

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

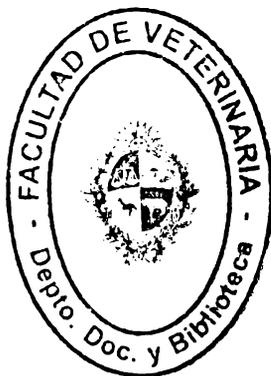
**SUPLEMENTACIÓN CORTA CON AFRECHILLO DE ARROZ INTEGRAL Y  
RESPUESTAS PRODUCTIVAS Y REPRODUCTIVAS DE VACAS DE CARNE  
CICLANDO Y EN ANESTRO CON Y SIN DESTETE TEMPORARIO**

“por”

**Camila GARCÍA PINTOS**

**Maria Eugenia TROBO**

**Lucila VELOZ**



TESIS DE GRADO presentada como uno de  
los requisitos para obtener el título de Doctor  
en Ciencias Veterinarias  
(Orientación Producción animal)

MODALIDAD: Ensayo experimental

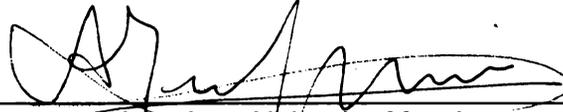
**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2010**



# PÁGINA DE APROBACIÓN

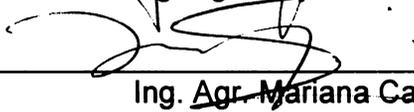
Tesis aprobada por:

Presidente



Ing. Agr. Alejandro Mendoza

Segundo miembro



Ing. Agr. Mariana Carriquiry

Tercer miembro

Dra. Teresa de Castro

Tercer miembro

Ing. Agr. Graciela Quintans

Cuarto miembro

Dra. Carolina Viñoles

Quinto miembro

Dra. Ana Meikle

Fecha: 22 de diciembre del 2010

Fecha: 6 de Mayo del 2011

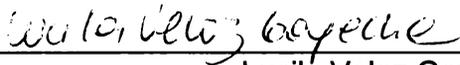
Autores:



Camila García Pintos Barcia



María Eugenia Trobo Bidegain



Lucila Veloz Goyeche

FACULTAD DE VETERINARIA

Aprobado con *M. (ave)* 

## **AGRADECIMIENTOS**

Al personal y principales del INIA-GLENCOE, por el tiempo prestado, en especial Pablo Cuadro y Juan Manuel Egaña

A nuestra tutora, Ing. Agr. Mariana Carriquiry y cotutora Dra. Carolina Viñoles por su constante apoyo y dedicación a este trabajo.

A Facultad de Veterinaria, especialmente al orientado producción animal, Dr. Moraes, Dr. Blanc y Dr. Ferraris por contribuir en nuestra formación profesional y personal.

Al Laboratorio y técnicas nucleares de la Facultad de Veterinaria por los servicios prestados.

Al Dr. Joaquín Zabaleta y Dr. Fernando Nan por sus conocimientos compartidos y enseñados, necesarios para este trabajo.

Al equipo de trabajo de la Ing. Agrónoma Mariana Carriquiry, en especial Ana Laura Asstesiano por su apoyo brindado en nuestro trabajo.

A nuestros compañeros que contribuyeron cada uno a su manera con nuestra tesis.

A nuestros familiares y amigos por estar siempre acompañándonos en este camino de formación profesional y personal.

# TABLA DE CONTENIDO

## Página

PÁGINA DE APROBACION .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. RESUMEN .....	VII
2. SUMMARY.....	VIII
3. INTRODUCCIÓN.....	1
4. REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	3
4.1- Ciclo estral y crecimiento folicular.....	3
4.2- Efectos de la nutrición sobre la duración de anestro postparto.....	7
4.3- Efecto de la suplementación grasa sobre la función reproductiva.....	9
4.3.1- <i>Afrechillo de arroz integral y funciones reproductivas</i> .....	11
4.4- Efecto del amamantamiento sobre la fisiología reproductiva.....	13
5. OBJETIVOS.....	16
5.1- Objetivo general.....	16
5.2- Objetivo específico.....	16
6. HIPÓTESIS.....	16
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
7.1- Localización.....	17
7.2- Diseño experimental, tratamientos y animales.....	17
7.2.1- <i>Experimento 1</i> .....	17
7.2.2- <i>Experimento 2</i> .....	17
7.3- Determinaciones.....	18
7.4- Análisis de laboratorio.....	19
7.5- Análisis estadístico.....	20

8.	RESULTADOS.....	21
8.1-	Experimento 1.....	21
8.1.1-	<u>Condición corporal y peso vivo del ternero</u> .....	21
8.1.2-	<u>Reinicio de la actividad ovarica</u> .....	21
8.1.3-	<u>Características del folículo ovulatorio</u> .....	21
8.1.4-	<u>Características de la población folicular y del complejo cumulus-ovocito a la castración</u> .....	23
8.2-	Experimento 2.....	25
8.2.1-	<u>Condición corporal</u> .....	25
8.2.2-	<u>Características del folículo ovulatorio</u> .....	25
8.2.3-	<u>Características de la población folicular y del complejo cumulus-ovocito a la castración</u> .....	25
9.	DISCUSIÓN.....	27
9.1-	Experimento 1.....	27
9.2-	Experimento 2.....	30
10.	CONCLUSIONES .....	32
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
----------------	---------------

Figura 1: Esquema del crecimiento y desarrollo de los folículos ováricos durante el ciclo estral del ganado.....	4
Figura 2: Representación esquemática de los requerimientos de factores de crecimiento en diferentes estadios del desarrollo folicular en vacas.....	6

### **Cuadros**

Tabla 1: Composición de aceites vegetales.....	9
Tabla 2: Composición química del afrechillo de arroz.....	12
Tabla 3: Composición química de los alimentos utilizados en el experimento.....	18
Tabla 4: Respuestas productivas, actividad ovárica y características del folículo ovulatorio en vacas primíparas en anestro.....	22
Tabla 5: Características de la población folicular y del complejo cumulus-ovocito de vacas primíparas en anestro.....	24
Tabla 6: Respuestas productivas, actividad ovárica y características del folículo ovulatorio en vacas cíclicas.....	25
Tabla 7: Características de la población folicular y del complejo cumulus-ovocito en vacas cíclicas.....	26

## RESUMEN

Se evaluó el impacto de una suplementación energética de corta duración con afrechillo de arroz integral en vacas de carne ciclando y en anestro, con y sin interrupción del amamantamiento del ternero sobre las respuestas reproductivas y productivas. Se seleccionaron 30 vacas Hereford primíparas en anestro posparto ( $105 \pm 5$  días: experimento 1) y 15 vacas multíparas cíclicas (experimento 2) pastoreando campo nativo. Las vacas fueron asignadas aleatoriamente, en el experimento 1, a 4 tratamientos, control-sin destete temporario (CSD), control-con DT (CDT), suplementación-sin destete temporario (SSD), suplementación con destete temporario (SDT) y en experimento 2, a 2 tratamientos, con y sin suplementación. La suplementación consistió en 2,5 kg/día/animal de afrechillo de arroz integral durante  $24 \pm 1$  días. El DT (experimento 1) se realizó a los 9 días de iniciada la suplementación con la aplicación de tablillas nasales a los terneros durante 14 días. Todas las vacas recibieron 3 inyecciones de un análogo sintético de  $F2\alpha$  (PG) los días 0, 12 y 36 horas antes de la última inyección de  $PGF2\alpha$  del experimento y se registró el peso vivo (PV) de los terneros y la condición corporal de las vacas. Cada 48-72 h se colectaron muestras de sangre para medir progesterona y se registraron y midieron las estructuras ováricas mediante ultrasonografía transrectal. Las vacas fueron ovariectomizadas 36 h después de la última dosis de PG. Se disecaron todos los folículos  $> 5$  mm (clase 2: 5-10 mm; clase 3:  $> 10$  mm) y se evaluó si eran saludables en base al color, la irrigación y presencia del ovocito. Los ovocitos fueron clasificación según la calidad del complejo cumulus ovocito (COC), en base al número y las características de las células granulosas. Los datos fueron analizados en un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones y las medias se consideraron diferentes cuando  $P < 0,05$ . En el experimento 1, la CC de las vacas promedió  $3,6 \pm 0,2$  unidades (esacala 1-8, Vizcarra y col., 1986) durante el ensayo, sin ser afectada por los tratamientos. A su vez el PV de los terneros cuyas madres fueron suplementadas aumentó, promediando 8 kg, pero tendió ( $P = 0,088$ ) a disminuir por el efecto destete. El DT aumentó el porcentaje de reinicio de la ciclicidad postparto y la suplementación aumentó la cantidad de folículos  $> 5$  mm ( $P=0,001$ ). La interacción entre ambos tratamientos tendió ( $P \leq 0,069$ ) a aumentar la tasa de crecimiento y redujo ( $P= 0,077$ ) la duración de la onda folicular. En el experimento 2, las vacas promediaron una CC de  $5,6 \pm 0,1$  unidades, que aumentó 0,5 unidades ( $P=0,01$ ) durante el experimento, lo que reflejó un balance energético positivo. El tratamiento nutricional redujo la tasa de crecimiento y prolongó la duración de la onda folicular ( $P<0,01$ ). En ambos experimentos, el tratamiento nutricional tendió a mejorar la calidad de COC. Se concluye que el DT mejoró el reinicio de la ciclicidad ovárica y tuvo interacción con la suplementación sobre el crecimiento del folículo ovulatorio. El efecto más importante de la suplementación con un alimento rico en ácidos grasos fue mejorar la calidad del ovocito, factor que puede ser de gran influencia sobre la fertilidad del ganado.

