Mex.* 34 (1): 39-46.
- Andrabi, S., M., M.M. Ritchie, C. Stimson, A. Horadagoda, M. Hyde, and D.M. McNeill. 2005. In vivo assessment of the ability of condensed tannins to interfere with the digestibility of plant protein in sheep. *Anim. Feed Sci. Tech.* 122: 13-27.
- AOAC. Association of Analytical Chemist. 1997. Official Methods of Analysis. 16th Edition, Vol. 1. Washington D.C. U.S.A.

- Arroyo J., H. Magaña-Sevilla, y M. A. Camacho-Escobar. 2009. Regulación neuroendocrina del anestro posparto en la oveja. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 10 (3): 301-312.
- Arteaga C., J. de D. 2000. Problemática de la ovinocultura en México. Memorias del V curso: bases de la cría ovina; Texcoco Edo. De México: Asociación Mexicana de Técnicos y Especialistas en Ovinocultura, AC 124-127.
- Baldi F., G. Banchemo, J. Mieres, A. La Manna, E. Fernández, D. Formoso y F. Montossi. 2008. Suplementación en Invernada Intensiva: Hasta donde hemos llegado? *Revista INIA Uruguay*, pp. 2-7.
- Banchemo, G. E., J. T. Milton, D. R. Lindsay, G. B. Martin, and G. Quintans. 2015. Colostrum production in ewes: a review of the regulation mechanisms and of energy supply. *Animal* 9: 831-837.
- Baquero L. A., A. Becerra, B. Roncallo, y E. Silva. 1999. Suplementación de vacas doble propósito con frutos de algarobillo (*Pithecellobium saman*) durante el verano. IV Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. Fundación CIPAV, Cali, Octubre 28-30.
- Barahona, R., C. E. Lascano, N. Narvaez, E. Owen, P. Morris, and M. Theodorou. 2003. *In vitro* degradability of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. *J. Sci Food Agric.* 83: 1256-1266.
- Barahona, R., C. E. Lascano, R. Cochran, J. Morrill, and E. C. Titgemeyer. 1997. Intake, digestion and nitrogen utilization by sheep fed tropical legumes with contrasting tannin concentration and astringency. *J. Anim. Sci.* 75(6):1633-1640.
- Barry, T. N., and T. R. Manley. 1984. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 2. Quantitative digestion of carbohydrates and proteins. *Br. J. Nutr.* 51(3): 493-504.
- Beltrán, I., and D. Alomar. 2011. Undernutrition during early gestation in sheep: long term impact on the offspring. *Agro. Sur.* 39(3): 115-124

- Blache, D., S. Zhang, and G. B. Martin. 2006. Dynamic and integrative aspects of the regulation of reproduction by metabolic status in male sheep. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 379-390.
- Blache, D., R. L. Tellam, L. M. Chagas, M. A. Blackberry, P.E. Vercoe, and G. B. Martin. 2000. Level of nutrition affects leptin concentrations in plasma and cerebrospinal fluid in sheep. *J. Endocrinol.* 165: 625-637.
- Bruno G., M., M. Cueto, R. de la Sota, I. Lacau, y A. Gibbons. 2014. Estado nutricional materno y su incidencia sobre las pérdidas embrionarias y fetales en los ovinos. *Spermova* 4(1): 10 - 16
- Bunglavan, S. J., and N. Dutta. 2013. Use of Tannins as Organic Protectants of Proteins in Digestion of Ruminants. *J. Livestock Sci.* 4: 67-77.
- Butler, W., R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 61: 449-457.
- Calsamiglia, S., and M. D. Stern. 1995. Three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *J. Anim. Sci.* 73(5):1459-1465.
- Camacho, R. J., J. C. Rodríguez, J. E. Hernández, A. Pró, M., C. Becerril, y J. Gallegos-Sánchez. 2008. Características reproductivas de ovejas Pelibuey sincronizadas e inducidas a la pubertad. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 16: 18-24
- Camacho-Ronquillo, J. C., A. Pró-Martínez, C. M. Becerril-Pérez, B. Figueroa-Sandoval, G. B. Martin, J. Valencia, and J. Gallegos-Sánchez. 2008. Prevention of suckling improves postpartum reproductive responses to hormone treatments in Pelibuey ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 107(1-2): 85-93.
- Cansino, A. G., J. Herrera-Camacho, and J. R. Aké-López. 2009. Conception, fertility and prolificacy rates in hair ewes fed diets supplemented with polyunsaturated fatty acids. *Universidad y Ciencia Tropico Humedo* 25 (1): 181-185.
- Caraty, A., B. Delaleu, D. Chesneau, and C. Fabre-Nys. 2002. Sequential role of estradiol and the preovulatory GnRh secretion for the full expression of estrus behavior in the ewe. *Endocrinology* 143(1):139-145