## SUMMARY

The aim of this study was to evaluate productive and reproductive responses to a short term supplementation with whole rice middlings on cyclic and anestrus cows with and without suckling restriction. Experiment 1 involved 30 primiparous anestrus cows (day 105 ± 1 postpartum), and experiment 2 involved 15 cyclic multiparous cows grazing native pastures. Cows were randomly allocated, in experiment 1 to four groups: control-without suckling restriction (-SR), control-with SR (+SR), supplementation-SR, supplementation +SR and in experiment 2 to two groups: with and without supplementation. Supplementation consisted of 2.5 kg/cow of whole rice middlings offered daily for 24 ± 1 days. Calves were fitted with nose plates during 14 days since day 9 of nutritional treatment for the suckling restriction treatment. All cows were synchronized with 3 prostaglandin F2 $\alpha$  (PG) injections days 0,12 and 24 and feeding started the day after the first PG. Body condition score (BCS) and calf body weight were measured simultaneously. Every 48-72 hours, cows were bled to determine concentrations of progesterone and transrectal ultrasound was carried out to measure ovarian structures. Thirty-six hours after the last PG injection cows were ovariotomized, all follicles > 5 mm were dissected and the oocytes recovered. Follicles were classified as healthy if they were pink or red, had blood vessels and the oocyte was found in the follicular fluid. The cumulus oocyte complex cumulus (COC) was classified using a scale from 1 (best quality) to 3 (worst quality), depending on the number and characteristics of the granulosa layers and the aspect of the cytoplasm. Data were analyzed in a random block design and means were considered to differ when  $P < 0.05$ . There were no differences on cow BCS among treatments, averaging 3.6 ± 0.2 units (1-8 scale). Calf live weight was increased by supplementation, but tended ( $P = 0.088$ ) to decrease by SR. Resumption postpartum of ovarian cyclicity of improved by SR and supplementation increased number of follicles > 5 mm. There was a positive effect of the interaction between supplementation and SR on follicular growth, as a result the duration of the follicular wave tended to decrease ( $P = 0.077$ ) while the growth rate of the ovulatory follicle tended ( $P = 0.069$ ) to increase. In experiment 2, BCS increased 0.5 units during the experiment (5.6 ± 0.2 units) but did not differ between treatments. Nutritional treatment decreased rate of follicular growth but increased duration of follicular wave. Furthermore, supplementation improved COC's quality on both anestrus and cyclic cows. In conclusion, suckling restriction declines postpartum anestrus and the interaction with fat supplementation had a positive effect on follicular development. The most important outcome of this short-term supplementation was the improvement on COC's quality, since it might have a positive influence on cattle's fertility.

### 3. INTRODUCCIÓN

América Latina cuenta con aproximadamente el 25% de la población mundial de vacunos (Scherf, 1997), en ella existen países con énfasis exportador como Brasil (primer exportador a nivel mundial), Argentina y Uruguay, entre otros (Rearte, 2007, citado por Perez-Clariget y col., 2007). En todos ellos la producción de carne bovina es un rubro importante del sector pecuario y la cría se realiza fundamentalmente en sistemas pastoriles sin subsidios. La región comparte una baja eficiencia reproductiva, manifestada por la baja producción de terneros destetados y los principales problemas identificados como responsables de esa situación son: la avanzada edad al primer parto y el prolongado anestro posparto de nuestros rodeos (De Castro 2006). Uruguay no es la excepción, registros históricos indican que el promedio nacional del porcentaje de preñez ha sido en los años 2009-2010 de 64,3 % (Dirección de Estadísticas Agropecuarias, 2010).

La cría vacuna es un proceso de muy larga duración, ineficiente en el uso de alimento, lo que condiciona su ubicación en ecosistemas con inferior potencial del recurso suelo y pasturas. Está sujeta a una importante variabilidad climática dentro y entre años determinada por las fluctuaciones en producción de forrajes que junto con la elevada carga animal, 0,73 UG/ha (DIEA 2010) explica el pobre estado nutricional del rodeo de cría nacional. A esta situación se le suma la poca aplicación que tienen los predios ganaderos de normas de manejo de bajo costo como el control del amamantamiento, diagnóstico de gestación y manejo de la condición corporal (Camacho y col., 2005).

El bajo consumo de energía explica el estado nutricional de las vacas al parto y al inicio del entore, lo que determina el largo período de anestro posparto y el bajo porcentaje de preñez que caracteriza la ganadería nacional (Orscaberro, 1991). Es por esto que vale la pena hacer hincapié en el anestro posparto el cual se define como un período de transición en el cual el eje hipotálamico-hipófisiario-ovárico-uterino se recupera de la preñez previa, siendo un evento fisiológico. Su duración está determinada principalmente por el amamantamiento y el estado nutricional (Webb y col., 2004; Hess y col., 2005), siendo influenciada por otros factores como la raza, edad, número de partos, producción de leche, época de partos, presencia o ausencia del toro, retardo en la involución uterina, distocias y el estado de salud general, que interactúan entre sí para determinar la duración de dicho período (Short y col., 1990). En nuestras condiciones extensivas de campo natural se han reportado duraciones del período de anestro mayores a 120 días en vacas primíparas (Quintans y Vázquez, 2002).

Según Pereira y Soca (1999), los productores ganaderos uruguayos han sido poco proclives al endeudamiento con el objetivo de realizar inversiones para incrementar la eficiencia de la actividad productiva.

Es por esta razón que en el presente trabajo se plantean alternativas tecnológicas de bajo costo que permitan levantar la restricción energética en vacas de cría. La suplementación con alimentos ricos en ácidos grasos (Staples y col., 1998), como afrechillo de arroz y la aplicación del destete temporario (Pérez Clariget y col., 2007), permiten un aumento y redistribución de los nutrientes, que favorecen el reinicio de la actividad ovárica.

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1- Ciclo estral y crecimiento folicular

El ciclo estral se define como los días comprendidos entre dos celos consecutivos donde ocurre una serie de eventos que se repiten sucesivamente. Este patrón cíclico se inicia en la pubertad y se prolonga durante toda la vida, pudiéndose observar interrupciones de los ciclos (anestros) por causas fisiológicas o patológicas (Ungerfeld, 2002).

Para su descripción el ciclo estral se divide en dos períodos: una fase folicular que se extiende desde la luteólisis (día 13-14 del ciclo) hasta el día del estro (período en que la hembra acepta la monta del macho), y una fase luteal que se extiende desde el día 2 hasta la luteólisis. En la fase folicular se produce el desarrollo folicular final, la manifestación de celo, la ovulación y comienza la organización del folículo que ovuló en un nuevo cuerpo lúteo (CL) (Beam y Butler, 1997)

Paralelamente a la caída de la progesterona (P4, hormona secreta por el CL) provocada por la luteólisis, se incrementa la frecuencia de pulsos de la hormona luteinizante (LH). Los niveles basales de LH aumentan de 20 a 80 veces en un período de 6 a 12 horas, lo que da origen al pico de LH que desencadena la ovulación (Bó, 2006). En el bovino ante cada pulso de hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) la hipófisis responde con un pulso de LH y el folículo responde a la LH secretando estrógenos. Los estrógenos determinan un feed-back positivo sobre la secreción de LH. Se considera que los estrógenos ejercen un efecto estimulador no solo de la secreción de GnRH, sino que también estimulan la secreción de LH. Por lo tanto el propio folículo es quien desencadena su propia destrucción (Ungerfeld, 2002).

El pico de LH conduce a la ovulación y a la luteinización de la estructura folicular remanente, con la subsiguiente formación del CL. Este es el momento en el que comienza la fase luteal, mientras el CL se desarrolla, las cantidades de P4 aumentan. Esta hormona provoca un efecto "priming", es decir que sensibiliza al cerebro para que el aumento posterior de los niveles de estrógenos produzcan la manifestación del estro o celo (Crowe, 2008). Los niveles luteales de P4 generan un feed-back negativo sobre los pulsos de GnRH, inhibiendo así la secreción de LH. Durante los primeros días de la fase luteal la P4 inhibe la secreción uterina de prostaglandina-F2 $\alpha$  (PGF2 $\alpha$ ). Uno de los mecanismos por los que el CL determina su propia destrucción es justamente mediante la inhibición de los pulsos de LH a través de la P4. Esta hormona inhibe en el útero la síntesis de sus propios receptores, los de estrógenos y los de oxitocina. La disminución en la acción de la P4 a nivel uterino, permite que los estrógenos y la oxitocina se liberen de su efecto inhibitorio. El primer desencadenante de la luteólisis es la oxitocina hipofisaria, que estimula al endometrio a secretar PGF2 $\alpha$ . La PGF2 $\alpha$  es secretada en forma

pulsátil por el útero y el CL responde a cada pulso secretando oxitocina, la que a su vez estimula al endometrio a secretar más de esta hormona. El aumento de los estrógenos proveniente del folículo en desarrollo induce el incremento de los receptores uterinos de oxitocina y permite de esta forma el desencadenamiento del mecanismo feed-back positivo oxitocina luteal-PGF2 $\alpha$  endometrial que culmina con la actividad luteal (Bó, 2006).

El crecimiento folicular a lo largo del ciclo estral ocurre en ondas, de crecimiento y regresión de los folículos antrales que lleva al desarrollo del folículo preovulatorio o de Graff (Lucy y col., 1992). En bovinos, típicamente se producen dos o tres ondas de desarrollo folicular (Figura 1). En vaquillonas y durante el posparto temprano de vacas multíparas los ciclos ováricos de dos ondas son más frecuentes, mientras que vacas adultas presentan habitualmente ciclos de tres ondas (Towson., 2002) Esta diferencia está condicionada por la duración de la fase luteal del ciclo, que es menor en ciclos de dos que en de tres ondas (Wiltbank, 2006). Según Towson y col. (2002) la fertilidad es menor en vacas lecheras que tienen ciclos de dos ondas ya que el crecimiento del folículo es más prolongado y ovula un ovocito más viejo.