- Carmona, A. J.C. 2007. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista lasallista de investigación* 4(1): 40-50.
- Castillo-Maldonado, P. P., H. Vaquera-Huerta, L. A. Tarango-Arambula, P. Pérez-Hernández, C. A. Herrera-Corredor, y J. Gallegos-Sánchez. 2013. Restablecimiento de la actividad reproductiva posparto en ovejas de pelo. *Arch. Zootec.* 62 (239):419-428
- Catalano R., M. Teruel, J. Cabodevila, y S. Callejas. 2007. Efecto de diferentes dosis de gonadotropina coriónica equina sobre la respuesta reproductiva de hembras con un tratamiento para inducción de celos. *Inv. Vet.* 9: 11-17.
- Cecconello C., G., M. Benezra S., y N. Obispo. 2003. Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrajeras leñosas de un bosque seco tropical. *Zootecnia Trop.* 21(2):149-165.
- Cervantes-Marín, A., S. López-Ortiz, J. P. Martínez-Dávila, F. Gallardo-López, J. D. Guerrero-Rodríguez, y P. Pérez-Hernández. 2015. Preferencia de ovinos y bovinos por frutos de seis especies arbóreas. *Agroproductividad* 8: 10-15.
- Clavero T. 2013. Utilización de frutos de árboles forrajeros en la ganadería tropical. *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 4 (8): 29-36.
- Contreras S., T. Díaz, G. López, A. Caigua, H. García, A. Salvador, y A. González-Bulnes. 2007. Evaluación de la Técnica de Ecografía Transrectal en la Detección de Folículos Ováricos en Ovejas Tropicales. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15(1):10-14
- Córdova-Izquierdo, A., M. S. Córdova-Jiménez, C. A. Córdova-Jiménez, y J. E. Guerra-Liera. 2008. Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en ovejas y cabras. *Rev. Vet.* 19 (1): 67–79
- Cuellar O., J., A. 2012. La producción ovina en México. *Memorias “Primer Semana Nacional de la Ovinocultura, Tulancingo, Hidalgo*, pp 11-15.
- De la Isla, H. G., J. R. Aké-López., A. Ayala-Burgos, y A. González-Bulnes. 2010. Efecto de la condición corporal y la época del año sobre el ciclo estral, estro, desarrollo folicular y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey mantenidas en condiciones de trópico. *Vet. Méx.* 41(3):167-175