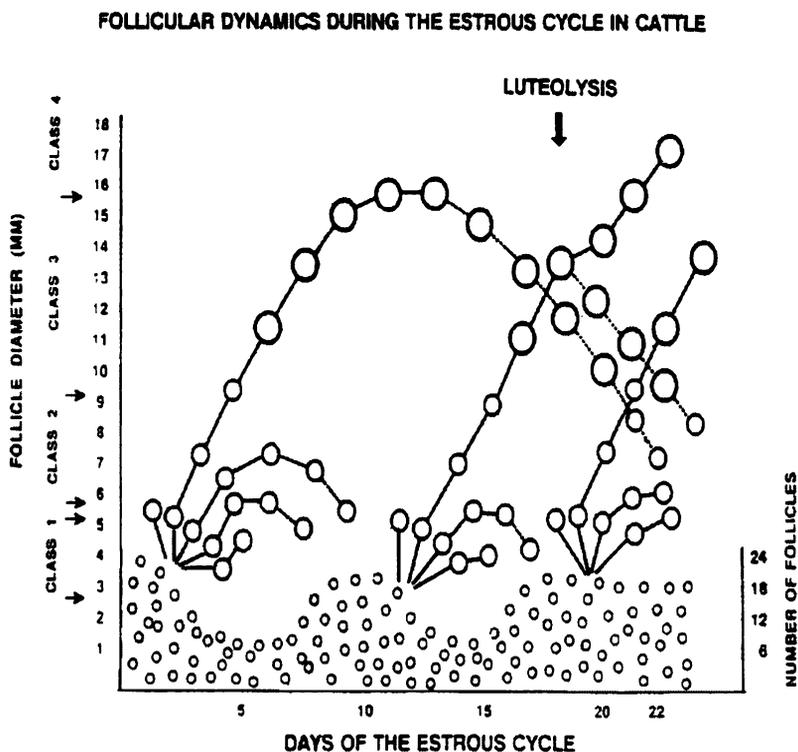


Figura 1: Esquema del crecimiento y desarrollo de los folículos ováricos durante el ciclo estral del ganado. El tamaño folicular es indicado en el eje de las ordenadas (clase 1 = 3 a 5 mm, clase 2 = 6 a 9 mm, clase 3 = 10 a 15 mm, clase 4 > 15 mm). Fuente: Wiltbank, 2006.

Una onda de desarrollo folicular comprende las fases de reclutamiento, selección y dominancia, aceptándose que un folículo antral de diámetro mayor a 2 mm está bajo el control gonadotrófico (Campbell y col., 1995).

El reclutamiento es un proceso desencadenado por la hormona folículo estimulante (FSH), por el que un grupo de folículos sensibles a las gonadotropinas (2-3 mm de diámetro) comienzan a crecer. La FSH influye en el número de ondas foliculares (Parker y col., 2003), controlando el intervalo entre las mismas. Factores intraováricos estimulados por la FSH, los factores de crecimiento similares a la insulina (IGFs) y sus proteínas de unión (IGFBP) han sido implicados en la amplificación de la acción de la FSH (Webb y col., 2004).

La selección es el proceso por el cual un folículo es capaz de continuar creciendo y adquirir el potencial para lograr la ovulación, mientras que el resto de los folículos reclutados se atresian (Lucy y col., 1992) (Figura 2). Una de las claves para esta selección es la disminución de la FSH que ocurre como consecuencia del aumento de estradiol e inhibina a partir del folículo seleccionado (Padmanabhan y col., 1984; Webb y col., 1999; Bleach y col., 2001). La capacidad de un folículo de continuar creciendo depende de la expresión de receptores para gonadotropinas (Ginther y col., 2002). Únicamente aquellos folículos que adquirieron receptores de LH en la capa de granulosa (Bao y Garverick, 1998; Webb y col., 1999) son capaces de continuar su desarrollo y desencadenar la ovulación. La insulina y la IGF-I funcionan como moduladores de la acción de las gonadotropinas a nivel celular, estimulan la proliferación y diferenciación de las células de la granulosa y de la teca e interactúan con la FSH para estimular la producción de estradiol (Webb y col., 2004).

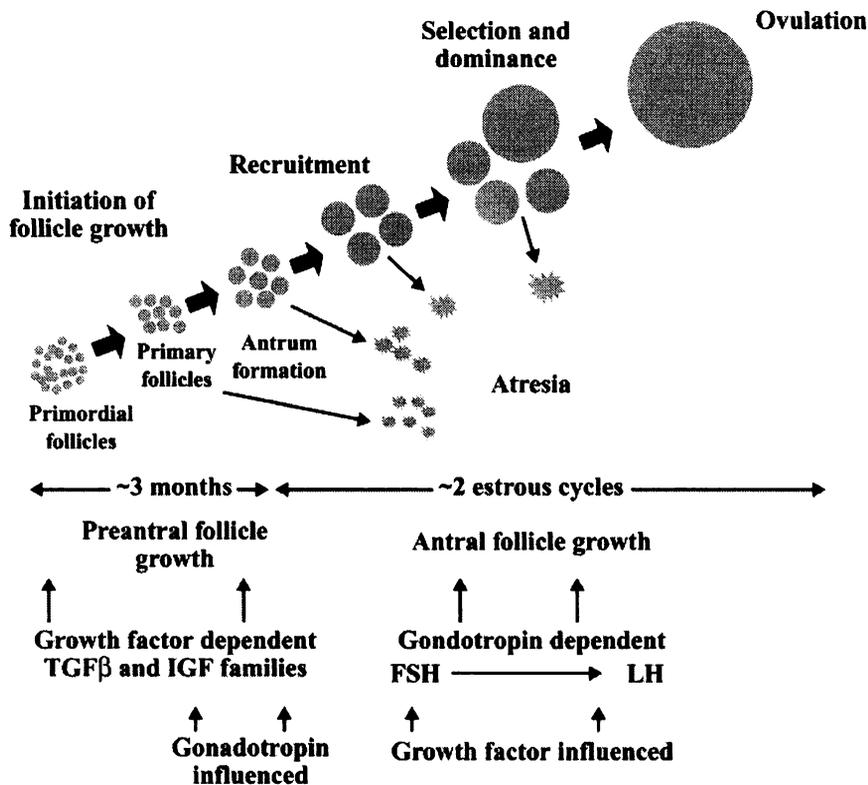


Figura 2. Representación esquemática de los requerimientos de factores de crecimiento en diferentes estadios del desarrollo folicular en vacas. Fuente: Webb y col., 2004.

Mediante el proceso de dominancia el folículo seleccionado ejerce un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de un nuevo grupo de folículos. El folículo dominante se caracteriza por tener mayor concentración intrafolicular de insulina, IGFs, activina y la capacidad de producir estradiol debido a la mayor actividad de la aromatasa en la pared folicular (Webb y col., 2004). Por otro lado, en los folículos subordinados tanto la aromatasa como el estradiol permanecen en bajas concentraciones a lo largo del ciclo. Una diferencia fundamental entre el folículo dominante y el subordinado es que en este último la concentración de P4 es mayor debido a la baja actividad de la aromatasa que no permite que la P4 se transforme en andrógeno. Esto puede ser consecuencia de la atresia folicular, (Lucy y col., 1992) proceso mediante el cual va disminuyendo la vascularización de la teca interna y van disminuyendo las células de la granulosa (Mc.Natty y col., 1984).

Al final de la gestación el eje hipotálamo-hipofisario está bajo un fuerte feed-back negativo producido por los esteroides placentarios y ováricos. Hay acumulación de FSH, supresión de su liberación, depleción de reservas de LH e inhibición de la actividad folicular. Esta falta de pulsos de LH se debe al feed-back negativo que

ejerce el 17 $\beta$ -estradiol ovárico sobre el generador de pulsos de la GnRH (Goodmann y Karsch, 1980).

Luego del parto existe actividad folicular, pero ésta es muy irregular, ya que se detecta FSH en sangre pero en niveles insuficientes como para que existan ondas de desarrollo folicular. Estas ondas comienzan alrededor del día diez posparto (Murphy y col., 1990), pero raramente se observa la ovulación del folículo dominante de la primera onda (11%). En el 78% de las vacas la ovulación se produce a partir de la segunda, tercera, cuarta o quinta onda folicular posparto. Una de las razones por las cuales se demora la ovulación es por el balance energético negativo, asociado a bajas concentraciones de metabolitos y hormonas metabólicas (IGF-I e insulina), que impide el reestablecimiento de una adecuada frecuencia de pulsos de LH (Murphy y col., 1990).

#### **4.2- Efectos de la nutrición sobre la duración de anestro posparto**

El anestro posparto es un período de duración variable que se caracteriza por la ausencia de ciclos estrales luego de la parición (anestro), asociado a una baja secreción de la LH, tanto en lo que hace a concentración media como así también a la frecuencia de pulsos cada 6 horas (Short y col., 1990). Durante el anestro disminuye la secreción hipotalámica de GnRH, disminuye la concentración de LH retrasando de esta forma la ovulación (Canfield y col., 1990).

Entre los principales factores que influyen sobre la duración del anestro posparto en la vaca de cría se encuentran el nivel nutricional y la condición corporal (CC; Randel, 1990; Short y col., 1990). El balance energético negativo, así como una restricción alimentaria, disminuyen las concentraciones de insulina e IGF-I circulante. Lo que impide la ovulación del folículo dominante prolongando el anestro posparto (Randel, 1990; Diskin y col., 2003).

La actividad reproductiva posparto es un reflejo de la ingesta energética preparto, siendo de gran importancia su efecto sobre la CC al parto (Williams y col., 2003). La mayoría de los investigadores han encontrado que la CC al parto es el determinante más crítico de la duración del anestro posparto, teniendo mayor influencia en la determinación del intervalo parto-primer celo y preñez durante la estación de cría (Wattermann y Bossis, 1999; Quintans, 2000; De Castro y col., 2002; Roche y Diskin 2005; Montiel y Ahuja 2005). Asimismo, se ha demostrado que hay una correlación negativa entre la CC al parto y la duración del anestro posparto (Richards y col., 1986). Según Wiltbank y col. (1962) la mejora en la CC entre el parto y fin del entore puede compensar en cierta medida una baja CC al parto. Sin embargo, una CC igual o mayor a 4 en vacas multíparas o 4.5 en vacas primíparas (escala del 1 al 8), prácticamente independiza a la vaca del riesgo de una subnutrición durante el posparto y el entore, que aún siendo leve, podría afectar severamente su performance reproductiva (Orcasberro, 1991).

Britt y col. (1995) indicaron que lo importante no es la CC del momento sino la evolución de la misma lo que afecta la función reproductiva, ya que en vacas lecheras que pierden más de un punto de CC durante el primer mes posparto experimentan un mayor intervalo a la primera ovulación que vacas que pierden menos de un punto (Beam y Butler, 1999). La pérdida de un punto o más de CC después del parto reduce la fertilidad y la tasa de concepción en vacas que tenían un buen estado antes del parto (Gaines, 1989; Butler, 2000).

La suplementación energética a vacas de cría por un período corto de tiempo (de 20 a 25 días) antes o durante el entore y en combinación con el manejo del amamantamiento logró mejorar la probabilidad de preñez en la primera mitad del entore (20%), mejorando así la eficiencia reproductiva del rodeo (Pérez Clariget y col., 2007; Soca y col., 2008). El reinicio de la actividad ovárica, fue positivo para el porcentaje de preñez temprana (Pérez Clariget y col., 2007).

De manera similar, Domenech y col. (2007) encontraron un efecto positivo de la suplementación energética en vacas primíparas Hereford al día 69 postparto con una CC sub-óptima (de 3,5 a 4) sobre el desempeño reproductivo, dado que la misma tiende a mejorar el porcentaje de vacas que ovulan y la persistencia de CL, aumentando la probabilidad de preñez.

Viñoles y col. (2005) sugieren que el mecanismo por el cual la suplementación energética de corta duración (grano de maíz y soja) en ovejas Corriedale de baja CC aumenta el crecimiento folicular, no involucrando un incremento en la concentración de FSH pero si en la concentración de glucosa, insulina y leptina que actuarían directamente sobre el ovario. Los folículos responden a un incremento en la concentración de glucosa, leptina e insulina, que actúan directamente a nivel ovárico, aumentan la eficiencia de uso de la FSH y la sobrevivencia de los folículos. Uno de los determinantes del incremento o no de la tasa de ovulación es el aumento en la concentración de  $17\beta$ - estradiol debido a un mayor desarrollo folicular en el momento de la máxima concentración de glucosa y hormonas metabólicas. En contraposición, en ovejas de alta CC el desarrollo folicular se debe al aumento en la concentración de FSH y a la disminución del estradiol (Viñoles y col., 2002).

La realimentación del ganado de carne luego de una restricción alimentaria corta (no más de 15 días) y no muy severa (las pérdidas de PV no pueden ser mayores a 22%), es una técnica utilizada para mejorar el porcentaje de ovulación (Orcasberro, 1991). Esto es explicado por un aumento en el crecimiento folicular, obteniéndose un folículo dominante de mayor diámetro ya que aumentaron los pulsos de LH (Quintans y col., 2004) Si la restricción alimentaria tiene como consecuencia pérdidas de PV mayores a 22% puede conducir al anestro por la reducción en los niveles de hormonas metabólicas que afectan la secreción de LH (Diskin y col., 2003). En el mismo trabajo se publicó que en una restricción alimentaria el IGF-I disminuye a partir del cuarto día de restricción, y en el período

de realimentación esta hormona aumenta linealmente hasta la ovulación, incrementando a nivel folicular los receptores de LH y FSH (Diskin y col., 2003).

### 4.3- Efecto de suplementación grasa sobre la función reproductiva

En la última década, la suplementación grasa ha sido utilizada con el fin de aumentar el consumo de energía así como también las concentraciones de hormonas metabólicas y la eficiencia reproductiva (Staples y col., 1998).

Los ácidos grasos que se encuentran en las semillas lipídicas se pueden clasificar en 3 grupos: ácidos grasos saturados (SAT), los poli-insaturados (PUFA) y los altamente poli insaturados (HiPUFA) (Tabla 1). El ácido linoleico es el que se encuentra en mayor proporción, perteneciendo al grupo de los PUFA (Staples y col., 1998; Funston, 2004). Entre un 60% y 90% de este ácido graso es hidrogenado por los microorganismos ruminales (Thomas y col., 1997). El ácido linoleico es utilizado como sustrato para la síntesis de la PGF<sub>2</sub> $\alpha$ , pero a su vez puede inhibir dicha síntesis mediante la inhibición competitiva de las enzimas encargadas de esta conversión (Funston, 2004).

Tabla 1: Composición de aceites vegetales

	Ac. grasos % peso			Ac. grasos esenciales Omega6/Omega3
	SFA <sup>1</sup>	MUFA <sup>2</sup>	PUFA <sup>3</sup>	
Aceite de mostaza	6	67	27	2
Aceite de girasol	12	38	50	57
Aceite de soja	16	24	60	10
Aceite de maní	20	50	30	32
Aceite de arroz	20	45	35	15

Fuente: ShashankK, <http://www.chempro.in/nationalricebrannutri.htm>.

<sup>1</sup> ácidos grasos saturados.

<sup>2</sup> ácidos grasos monoinsaturados.

<sup>3</sup> ácidos grasos poli insaturados.

El consumo de PUFA afecta el crecimiento folicular, la función luteal y la performance reproductiva posparto (Williams y Stanko, 2000). Estos efectos son independientes del efecto calórico y han sido asociados a cambios en la fermentación ruminal, síntesis de lipoproteínas de alta densidad (HDL), el aumento de síntesis de esteroides ováricos, cambios en la concentración circulante de insulina y hormona de crecimiento (GH), y el consecuente aumento de IGF-I en las células de los folículos (Williams y Stanko, 2000). La suplementación a vacas no lactando (Brahman x Hereford) con una dieta alta en PUFA aumentó el número de folículos medianos, las concentraciones de colesterol sérico, lipoproteínas, GH e insulina. El aumento de estas dos hormonas (GH e insulina) y de las lipoproteínas lleva a un aumento del colesterol-HDL, y aumenta la producción de IGF-I por el tejido luteal (Thomas y col., 1997).

La concentración de colesterol en plasma y líquido folicular aumenta de manera consistente bajo regímenes de suplementación grasa (Staples y col., 1998; Hawkins y col., 2000; Hess y col., 2002). El colesterol es un precursor de la P4, además de incrementar los niveles de LH, lo que remarca la disminución en la relación estrógeno/progesterona en los folículos dominantes en vacas lecheras (Staples y col., 1998; Funston, 2004). Sin embargo, Hawkins y col. (1995), determinaron que el aumento de la concentración plasmática de P4 asociado a la suplementación grasa, respondería a una disminución de la tasa de metabolización de la hormona y no a un aumento de su síntesis por el CL.

La suplementación energética en vacas lecheras prolonga la vida media del CL a través de la inhibición en la producción del  $17\beta$  estradiol y consecuentemente en la producción de PGF $2\alpha$ . Esto tiene un efecto positivo sobre el tamaño y persistencia del CL (Staples y col., 1998; Hess y col., 2002; Funston, 2004).

Adicionalmente, Lucy y col. (1991) reportaron que la administración de dietas con alto tenor graso en vacas lecheras mejora el balance energético, aumentando los pulsos de LH y el diámetro del folículo dominante. La suplementación de vacas lecheras con sales de calcio de ácidos grasos de cadena larga en el posparto temprano disminuyó el número de folículos pequeños (3 a 5 mm) y aumentó el número de folículos de 6 a 9 mm, lo que sugiere un estímulo sobre el desarrollo folicular (Lucy y col. 1992).

Dietas con alta concentración energética, estimulan la función ovárica, ya que la energía ingerida incrementa la concentración de glucosa, lo que podría conllevar a un aumento de la concentración de insulina, incrementando la disponibilidad de energía en el sistema central y reproductivo, especialmente a nivel ovárico (Gong, 2002). Esto llevará a un aumento de la población de folículos grandes y disminución de los pequeños, y del tamaño del folículo preovulatorio. La glucosa es la mayor fuente de energía para el ovario bovino (Rabiee y col., 1999) y el estatus del folículo preovulatorio ha sido asociado a mayores concentraciones intrafoliculares de glucosa e insulina.

Otro efecto que puede tener la suplementación grasa es sobre la calidad del complejo cumulus ovocito (COC), ésta puede ser evaluada en base al grado de compactación y la cantidad de células foliculares que rodean el ovocito entre otras características morfológicas que se observan al microscopio (Gordon, 2003). También hay que tener en cuenta la concentración de P4 y de  $17\beta$  estradiol que hay en el fluido folicular producida por las células somáticas, ya que la atresia folicular se caracteriza por un aumento de la P4 y por una disminución del estradiol. Por otro lado, los folículos sanos se caracterizan por presentar alta concentración de estradiol y baja de P4 (Gordon, 2003). Está demostrado que si se obtiene mejor calidad de COC se puede lograr un mejor potencial en el desarrollo embrionario (Gordon, 2003).

Una dieta alta en ácidos grasos altera la composición del cumulus celular, de la granulosa y del ovocito, esto puede ser relevante para la calidad del ovocito (Kim y col., 2001 citado por Wonnacott y col., 2010). Una suplementación con PUFA tiene como consecuencia mayor porcentaje de ácidos grasos en las células de la granulosa que en el plasma, lo que indica la selección y nueva síntesis de ácidos grasos saturados por parte de los ovocitos. Las lipoproteínas de alta densidad aumentan la proliferación celular de la granulosa y la esteroidogénesis relativa de los ácidos grasos (Wonnacott y col., 2010).

Zeron y col. (2002) suplementaron ovejas con PUFA y notaron una mayor cantidad de COC de clase 1, ya que esta suplementación altera los fosfolípidos plasmáticos de las células del cumulus y las propiedades de la membrana del ovocito. Adicionalmente, Adamiak y col. (2006) compararon los ácidos grasos del plasma, de las células de la granulosa y del COC en vaquillonas suplementadas de 0 al 6 % con sales de calcio de aceite de palmera produciendo un aumento en los ácidos grasos del cumulus. Staples y col. (1998) proponen varias hipótesis para explicar el mecanismo a través del cual las grasas de la dieta mejoran la eficiencia reproductiva del rodeo lechero, además de la mejora en el balance energético. Esto se produce mediante el incremento de la esteroidogénesis que favorece la fertilidad, el estímulo de la insulina sobre los folículos ováricos, y la inhibición de la liberación de PGF2 $\alpha$ . Esto tiene como consecuencia un retorno temprano a la ciclicidad ovárica y/o reducción de la mortalidad embrionaria, mejorando la tasa de preñez.