- Delgadillo, J. A. and G. B. Martin. 2015. Alternative methods for control of reproduction in small ruminants: A focus on the needs of grazing industries. *Animal Frontiers* 5(1): 57-65.
- Dicko, M. S., and L. K. SiKena. 1992. Feeding behavior, quantitative and qualitative intake of browse domestic ruminants. Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Animal Production and health paper. Andrew Speedy and Pierre-Luc Pugliese Pp 129-144.
- Dingwall, W., J. Robinson J., R. Aitken R., and C. Fraser. 1987. Studies on reproduction in prolific ewes. 9. Embryo survival, early fetal growth and within-litter variation in foetal size. *J. Agric. Sci.* 108: 311-319.
- Dogan, I., Z. Nur, U. Gunay, M. K. Soyulu, and C. Sonmez. 2004. Comparison of fluorgestone and medroxyprogesterone intravaginal sponges for oestrus synchronization in Saanen does during the transition period. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34: 18-22.
- Dzowela, B. H., L. Hove, J. H. Topps, and P. L. Mafongoya. 1995. Nutritional and antinutritional characters and rumen degradability of dry matter and nitrogen for some tree species with potential for agroforestry in Zimbabwe. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 55:207-214.
- Edgar, D. G., and J. W. Ronaldson. 1985 Blood levels of progesterone in the ewe. *J. Endocrinol.* 16:378-384.
- Engel, C. L., H. H. Patterson, and G. A. Perry. 2008. Effect of dried corn distillers grains plus soluble compared with soybean hulls, in late gestation heifers diets, on animal and reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 86(7):1697-1708.
- Fernández D., D. Formoso, O. Casco, M. Delgado, A. García, y W. Ibañez. 2007. Efecto de un flushing focalizado utilizando Lotus Uliginosus cv maku, bloques proteicos y expeler de soja sobre la tasa ovulatoria y fecundidad de ovejas corriedale. *Producción Ovina* 19: 33–42.
- Flores O., D. Ma. Bolivar, J. A. Botero, y M. A. Ibrahim. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con

- potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock Res. Rural. Dev.* 10 (1).
- Foster, D. L. 1994. Puberty in the sheep. In: Knobil E, Neill JD (eds.), *The Physiology of Reproduction* (2nd ed). II. New York: Raven Press. 411–451.
- Foster, D. L., F. J. Ebling, A. F. Micka, L. A. Vannerson, D. C. Bucholtz, R. I. Wood, J. M. Suttie, and D. E. Fenner. 1989. Metabolic interfaces between growth and reproduction. I. Nutritional modulation of gonadotropin, prolactin, and growth hormone secretion in the growth-limited female lamb. *Endocrinology* 125: 342–350.
- Fraire C., S., A. Pró M., G. Ramírez V., C. Sánchez, y J. Gallegos-Sánchez. 2013. Selenio y vitamina e en la fertilidad de ovejas Pelibuey sincronizadas con progesterona. *Universidad y Ciencia* 29(1):33-44.
- Galindo J., D. Delgado, R. Pedraza, y E. García. 2005. Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. *Pastos y Forrajes* 28(1): 59–68
- García D. E., M. G. Medina, J. Humbría, C. Domínguez, A. Baldizán, L. Cova y M. Soca. 2006. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. *Arch. Zoot.* 55(212):377-384.
- García, M. C. A., M. González-Ronquillo, A. Z. M. Salem, J. Romero-Bernal, J. F. Pedraza and J. G. Estrada. 2011. Chemical composition and *in vitro* gas production of some legume browse species in subtropical areas of Mexico. *Trop. Subtrop, Agroecosyst.* 14: 589-595.
- Getachew, G., H. P. Makkar, and K. Becker. 2000. Effect of polyethylene glycol on *in vitro* degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. *Br. J. Nutr.* 84: 73–83.
- Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1972. *Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and some Applications)*. Agricultural Handbook No. 379. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture pp 20.

- Gonzales-Stagnaro, C. 1993. Comportamiento reproductivo de ovejas y cabras tropicales. *Rev. Fac. Agron. Zulia*. 3 (3):173-196.
- Guimarães, P. M., T. T. Berchiellib, R. Beelenc, and A. N. Medeirosa. 2006. Influence of condensed tannins from Brazilian semi-arid legumes on ruminal degradability, microbial colonization and ruminal enzymatic activity in Saanen goats. *Small Ruminant Res.* 61: 35–44.
- Gunn, R. G., W. F. Smith, A. J. Senior, E. Barthram, D. A. Sim, and E. A. Hunter. 1991. Pre-mating herbage intake and the reproductive performance of north Country Cheviot ewes in different levels of body condition. *Anim. Sci.* 52:149-156.
- Hansel, W., and E. M. Convey. 1983. Physiology of the estrous cycle. *J. Anim. Sci.* 57:104-412.
- Kane, K. K., D. E. Hawkins, G. D. Pulsipher, D. J. Denniston, C. R. Krehbiel, M. G. Thomas, M. K. Petersen, D. M. Hallford, M. D. Remmenga, A. J. Roberts, and D. H. Keisler. 2004. Effect of increasing levels of undegradable intake protein on metabolic and endocrine factors in estrous cycling beef heifers. *J. Anim. Sci.* 82(1):283-291.
- Kane, K. K., K. W. Creighton, M. K. Petersen, D. M. Hallford, M. D. Remmenga, and D. E. Hawkins. 2002. Effects of varying levels of undegradable intake protein on endocrine and metabolic function of young post-partum beef cows. *Theriogenology* 57 (9):2179-2191.
- Keisler, D. H., and C. M. Lucy. 1996. Perception and interpretation of the effects of undernutrition on reproduction. *J. Anim. Sci.* 74(3): 1-17.
- Kendall, N. R., J. R. Scaramuzzi, T. D. Baird, and K. B. Campbell. 2003. Lupins modulate folliculogenesis directly by an FSH-independent mechanism. *Reproduction* 30: 29-35
- Kiani, A., M. O. Nielsen, A. H. Tauson, M. P. Tygesen, S. M. Husted, and A. Chwalibog. 2011. Long-term effects of foetal undernutrition on intermediary metabolism in growing lambs. *Arch. Anim. Nut.* 65(1): 46-54.

- Kiyama, Z., B. M. Alexander, E. A. Van Kirk, W. J. Murdoch, D. M. Hallford, and G. E. Moss. 2004. Effects of feed restriction on reproductive and metabolic hormones in ewes. *J. Anim. Sci.* 82(9): 2548–2557.
- Knight, T. W., E. Payne, and A. J. Peterson. 1981. Effect of diet and live-weight on FSH and oestradiol concentration in Romney ewes. *Proceedings of the Australian Society for Reproductive Biology* 13: 19-26.
- Ku-Vera, J. C., G. Briceño, A. Ruiz, R. Mayo, J. Ayala, F. Aguilar, J. Solorio, y L. Ramírez. 2014. Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48(1): 43-53.
- Ku-Vera, J., C., J. Ayala-Burgos, J. Solorio-Sánchez, G. Briceño-Poot, A. Ruiz-González, A. Piñeiro-Vázquez, M. Barros-Rodríguez, A. Soto-Aguilar, J. Espinoza-Hernández, S. Albores-Moreno, J. Chay-Canul, F. Aguilar-Pérez, and L. Ramírez-Avilés. 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminant rations. En: *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*. Nova Sci. Publishers. New York. USA. Pp. 59-76
- Kwon, H., S. P. Ford, F. W. Bazer, T. E. Spencer, W. P. Nathanielsz, J. M. Nijland, W. B. Hess, and G. Wu. 2004. Maternal nutrient restriction reduces concentrations of amino acids and polyamines in ovine maternal and fetal plasma and fetal fluids. *Biol. Reprod.* 71: 901-908.
- Kyriazakis, I. 2003. What are ruminant herbivores trying to achieve through their feeding behaviour and food intake. In Mannelje, L., Ramírez – Avilés, L., Sandoval- Castro, C. and Ku-Vera, J., (eds). *Matching Herbivore Nutrition to Ecosystems Biodiversity*. VI International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Mérida, México. pp. 153–173.
- La O, O., B. Chongo, D. Delgado, D. Valenciaga, Y. Rodríguez, I. Scull, T. Ruiz, T., y A. Oramas. 2003. Influencia del polietilenglicol -3500 en la degradabilidad ruminal de *Leucaena leucocephala* cv CIAT- 7929. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 37:271-283.
- León, V. H., y C. Gutiérrez. 2008. Leptin: interaction nutrition-reproduction. *Quehacer Científico en Chiapas* 1(6): 45-52.