Bottger y col. (2002) no encontraron efectos del tipo de suplemento graso utilizado en vacas primíparas durante 90 días posparto, sobre la duración del anestro, tasa de preñez, cambio en el peso de la vaca, o del ternero y consumo de forraje. El tratamiento no afectó las concentraciones de NEFA, GH ni de glucosa, pero aquellas vacas que se les administró una dieta rica en ácido linoléico tuvieron una mayor CC.

#### 4.3.1- Afrechillo de arroz integral y la función reproductiva

El afrechillo de arroz (AA) integral es un subproducto de la molienda del grano. Cabe destacar que posee un elevado contenido en grasas insaturadas, además de tener una buena relación de energía/proteína y un alto nivel de fósforo (Tabla 2).

**Tabla 2: Composición química del afrechillo de arroz**

	Mínimo (%)	Máximo (%)
Humedad	12,5	13,5
Proteína cruda	12,8	13,5
Extracto al éter	15,0	19,0
Fibra cruda	3,5	7,0
Minerales totales	2,5	10,0
Cenizas insolubles	0,28	1,0
Calcio	0,05	1,00
Fósforo	1,5	2,0

Fuente: Saman, S.A., comunicación personal, 2008.

Teniendo en cuenta la gran importancia nutricional de los suplementos ricos en aceites, sería posible demostrar que bajos niveles de suplemento (2 a 2,5 kg/animal/día) durante periodos cortos (de 20 a 25 días), aportan energía y en consecuencia aumentan las hormonas metabólicas, permitiendo el acortamiento del intervalo parto-reinicio de la ciclicidad ovárica y facilitando así el aumento del porcentaje de preñez de vacas con ternero al pie (Williams y Stanko, 2000; Hawkins y col., 2000).

De Fries y col. (1998) alimentaron vacas Brahman con AA (5,2 % de la grasa de la dieta) durante los primeros 50 días posparto encontrando un aumento en la CC, una mayor producción de leche y terneros más pesados, en comparación con una dieta control. Los animales suplementados presentaron mayor cantidad de folículos pequeños y folículos ovulatorios de mayor tamaño. Asimismo, la suplementación mejoró la performance reproductiva aumentando la tasa de preñez.

De manera similar, Webb y col. (2001) encontraron que la suplementación con AA (5,1% de grasa de la dieta) en vacas Brahman de CC de 5 (escala 1 a 9), desde el primer día posparto, aumentó el número de animales que habían comenzado a ciclar al día 60 con respecto a vacas a las que se les administró una dieta isoenergética. Para reafirmar esto diversos autores han demostrado que la suplementación con dietas grasas mejora los índices de intervalo parto-concepción y la probabilidad de preñez (Williams y Stanko, 2000; Hawkins y col, 2000; Mattos y col, 2000; Blezinger, 2003; Funston, 2004).

La respuesta del animal depende de la disponibilidad de nutrientes endógenos, medidos a través de la CC y de los nutrientes exógenos suministrados en la dieta basal. Esto explica porque la suplementación con AA ha resultado en ausencia de efectos positivos y que ocasionalmente se hayan encontrado impactos negativos sobre la reproducción. Se pueden obtener resultados positivos cuando las grasas

son utilizadas para suplementar dietas al 4 o 5% durante 30 a 60 días (Burns y Filley, 2002).

#### **4.4- Efecto del amamantamiento sobre la fisiología reproductiva**

La principal causa del prolongado anestro posparto en vacas amamantando no se debe a una falta del desarrollo de los folículos sino a una falla en la ovulación de los mismos, debida a que el vínculo materno-filial inhibe la liberación de GnRH y consecuentemente la de LH (Lucy y col., 1992). La presencia de la cría al pie de la madre amamantando continuamente, puede ejercer un efecto negativo sobre el retorno a la ciclicidad prolongando el período del servicio y disminuyendo la tasa de eficiencia reproductiva (Canales y col., 1981).

El feed-back negativo existente entre el  $17 \beta$ -estradiol ovárico y la secreción de GnRH hipotalámico está modulada por el amamantamiento que estimula la liberación de péptidos opioides endógenos hipotalámicos (Ungerfeld, 2002). A los 4 días posparto, se observan fluctuaciones de FSH similares a las que ocurren durante el ciclo, mientras que a las dos a tres semanas se restablecen las reservas de LH pituitarias. La emergencia de ondas de desarrollo folicular se reinicia entre los 7 y 14 días posparto (Ungerfeld, 2002).

Estudios de remoción y/o denervación de la glándula mamaria indicaron que la presencia continua del ternero atrasó el reinicio de la ciclicidad ovárica, en la medida que el ternero no tuvo restricción en el acceso a la región inguinal de su madre (Williams, 1990; Short y col., 1990). El amamantamiento hace que las concentraciones sanguíneas de cortisol, oxitocina y prolactina se incrementen hasta 12 minutos después de reunir a la madre y a la cría. La restricción espacial al ternero con impedimento del contacto inguinal y manteniéndolo en contacto continuo con su madre, prolongó la anovulación debido a la inadecuada concentración de LH (Williams, 1990; Yavas y Walton, 2002). Como consecuencia del efecto inhibitorio del amamantamiento los folículos mayores o iguales a 10 mm no ovularon (Lucy y col., 1992; Roche y Diskin, 2005). De forma similar, Gazal y col. (1999) demostraron que el efecto inhibitorio sobre la liberación de LH durante el amamantamiento está asociado al reconocimiento del ternero a través del olfato y la visión y no exclusivamente al acto de la succión.

En el momento actual, las estrategias de control de amamantamiento de los terneros, a través del destete temporario y destete precoz parecen ser las más aptas como para mejorar la performance de los rodeos de cría a nivel nacional. Son técnicas de control del amamantamiento que apuntan a que la vaca reinicie su ciclo reproductivo, presente celo, y pueda ser nuevamente fecundada.

El destete precoz se recomienda en vacas de baja CC y las vacas cola de parición. Consiste en la separación definitiva del ternero de su madre a edad temprana (60 a 90 días) y la suplementación del mismo por periodos variables de entre 50 a 90 días (Gayo, 2003).

El destete temporario (DT) se ha implementado de diversas formas. Una opción consiste en la separación del ternero de la vaca por periodos de tiempo variables, 24, 48, 72 horas hasta 10 días (DT a corral). Hoffman y col. (1996) y Quintans y col. (2004) demostraron que la separación del ternero de la madre durante 96 horas, en vacas de carne, induce la ovulación en aproximadamente dos tercios de las vacas con baja CC al parto. Otra opción es la aplicación de una tablilla nasal que impide el amamantamiento del ternero, permaneciendo éste al pie de la madre (DT con tablilla de 7 a 14 días). Otra alternativa es el amamantamiento restringido a una o dos veces por día (Quintans, 2000). Shively y col. (1987) sugirieron que el destete debe ser de más de 96 horas para obtener un efecto duradero sobre el aumento de LH y así lograr la ovulación.

El DT con tablilla consiste en colocarle una tablilla de plástico a los terneros para evitar el amamantamiento, pero permitiendo que permanezca al pie de la madre. El periodo recomendado que debe permanecer la tablilla es de 11 a 14 días, finalizado el mismo se retira la tablilla y los terneros reinician el amamantamiento normal (Stahringer y col., 2001). Este manejo se puede aplicar a terneros mayores de 45 días y que pesen como mínimo 60 kg. El efecto del DT en la vaca no es inmediato, sino que es un proceso que depende, entre otros efectos de su CC y de la alimentación que recibe, pudiendo demorar menos de 25 días a un mes. Una de las ventajas a destacar de este manejo es que la relación costo/beneficio de su aplicación es ampliamente favorable, ya que con un costo mínimo (tablilla), se puede obtener entre un 20 y un 25 % más de terneros (De Grossi, 2003).

A su vez, Stahringer y col., (2001) reportaron que cuando la CC es menor a 3 no se incrementa el porcentaje de preñez luego de la aplicación de tablillas, mientras que con una CC mayor a 3 los porcentajes sí se incrementan. Por otra parte en vacas con muy buena a excelente CC, la aplicación del tratamiento no tiene efecto sobre el porcentaje de preñez alcanzado, ya que un alto porcentaje se encontraría ciclando al comenzar el periodo de servicio (Franco y Feed, 1995). Por lo tanto esta técnica es recomendable en vacas adultas que lleguen al parto con una CC de 3,5 o más y en vacas de primera cría que lleguen al parto con moderada o buena condición y estén mejorando su CC hacia el entore (Quintans, 2005).

Uno de los primeros trabajos nacionales relacionado al tema mostró que vacas adultas con DT lograron un porcentaje de concepción de 81%, mientras que las que amamantaron ad libitum presentaron una concepción de 39,3% (promedio de 2 años) (Quintans y Salta, 1988). Estudios realizados en nuestro país y en el sur de Brasil revelaron que vacas sometidas a DT con tablilla nasal incrementaron los porcentajes de preñez entre 16 y 40% (Simeone, 2000). Por otro lado un trabajo

realizado por Quintans y col. (2008) mostró como el DT con o sin presencia del ternero fue igualmente efectivo en inducir y adelantar la ovulación de vacas multíparas. La CC de las vacas condicionó el grado de respuesta al mismo. En contraposición, Salfen y col. (2001) y De Castro y col. (2002), al aplicar DT con separación del ternero no encontraron diferencias significativas entre los grupos en cuanto al porcentaje de vacas que ovularon. Estos resultados pueden ser atribuidos a que las vacas se encontraban con una buena CC (3,8 unidades de promedio; de Castro y col., 2002), o a que la separación materno-filial fue tan solo por 48 h (Salfen y col., 2001).