- Lucy, M. C., C. R. Staples, W. W. Thatcher, P. S. Erickson, R. M. Cleale, J. L. Firkins, J. H. Clark, M. R. Murphy 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. *Anim. Prod.* 54: 323-331.
- Luque, A., N. T. Barry, C. W. McNabb, D. P. Kemp., and F. M. McDonald. 2000. The effect of grazing *Lotus corniculatus* during late summer/autumn on reproductive efficiency and wool production in ewes. *Aust. J. Agr. Res.* 51: 385-391.
- Macedo, R., and V. Arredondo. 2008. Effect of sex, type of birth and lactation on growth of Pelibuey sheep under intensive management. *Arch. Zootec.* 57 (218): 219-228.
- Makkar, H. P. S. 2003. Quantification of tannin in tree and shrub foliage. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands 102 p.
- Márquez L., D., y A. Suárez, L., 2008. El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *Rev. Med. Vet.* 16: 87-109.
- Martin, G. B., and T. F. Reza. 2016. Clean, Green, Ethical (CGE) Management: What Research Do We Really Need?. *Int. J. Trop. Vet. Biomed. Res.* 1: 1-9.
- Martin, G. B., Z. Durmic, P. R. Kenyon, and P. E. Vercoe. 2009. 'Clean, green and ethical' animal reproduction: extension to sheep and dairy systems in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 69: 140-147.
- Martin, G. B., and H. Kadokawa. 2006. "Clean, Green and Ethical" Animal Production. Case Study: Reproductive Efficiency in Small Ruminants. *J. Reprod. Dev.* 52 (1): 145-152.
- Martin, G. B., J. T. Milton, R. H. Davidson, G. E. Banchemo-Hunzicker, D. R Lindsay, and D. Blache. 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Anim. Reprod. Sci.* 82–83: 231–245.
- Maurel, M. C., F. Roy, V. Hervé, J. Bertin, D. Vaiman, E. Cribiu, E. Manfredi, F. Bouvier, I. Lantier, P. Boue, and F. Guillou. 2003. Reponse immunitaire a la

- eCG utilisée dans le traitement de induction d' ovulation chez la chevre et la brebis. *Gynecol. Obst. Fertil.* 31(9): 766-769.
- McSweeney, C. S., E. M. C. Collins, L. L. Blackall, and A. A. Seawright. 2008. A review of anti-nutritive factors limiting potential use of *Acacia angustissima* as a ruminant feed. *Anim. Feed Sci. Tech.* 147: 158-171.
- Menatian, S., H. R. Mirzaei, F. Fatahnia, and R. Masoumi. 2016. Effect of pre-pubertal plan of nutrition on reproductive performance, hormone concentrations and milk production in kurdish female lambs. *Iran. J. Appl. Anim. Sci.* 6(3): 613-620.
- Min, B. R., G. T. Attwood, W. C. McNabb, A. L. Molan, and T. N. Barry. 2005. The effect of condensed tannins from *Lotus corniculatus* on the proteolytic activities and growth of rumen bacteria. *Anim. Feed Sci. Tech.* 121: 45-58.
- Min, B. R., T. N. Barry, G. T. Attwood, and W. C. McNabb. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 106: 3-19.
- Min, B. R., G. T. Attwood, K. Reilly, W. Sun, J. S. Peters, T. N. Barry, and W. C. McNabb. 2002. *Lotus corniculatus* condensed tannins decrease *in vivo* populations of proteolytic bacteria and affect nitrogen metabolism in the rumen of sheep. *Can. J. Microbiol.* 48(10): 911-921.
- Morales-Terán, G., C. A. Herrera-Corredor, P. Pérez-Hernández, J. Salazar-Ortiz, and J. Gallegos-Sánchez. 2011. Influence of controlled suckling and the male effect on the resumption of postpartum ovarian activity in Pelibuey sheep. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 13: 493 – 500.
- Morales-Terán, G., A. Pro M., B. Figueroa S., C. Sánchez del R., 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.
- Naqvi, S. M., V. Sejian, and S. A. Karim. 2013. Effect of feed flushing during summer season on growth, reproductive performance and blood metabolites in Malpura ewes under semiarid tropical environment. *Trop. Anim. Health Prod.* 45(1):143–148