Soca y col. (2007) sometieron a vacas Hereford primíparas en CC "crítica" a una suplementación con AA (2 kg/vaca/día) y destete con separación del ternero. En este trabajo no encontraron cambios en la CC, pero aumentó el porcentaje de preñez en el primer tercio del entore por el efecto de la suplementación, ya que el grupo con AA y DT obtuvo un índice de preñez 30% superior al grupo sin suplementar, resultados similares a los obtenidos por Do Carmo (2006). También se reportó un aumento de 1,53 mm de diámetro folicular por cada unidad de CC al parto; mientras que Domenech y col. (2007) no notaron influencia del DT por si solo sobre el tamaño folicular, pero demostraron que la suplementación energética y el DT interactúan para alcanzar el mayor porcentaje de preñez.

En vacas de segunda cría con una CC moderada (3,75 unidades) suplementadas durante 20 días con AA se les aplicó DT, no se registraron cambios en el porcentaje de preñez. No obstante se observó un acortamiento del período parto-concepción en las vacas suplementadas con AA y sometidas a DT frente a los animales testigo (Soca y col., 2002).

El DT puede o no afectar el PV de los terneros. Quintans y Salta (1988) demostraron que los terneros durante los 14 días que no maman suelen presentar tasa de ganancias entre el 20 y los 40% menores de la que obtienen los terneros al pie de la madre. Durante los siguientes 14 días recuperan la tasa de ganancia alcanzando (Orcasberro, 1991; De Castro y col., 2002) o no (Jiménez de Aréchaga y col, 2008; Quintnas, 2008; Camacho y col, 2005) al destete definitivo un PV similar al de los terneros que no se les aplicó destete temporario.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1- Objetivo general**

Incrementar el conocimiento de la interacción nutrición-reproducción, particularmente en el modelo vaca de carne en sistemas pastoriles aportando a la comprensión y clarificación de las razones biológicas de la baja eficiencia reproductiva.

### **5.2- Objetivos específicos**

1. Evaluar el impacto de una suplementación energética de corta duración en base a afrechillo de arroz integral en vacas de carne ciclando y primíparas en anestro, con y sin amamantamiento del ternero sobre:
  - a. el reinicio de la ciclicidad ovárica y la dinámica folicular, estudiando el número y tamaño de los folículos, la tasa de crecimiento del folículo ovulatorio y la duración de la onda ovulatoria, y las características del complejo cumulus-ovocito.
  - b. las respuestas productivas (la condición corporal, CC) de las vacas, y peso vivo (PV) y tasa de ganancia de los terneros.
2. Estudiar la relación entre el reinicio de ovulación y características foliculares y los cambios en la CC de la vaca y PV del ternero.

## **5. HIPÓTESIS**

La suplementación energética de corta duración estimula el crecimiento del folículo dominante y mejora la calidad del complejo cumulus-ovocito en vacas ciclando y su combinación con el destete temporario induce la ovulación del folículo dominante en vacas en anestro.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1- Localización

Este trabajo esta enmarcado dentro de un experimento realizado en la Unidad Experimental (U.E.) Glencoe, perteneciente al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) Tacuarembó, y se realizó en el período comprendido entre el 25 de noviembre y 22 de Diciembre del 2009.

La U.E. Glencoe esta ubicada en la 9<sup>a</sup> seccional Policial y 8<sup>a</sup> seccional Judicial del departamento de Paysandú, en la fracción nº 9 de la colonia Fernando J. Baccaro. Con acceso en el Km. 113 de la ruta 26, donde se debe tomar un camino vecinal, recorriendo 22 Km. con dirección sur.

### 7.2- Diseño experimental, tratamientos y animales

Se seleccionaron vacas de cría raza Hereford primíparas con una CC que promedió  $3,6 \pm 0,2$  unidades (escala 1-8, Vizcarra y col., 1986), en anestro posparto (amamantando; n=30; Experimento 1), o múltiparas ciclando sin ternero al pie con una CC que promedió  $5,4 \pm 0,1$  unidades (no preñadas en el entore previo; n=15, Experimento 2). Ambos experimentos se realizaron simultáneamente tanto en el tiempo como en el espacio, los potreros que fueron evaluados topográficamente con el fin de igualar las condiciones. El anestro o ciclicidad de las vacas primíparas se determinó por la presencia o ausencia de CL, determinado en dos ecografías ováricas con 10 días de diferencia.

7.2.1- Experimento 1: A los  $105 \pm 5$  días posparto (día 0 del experimento) las vacas se agruparon al azar en bloques según CC, fecha de parto y sexo del ternero; y fueron asignadas a 4 tratamientos con un arreglo factorial de suplementación y destete temporario. La suplementación consistió en 2,5 kg/día/animal de afrechillo de arroz integral por  $24 \pm 1$  día, administrados en comederos de forma colectiva. Datos de composición química se obtuvieron a partir de 5 muestras tomadas al azar a lo largo del experimento (Tabla 3). El destete temporario comenzó a los 9 días del experimento y se realizó mediante la aplicación de tablillas nasales a los terneros durante los últimos 14 días. Los tratamientos fueron: control-sin destete temporario (CSD) (n=7), control-con destete temporario (CDT) (n=8), suplementación-sin destete temporario (SSD) (n=7), suplementación-con destete temporario (SDT) (n=8).

7.2.2- Experimento 2: Previo al inicio del experimento, las vacas ciclando se agruparon en bloques según CC; y se asignaron aleatoriamente a 2 tratamientos nutricionales: control (CON) (n=8) y suplementación (SUP) (n=7). La suplementación fue realizada de la misma forma que en el experimento 1.

Las vacas de ambos experimentos pastoreaban en forma conjunta un campo nativo (subdividido en 2 repeticiones por tratamiento) con una oferta forrajera de 7,1 Kg. MS/100Kg PV/día. El mismo presentaba una altura promedio de 4,3 cm., y una disponibilidad de 603 Kg. MS/ha determinado mediante la técnica de doble muestreo al comienzo y fin del ensayo (Haydock y Shaw, 1975; Tabla 3). El campo nativo presentaba una composición botánica con predominio de gramíneas con un 74%, 8% de inflorescencia de gramíneas y un 3% de malezas.

Todos los animales recibieron 3 inyecciones de análogos de prostaglandinas F2 $\alpha$  (Glandinex, laboratorio Universal, Uruguay) a los días 0, 12 y 36 horas antes de la ovariectomía de iniciado el experimento. Dicha hormona fue administrada con el objetivo de sincronizar el ciclo de los animales de tal forma que al momento de la castración las vacas tengan un cuerpo luteo y presenten el máximo diámetro del folículo dominante.

Tabla 3: Composición química de los alimentos utilizados en el experimento

	Afrechillo de arroz	Pastura
Materia seca (%)	86,0	36,3
Materia orgánica (%)	77,7	30,0
Protenía bruta (%)	12,8	7,9
Fibra neutro detergente (%MS)	19,6	65,4
Fibra ácido detergente (%MS)	6,9	31,1
Energía metabolizable (Mcal/Kg. MS)	3,0	2,3

### 7.3- Determinaciones

A los días 0, 12 y 23 del experimento, se registró el PV de los terneros y se determinó la CC de las vacas (escala 1-8; Vizcarra y col., 1986).

Se colectaron muestras de sangre de la vena coccígea usando tubos Vacutainer (Becton Dickinson, Franklin Lakes, N.J.) conteniendo fluoruro de sodio (2,5mg/mL de sangre) y óxido de potasio (2mg/mL de sangre) cada 48-72 horas (lunes, miércoles y viernes, o martes, jueves y sábados, para el experimento 1 y 2, respectivamente) desde el día 0 al 24 del ensayo. Las muestras de sangre fueron centrifugadas (2000/g/15 min a 4 C) y el plasma almacenado a 10° bajo 0, hasta la determinación de progesterona.

Se registraron y midieron las estructuras ováricas mediante ultrasonografía transrectal (Aloka 500V Corometrics, Wallingford, CT, transductor de 5,5 mHZ) 48-72 horas (lunes, miércoles y viernes, o martes, jueves y sábados, para el experimento 1 y 2, respectivamente) desde el día 0 al 24 del experimento. A partir de estas ecografías se indicó el tamaño y la posición relativa de los

foliculos y del CL. De esta manera se identificaron las ondas foliculares (Savio y col., 1988) y se determinó la tasa de crecimiento, la duración de la onda folicular (determinada a partir de la vida del foliculo de máximo tamaño) y el diámetro del foliculo ovulatorio. La ovulación o desaparición del foliculo dominante y aparición de CL se confirmo por un incremento subsiguiente de los niveles de progesterona por encima 1 ng/mL. Se considero el reinicio de la actividad ovárica cuando dos muestras consecutivas de sangre mostraron niveles superiores a 1ng/ml de progesterona.

Se determinó la duración del ciclo estral en base a cantidad de muestras con progesterona por encima 1 ng/mL, siendo corto aquel que presenta como máximo 2 muestras mayores a 1 ng/mL.

A los  $24 \pm 1$  día del ensayo (36 horas después de la última inyección de  $\text{PGF}_{2\alpha}$ ) las vacas fueron ovariectomizadas transvaginalmente utilizando el castrador a cadena con el objetivo de extraer el ovario entero (Dutto, 1973), aplicándoles 5cc de anestesia epidural (lidocaina-HCl 2%). Los ovarios se recolectaron en PBS (0,05 M) refrigerado para ser transportados al laboratorio para su posterior disección.

En los ovarios se registró el número total de foliculos, el número y tamaño de los foliculos mayores a 5mm (clase 1: < 5mm, clase 2: 5 a 10mm y clase 3:  $\geq 10$ mm), y se disecaron todos los foliculos mayores a 5mm. Los foliculos fueron caracterizados por su color (rojo, rosado o blanco) e irrigación (con o sin presencia de vasos sanguíneos en la teca; McNatty, 1984). El complejo cumulus-ovocito fue aspirado y clasificado en base al número de capas de células del cumulus y al aspecto del citoplasma, usando una escala del 1 (mejor calidad) al 3 (peor calidad; Gordon, 2003), en microscopio. Los foliculos mayores 5mm fueron clasificados en saludables o atrésicos según el color, irrigación y presencia/ausencia del ovocito.

#### **7.4- Análisis de laboratorio**

En las muestras de forraje y afrechillo de arroz se determinó en el Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Veterinaria, la materia seca (MS), cenizas, proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) según AOAC (2007). Las determinaciones de progesterona se realizaron en el Laboratorio de Técnicas Nucleares de la Facultad de Veterinaria, mediante RIA en fase sólida (Coat-A-Count, Siemens Healthcare Diagnostics, Deerfield, IL). La sensibilidad del ensayo fue de 0,02 ng/ML y la variación intra e inter-ensayo fue menor al 10%.

## 7.5- Análisis estadístico

Los datos de ambos experimentos fueron analizados en un diseño experimental de bloques completos al azar y usando el paquete analítico SAS (Sas Institute Inc., Cary, NT). Las variables de respuesta continuas de distribución normal (condición corporal, peso vivo del ternero, se analizaron en base a un análisis de medidas repetidas, utilizando el procedimiento MIXED de SAS (SAS Institute Inc.). El modelo incluyo suplementación, destete (en experimento 1), tiempo (si corresponde) y sus interacciones como efectos fijos y el bloque como efecto aleatorio. Las variables de distribución binomial se estudiaron utilizando un modelo generalizado (procedimiento GENMOD) incluyendo los efectos mencionadas anteriormente. La separación de medias se realizo mediante el test de Tukey. Las medias se consideraron diferentes cuando  $P \leq 0,05$  y la tendencia a diferir se considero cuando  $0,05 < P < 0,10$ .

## 7. RESULTADOS

### 8.1- Experimento 1

#### 8.1.1- Condición corporal y peso vivo del ternero

La CC de las vacas no fue afectada por la nutrición, el destete, ni su interacción a lo largo del período evaluado, promediando  $3,6 \pm 0,2$  unidades. Sin embargo, el PV de los terneros fue mayor ( $P = 0,053$ ) en el grupo suplementado y tendió ( $P = 0,083$ ) a ser mayor en los animales sin destete temporario. En promedio, el PV tendió ( $P = 0,088$ ) a aumentar  $0,96, 0,73, 1, 0,83 \pm 0,12$  kg/día respectivamente para CSD, CCD, SSD y SCD durante el período evaluado (Tabla 4).

#### 8.1.2- Reinicio de la ciclicidad ovárica

El porcentaje de vacas ciclando al final del experimento ( $24 \pm 1$  días) fue mayor ( $P = 0,054$ ) en los grupos con DT que sin el mismo ( $93,8$  vs.  $71,4\%$ ), no siendo afectado por el tratamiento nutricional ni por la interacción de estos factores (Tabla 4). Sin embargo los días a reinicio de la ciclicidad ovárica no difirieron entre tratamientos y promediaron  $19,9 \pm 1,6$  días desde el comienzo del experimento ( $124,9 \pm 5$  días posparto) (Tabla 4).

De las 25 vacas (de un total de 30) que ovularon durante el período experimental, 21 presentaron una única ovulación (84%) y 4 presentaron dos ovulaciones (16%). La duración de la fase luteal correspondiente al primer ciclo (sin determinar en 2 vacas por administración de  $\text{PGF}_{2\alpha}$ ) fue en un 82,6% (19/25) de los casos de corta duración (< 7 días), en un 17,4% de los casos (4/25) de duración normal.

#### 8.1.3- Características del folículo ovulatorio

El diámetro máximo del folículo ovulatorio no difirió entre tratamientos y promedió  $10,2 \pm 1,0$  mm. Sin embargo, la tasa de crecimiento y la duración de la onda folicular tendieron ( $P \leq 0,077$ ) a ser afectados por la interacción entre la suplementación y el destete temporario (Tabla 4). Se halló una diferencia de  $0,7$  mm/día en la tasa de crecimiento del folículo ovulatorio a favor del grupo SDT al compararlo con aquellos animales del grupo SSD. Siendo la onda folicular  $2,8$  días más corta en SDT. Las vacas del grupo CDT mostraron una tasa de crecimiento diaria  $0,5$  mm menor, y el ciclo duro en promedio  $2,6$  días más que las del grupo CSD.

Tabla 4: Respuestas productivas, actividad ovárica y características del folículo ovulatorio en vacas primíparas en anestro sin destete (CSD) y con destete temporario (CDT), y suplementadas con afrechillo de arroz integral con (SDT) y sin destete temporario (SSD).

	Tratamientos <sup>1</sup>				Valor-P <sup>2</sup>				
	CSD	CDT	SSD	SDT	EEM <sup>3</sup>	S	D	SxD	T
Vacas (n)	7	8	7	8					
<i>Respuestas productivas</i>									
Condición corporal (unidades)	3,5	3,6	3,7	3,6	0,2	0,363	0,865	0,99	0,413
PV del ternero (kg)	133,6	122,3	136,3	135,5	3,6	0,053	0,083	0,324	0,088
<i>Actividad ovárica</i>									
Vacas ciclando a final del experimento (% , n/n)	71,4(5/7)	87,5(7/8)	71,4(5/7)	100(8/8)		0,277	0,054	0,277	-
Días a reinicio de la actividad ovárica (días)	20,0	18,7	21,0	20,1	1,6	0,525	0,516	0,919	-
Ovulaciones (n) <sup>4</sup>	5	8	6	10					-
Ciclos con fases luteales de corta duración (% , n/n) <sup>5</sup>	60(3/5)	83,3(5/7)	100(4/4)	87,5(7/8)		0,149	0,616	0,228	-
<i>Características foículo ovulatorio</i>									
Tamaño máximo (mm)	11,4	9,4	10,0	10,0	1,0	0,734	0,318	0,300	-
Tasa de crecimiento (mm/día)	1,6 <sup>b</sup>	1,3 <sup>b</sup>	1,1 <sup>b</sup>	1,8 <sup>a</sup>	0,3	0,971	0,427	0,069	-
Duración onda follicular (días)	7,4 <sup>b</sup>	8,4 <sup>b</sup>	8,6 <sup>b</sup>	5,8 <sup>a</sup>	1,0	0,493	0,351	0,077	-

<sup>1</sup>CSD= grupo control sin destete, CDT= grupo control con destete temporario, SSD= grupo suplementado sin destete, SDT= grupo suplementado con destete temporario.

<sup>2</sup>S= suplementación, D=destete, SxD= interacción entre la suplementación y el destete, T= tiempo.

<sup>3</sup>EEM= Media de error estándar.

El peso vivo de los terneros analizado fue el promedio durante todo el ensayo.

Se considero el reinicio de la actividad ovárica cuando dos muestras consecutivas de sangre mostraron niveles superiores a 1ng/ml de P4.

<sup>4</sup>Número de ovulaciones durante los 25 días de tratamiento.

<sup>5</sup> La duración de la fase luteal no pudo ser determinado en 1, 2 y 2 ciclos de los tratamientos CDT, SSD, y SDT, respectivamente

No hubo interacción entre la suplementación y el destete temporario sobre las variables PV y CC.

La interacción entre la suplementación y el factor tiempo; entre el destete temporario y el tiempo; y entre la suplementación, el destete temporario y el tiempo no fueron significativas ( $P > 0,213$ ).

#### 8.1.4- Características de la población folicular y del complejo cumulus-ovocito a la castración

De las 25 vacas ovariectomizadas, 22 presentaron CL al momento de la ovariectomización. Las vacas que no estaban ciclando (ausencia de CL a la ultrasonografía) al momento de la castración pertenecían a los grupos CSD (n=1), CDT (n=1) y SDT (n=1).

El número de folículos totales no difirió entre tratamientos y promedió  $55,5 \pm 11,2$  folículos (Tabla 5). La cantidad de folículos  $> 5$  mm (clase 2 y 3) fué afectada por la interacción entre la suplementación y el destete temporario ( $P = 0,001$ ) ya que fué mayor en las vacas SSD que en CSD, CDT, SDT (Tabla 5). Este aumento en el número de folículos  $> 5$  mm corresponde a un aumento de tanto los folículos de clase 2 (de 5 a 10 mm) como de clase 3 ( $> 10$  mm). El número de folículos  $> 5$  mm saludables no difirió entre tratamientos y promedió  $1,9 \pm 0,6$  folículos, siendo estos el 46,2% de los folículos  $> 5$  mm totales (Tabla 5).

Los resultados fueron similares si se consideraron todas las vacas castradas o solo aquellas que respondieron a la PGF2 $\alpha$  (n=22, con presencia de CL funcional previo a la castración) (datos no mostrados), se determinó la respuesta ante la inyección de PGF2 $\alpha$  por una disminución repentina de progesterona plasmática.

La calidad del COC se evaluó en base al número de capas de células del cumulus y al aspecto del citoplasma (Gordon, 2003), tendió a ser superior ( $P = 0,079$ ) en las vacas suplementadas, y no difirió bajo el efecto del destete ni por la interacción de la suplementación y el destete (Tabla 5).