- Navas, A., C. Restrepo, y G. Jiménez. 1999. Funcionamiento ruminal de animales suplementados con frutos de *Pithecellobium saman*. IV Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. CIPAV, Cali.
- Nguyena, T. M., D. V. Binha, and E.R. Orskov. 2005. Effect of foliages containing condensed tannins and on gastrointestinal parasites. *Vet. Parasit.* 121: 77-87.
- Olivares, P. J., F. Avilés-Nova, B. Albarrán-Portillo, O. A. Castelán-Ortega, and S. Rojas-Hernández. 2013. Nutritional quality of *Pithecellobium dulce* and *Acacia cochliacantha* fruits, and its evaluation in goats. *Livest. Sci.* 154: 74–81
- Orskov, E. R., and I McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92: 499-503.
- Otero M., and L. Hidalgo. 2004. Condensed tannins in temperate forages species: effects on the productivity of ruminants infected with internal parasites (a review). *Livest. Res. Rural. Dev.* 16(2): 18-36.
- Oyedipe, E. O., N. Pathiraja, E. O. Gyang, and L. E. Edqvist 1989. Effect of dose of pregnant mare serum gonadotrophin on estrus parameters, ovulation rate and peripheral progesterone concentrations in Yankasa ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 20(4): 255-264
- Palma J., M. 2006. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14: 95-104.
- Palma J. y L. Román. 2003. Frutos de especies arbóreas leguminosas y no leguminosas para alimentación de rumiantes. FAO.
- Pearce D. T., and T. J. Robinson. 1985. Plasma progesterone concentrations, ovarian and endocrinological responses and sperm transport in ewes with synchronized oestrus. *J. Reprod. Fertil.* 75(1): 49-62
- Pérez-Hernández, P., V. Hernández-Valdez, B. Figueroa-Sandoval, G. Torres-Hernández, P. Díaz-Rivera, and J. Gallegos-Sánchez. 2009. Effect of suckling type on ovarian activity of postpartum Pelibuey ewes, and lamb growing rate during the first 90 days after birth. *Rev. Fac. Agron. Zulia.* 19 (4):343–349.

- Pérez-Hernández, P., M. García-Winder, and J. Gallegos-Sánchez. 2002. Postpartum anoestrus is reduced by increasing the within-day milking to suckling interval in dual purpose cows. *Anim. Reprod. Sci.* 73: 159–168.
- Pérez-Gil, R. F., M. E. Carranco J., M. C. Calvo C., L. Solanoa, y T. J. Martínez I. 2014. Caracterización química de panojas y vainas con semillas nativas del estado de Guerrero, México, para uso en la alimentación animal. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 5 (3): 307-319.
- Piñeiro-Vázquez A. T., A. J. Ayala-Burgos, A. J. Chay-Canul, and J. C. Ku-Vera 2013. Dry matter intake and digestibility of rations replacing concentrates with graded levels of *Enterolobium cyclocarpum* in Pelibuey lambs. *Trop. Anim. Health. Prod.* 45:577–583
- Pírela M., A. Perozo, M. Montero, G. Contreras, E. Valbuena, y S. Zambrano. 2010. Producción y calidad de la leche de vacas criollo limonero suplementadas con harina de frutos de samán (*Pithecellobium saman*). *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 27: 607-625.
- Pond, W. G., D. C. Church, and R. R. Pond. 1995. Basic animal nutrition and feeding. 4ta. Ed. John Wiley and Sons. USA.
- Provenza, F. D., E. A. Burritt, A. Perevolotsky, and N. Silanikove. 2000. Self-regulation of intake of polyethylene by sheep fed diets varying in tannin concentrations. *J. Anim. Sci.* 78(5): 1206-1212.
- Quintero E., J. A., U. Macías-Cruz, F. D. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, A. González-Reyna, F. A. Lucero-Magaña, S. A. Soto-Navarro, and L. Avendaño-Reyes. 2011. The effects time and dose of pregnant mare serum gonadotropin (PMSG) on reproductive efficiency in hair sheep ewes. *Trop. Anim. Health Prod.* 43(8): 1567-1573.
- Rae, M. T., C. E. Kyle, D. W. Miller, A. J. Hammond, A. N. Brooks, and S. M. Rhind. 2002. The effects of undernutrition, in utero, on reproductive function in adult male and female sheep. *Anim. Reprod. Sci.* 72: 63-71.

- Ramírez A., L., J. Ku Vera, y A. Alayón. 2007. Follaje de árboles y arbustos en los sistemas de producción bovina de doble propósito. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15: 251-264.
- Randel, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 853–8620.
- Ratray, P. V., K. T. Jagusch, J. F. Smith, G. W. Winn, and K. S. MacLean. 1981. Effects of genotype, liveweight, pasture type and feeding level on ovulation responses in ewes. *Proceedings of the Australian Society of animal production* 41: 174-182.
- Rhodes, F.M., S. McDougall, C. R. Burke, G. A. Verkerk, and K. L. Macmillan. 2003. Invited Review: Treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. *J. Dairy. Sci.* 86: 1876-1894.
- Robinson, J. J. 1990. Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nutr. Res. Rev.* 3: 253-276.
- Roche, J. F., D. Mackey, and M. D. Diskin. 2000. Reproductive management of postpartum cows. *Anim. Reprod. Sci.* 61: 703–712.
- Rojas R., O., y O. Rodriguez, R. 1995. Factores que modifican la prolificidad en ovejas Blackbelly en clima tropical. *Tec. Pecu. Mex.* 33(3): 159-167.
- Rosales, N. C. A., M.B. Fergusona, C. A. Macleayb, J. R. Briegelb, D. A. Woodb, G. B. Martin, and A. N. Thompson. 2013. Ewe lambs with higher breeding values for growth achieve higher reproductive performance when mated at age 8 months. *Theriogenology* 80: 427-435.
- Rubianes E., y R. Ungerfeld. 2002. Perspectivas de la investigación sobre reproducción ovina en América Latina en el marco de las actuales tendencias productivas. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 10(2): 117-125.
- Salamon, S., y M. Maxwell. 2000. Storage of ram semen. *Review. Anim. Reprod. Sci.* 62: 77-111.
- SAS 2011. JMP. Statistic visual. Version 9.2 institute inc. campus Drive. Cary. NC 27517.
- Scaramuzzi, R. J., D. T. Baird, B. K. Campbell, M. A. Driancourt, J. Dupont, J. E. Fortune, R. B. Gilchrist, G. B. Martin, K. P. McNatty, A. S. McNeilly, P. Monget,

- D. Monniaux, C. Viñoles, and R. Webb. 2011. Regulation of folliculogenesis and the determination of ovulation rate in ruminants. *Reprod. Fertil. Dev.* 23 (3): 444-467.
- Scaramuzzi, R. J., B. K. Campbell, J. A. Downing, N. R. Kendall, M. Khalid, M. Muñoz-Gutiérrez, and A. Somchit. 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutr. Dev.* 46(4):339-354.
- 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. *Domest. Anim. Endocrinol.* 17(2-3): 269-277.
- Schillo, K., K. 1992. Effects of dietary energy of control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 70: 1271-1282.
- Schirar, A, Y. Cognié, F. Louault, N. Poulin, C. Meusnier, M. C. Levasseur, and J. Martinet. 1990. Resumption of gonadotropin release during the post-partum period in suckling and non-suckling ewes. *J. Reprod. Fertil.* 88: 593-604.
- Snyder, J. L., J. A. Clapper, A. J. Roberts, D. W. Sanson, D. L. Hamernik, and G. E. Moss. 1999. Insuline-like growth factor-I, insulin-like growth factor-binding proteins, and gonadotropins in the hypothalamic-pituitary axis and serum of nutrient-restricted ewes. *Biol. Reprod.* 61(1): 219-224.
- Sosa-Pérez, G., López-Ortiz S., Pérez-Hernández P., Cortez-Romero C., Vaquera-Huerta H., J. Gallegos-Sánchez. 2015. Actividad ovárica y tasa ovulatoria de ovejas Pelibuey suplementadas con frutos de leguminosas tropicales (*Chloroleucon mangense* y *Acacia cochliacantha*). Memorias XLII Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo de México. 6-10 p.
- Sosa-Pérez, G., P. Pérez H. P., H. Vaquera H., J. Salazar O., C. Sánchez del R., S. Cadena V., y J. Gallegos-Sánchez. 2014. Somatotropina bovina recombinante en sincronización de estros y prolificidad de ovejas Pelibuey. *Arch. Zootec.* 63 (241): 219-222.

- Sosa-Pérez, G., López-Ortiz S., Pérez-Hernández P., Cortez-Romero C., Vaquera-Huerta H., y J. Gallegos-Sánchez. 2014. Amamantamiento y Suplementación con harina de vainas de leguminosas tropicales en el anestro postparto de ovejas Pelibuey. Memorias 7 Curso Internacional. Innovaciones en reproducción animal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 229-234 p.
- Steiner, R. A., C. Cameron, H. Mcneill, K. Clifton, and J. Bremmer. 1983. Metabolic signals for the onset of puberty In: Neuroendocrine Aspects of Reproduction Edited by Norman RL 183 – 227. Academy Press New York USA.
- Stürm, C. D., T. T. Tiemann, C. E. Lascano, M. Kreuzer, and H.D. Hess. 2007. Nutrient composition and in vitro ruminal fermentation of tropical legume mixtures with contrasting tannin contents. Anim. Feed Sci. Tech. 138: 29-46.
- Uribe-Velásquez, I. F., E. Oba, y M. Lenz-Souza. 2007. Respuesta endocrina y ovárica a la sincronización del estro y de la ovulación utilizando CIDR y eCG en ovejas. Vet. Zootec. 1(1): 9-17.
- Velazquez, M. A., L. J. Spicer, and D. C. Wathes. 2008. The role of endocrine insulin-like growth factor-I (IGF-I) in female bovine reproduction. Domest. Anim. Endocrinol. 35: 325-342.
- Viñoles C., G. Banchemo, G. Quintans, R. Pérez C., P. Soca, R. Ungerfeld, A. Bielli, D. Fernández, D. Formoso, M. Pereira, y A. Meikle. 2009. Estado actual de la investigación vinculada a la Producción Animal Limpia, Verde y Ética en Uruguay. Agrociencia 13(3): 59-79.
- 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(3): 299–309.
- Viñoles, C. 2003. Effect of nutrition on Follicle Development and Ovulation Rate in the ewe. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala 2003. 56 p.

- 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(4): 993-1004.
- 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(1): 437.
- Waghorn, G. C., and C. W. McNabb. 2003. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 62: 383-392.
- Werner, H., M. K. Raizada, L. M. Mudd, H. L. Foyt, I. A. Simpson, C. T. Roberts, and D. LeRoith. 1989. Regulation of rat brain/Hep G2 glucose transporter gene expression by insulin and insulin-like growth factor I in primary cultures of neuronal and glial cells. *Endocrinology* 125(1): 314-320.
- Wise, M. E., J. D. Glass, and T. M. Nett. 1986. Changes in the concentration of hypothalamic and hypophyseal receptors for estradiol in pregnant and postpartum ewes. *J. Anim. Sci.* 62(4): 1021-1028.
- Wu, G., F. W. Bazer, T. A. Cudd, C. J. Meininger, and T. E. Spencer. 2004. Maternal nutrition and fetal development. *J. Nutr.* 134(9): 2169-2172.