Tabla 5: Características de la población folicular y del complejo cumulus-ovocito de vacas primíparas en anestro sin destete (CSD) y con destete temporario (CDT), y suplementadas con afrechillo de arroz integral con (SDT) y sin destete temporario (SSD)

	Tratamientos <sup>1</sup>				Valor-P <sup>2</sup>			
	CSD	CDT	SSD	SDT	EEM <sup>3</sup>	S	D	SxD
Vacas (n)	5	7	5	8				
Vacas ciclando (n) <sup>4</sup>	4	6	5	7				
<i>Población folicular</i>								
Folículos totales (n)	48,4	53,0	51,8	68,7	11,2	0,365	0,367	0,555
Folículos > 5 mm (n)	4,0 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	6,5 <sup>a</sup>	4,8 <sup>b</sup>	0,4	0,001	0,005	0,001
Folículos clase 2 <sup>5</sup> (n)	3,6	3,3	5,2	4	0,8	0,191	0,376	0,629
Folículos clase 3 <sup>6</sup> (n)	0,2	0,4	1,0	0,2	0,14	0,360	0,366	0,763
Folículos saludables > 5 mm (n)	1,9	1,2	2,8	2,2	0,6	0,120	0,301	0,928
Proporción folículos saludables > 5mm (% , n/n)	6,8	6,9	7,6	6,9	0,5	0,497	0,545	0,413
Tamaño promedio folículos >5 mm (mm)	6,8	6,9	7,6	6,9	0,5	0,497	0,545	0,413
Tamaño promedio folículos clase 2 (mm)	6,6	6,1	6,4	5,9	0,3	0,605	0,069	0,994
Tamaño folículo de máximo diámetro (mm)	8,8	9,4	10,9	9,1	1,5	0,550	0,704	0,392
<i>Complejo cumulus-ovocito</i>								
Calidad <sup>7</sup>	2,51 <sup>y</sup>	2,07 <sup>y</sup>	2,09 <sup>xy</sup>	1,51 <sup>y</sup>	0,34	0,079	0,239	0,844
Clase 1 (% , n/n)	11,1 (1/9)	10,0 (1/10)	40,0 (4/10)	46,2 (6/13)		0,021	0,564	0,802
Clase 2 (% , n/n)	33,3 (3/9)	50,0 (5/10)	10,0 (1/10)	46,2 (6/13)		0,796	0,071	0,327
Clase 3 (% , n/n)	55,6 (5/9)	40,0 (4/10)	50,0 (5/10)	7,7 (1/13)		0,438	0,197	0,280

<sup>1</sup> CSD= grupo control sin destete, CDT= grupo control con destete temporario, SSD= grupo suplementado sin destete, SDT= grupo suplementado con destete temporario.

<sup>2</sup> S= suplementación, D=destete, SxD= interacción entre la suplementación y el destete.

<sup>3</sup> EEM= Media de error estándar

<sup>4</sup> Presencia de cuerpo luteo a la castración.

<sup>5</sup> Folículos de clase 2= folículos de 5 a 10 mm.

<sup>6</sup> Folículos de clase 3= folículos mayores a 10 mm.

<sup>7</sup> Calidad del complejo cumulus-ovocito: clase 1= calidad superior; clase 2= calidad intermedia; clase 3= calidad inferior.

## 8.2- Experimento 2



### 8.2.1- Condición corporal

La CC de las 15 vacas cíclicas promedió en  $5,6 \pm 0,1$  unidades no siendo diferente entre tratamientos a lo largo del experimento (Tabla 6). En promedio, la CC se incrementó ( $P = 0,01$ ) 0,5 unidades durante los 24 días de experimento (Tabla 5).

### 8.2.2- Características del folículo ovulatorio

Las características del folículo ovulatorio no difirieron entre los tratamientos. El diámetro máximo promedió  $12,6 \pm 0,6$  mm, la tasa de crecimiento  $1,4 \pm 0,1$  mm/día y la onda folicular duró  $9,6 \pm 0,9$  días (Tabla 6).

Tabla 6: Respuestas productivas, actividad ovárica y características del folículo ovulatorio en vacas cíclicas suplementadas (SUP) o no (CON) con afrechillo de arroz integral

	Tratamiento <sup>1</sup>			Valor-P <sup>2</sup>		
	CON	SUP	EEM <sup>3</sup>	S	T	SxT
Vacas (n)	8	7				
<i>Respuestas productivas</i>						
Condición corporal (unidades)	5,6	5,7	0,1	0,59	0,01	0,84
Ovulaciones (n) <sup>4</sup>	19	18				
<i>Características folículo ovulatorio</i>						
Tamaño máximo (mm)	12,8	12,4	0,6	0,660		-
Tasa de crecimiento (mm/día)	1,6	1,3	0,1	0,106		-
Duración onda folicular (días)	9,2	10,5	0,9	0,320		-

<sup>1</sup> CON= grupo control, SUP= grupo suplementado.

<sup>2</sup> S= suplementación, T= tiempo, NxT= interacción entre la suplementación y el tiempo.

<sup>3</sup> EEM= Media de error estandar.

<sup>4</sup> Número de ovulaciones durante los 25 días de tratamiento.

### 8.2.3- Características de la población folicular y del complejo cumulus-ovocito a la castración

Al analizar sólo las 12 vacas castradas que respondieron a la última dosis de PGF2 $\alpha$  (administrada 36 horas previas a la castración), ya que disminuyó repentinamente la progesterona plasmática, se encontró que el diámetro máximo ( $13,1 \pm 1,2$  mm) no difirió entre los dos grupos. Sin embargo, la tasa de crecimiento diaria fue 0,3 mm mayor ( $P = 0,016$ ), y la onda folicular 2,4 días más corta ( $P < 0,002$ ) en el grupo CON que en el SUP (Tabla 7).

El número de folículos totales no difirió entre tratamientos. Los folículos totales promediaron en  $36,0 \pm 11,2$ , y aquellos mayores a 5 mm en  $3,4 \pm 0,7$ . Un 70,4% de estos folículos eran saludables ( $2,8 \pm 0,4$  folículos) (Tabla 7).

La calidad del ovocito difirió ( $P = 0,006$ ) a consecuencia del efecto de la nutrición, aumentando la proporción de COC de clase 1 en el grupo suplementado (mejor calidad) (Tabla 7).

Tabla 7: Características de la población folicular y del complejo cumulus-ovocito de vacas cíclicas de carne suplementadas con afrechillo de arroz integral

	Tratamiento <sup>1</sup>			Valor-P <sup>2</sup>
	CON	SUP	EEM <sup>3</sup>	S
Vacas (n)	6	6		
<i>Características del folículo ovulatorio</i>				
Tamaño máximo (mm)	13,1	13,1	1,2	0,989
Tasa de crecimiento (mm/día)	1,9	1,4	0,1	0,016
Duración onda folicular (días)	7,6	10,0	0,7	0,002
<i>Población folicular</i>				
Folículos totales (n)	42,0	30,1	11,2	0,483
Folículos > 5mm (n)	3,4	3,5	0,7	0,947
Folículos saludables > 5mm (n)	3,1	2,5	0,4	0,354
Proporción folículos saludables > 5mm (% ,n/n)	78,3 (18/23)	61,9 (13/21)		0,226
<i>Complejo cumulus-ovocito</i>				
Calidad <sup>5</sup>	2,6	1,9	0,2	0,006
Clase 1 (% , n/n)	0,0 (0/18)	30,8 (4/13)		<0,001
Clase 2 (% , n/n)	44,4 (8/18)	46,1 (6/13)		0,593
Clase 3 (% , n/n)	55,6 (10/18)	23,1 (3/13)		0,052

<sup>1</sup> CON= grupo control, SUP= grupo suplementado.

<sup>2</sup> S= suplementación, T= tiempo, SxT= interacción entre la suplementación y el tiempo.

<sup>3</sup> EEM= Media de error estándar.

<sup>4</sup> Onda ovulatoria sincronizada con 3 inyecciones de prostaglandina previo a la castración.

<sup>5</sup> Calidad del complejo cumulus-ovocito: clase 1= calidad superior; clase 2= calidad intermedia; clase 3= calidad inferior.

## 9.DISCUSIÓN

### 9.1- Experimento 1

Los resultados del experimento reflejan que la suplementación de corto plazo con AA en combinación con el destete temporario logró mejorar el desarrollo folicular y aumentar la tasa de crecimiento. Por otro lado sólo a través del tratamiento nutricional se mejoró la calidad folicular y a través del destete temporario aumentó el porcentaje de vacas cíclicas.

Las vacas de todos los tratamientos presentaron una CC moderada, aunque menor a la recomendada para vacas primíparas al inicio del entore (recomendada= 4,5 unidades; Soca y Orcasberro, 1992) que no varió entre tratamientos. La energía extra consumida por las vacas suplementadas con AA en este periodo no se tradujo en acumulación de reservas corporales de manera inmediata, ya que la CC no varió a lo largo de experimento. Esto podría indicar que los nutrientes y energía consumidos pudieron haber sido utilizados para otros destinos (por ejemplo actividad ovárica) como fue sugerido por Camacho y col. (2005). Estos resultados estarían de acuerdo con la hipótesis de que aportes energéticos con ácidos grasos por cortos periodos y en poca cantidad pueden tener un efecto "nutracéutico" sobre los eventos reproductivos sin cambios en la CC (Williams y Stanko, 2000; Hawkins y col., 2000; Mattos y col., 2000; Blezinger, 2003; Funston, 2003). Entendiéndose por nutracéutico aquel alimento aditivo que tiene efectos fisiológicos independientemente del efecto nutritivo propio del mismo (DeFelice, 1999, citado por Williams y Stanko, 2000). Resultados similares fueron obtenidos por Soca y col. (2007) quienes en vacas Hereford primíparas que se encontraban en CC "crítica" (menor a la recomendada), no encontraron cambios en la CC cuando fueron sometidas a destete temporario y suplementadas con AA (2 kg/vaca/día).

Short y col. (1990) plantean que la prioridad de partición de nutrientes hacia la función reproductiva y el reestablecimiento de la actividad ovárica en particular, son de baja importancia como destino de uso de la energía consumida. Los tratamientos utilizados en el experimento pudieron haber producido un reordenamiento en la partición de los nutrientes. La interrupción del amamantamiento por medio de la colocación de las tablillas nasales en el grupo DT produjo un corte del drenaje de nutrientes hacia la glándula mamaria, existiendo un ahorro en energía destinada a la producción láctea (McNamara y col., 1995; Bottger y col., 2002). El efecto del DT sobre el estado del animal no es inmediato, sino que es un proceso que depende entre otros factores, de su CC y de la alimentación que recibe. Camacho y col. (2005) reportaron un aumento de la CC días después de finalizados los tratamientos de suplementación con AA y DT, y no durante los mismos. El efecto de los tratamientos sobre la CC una vez finalizado el periodo de suplementación y DT, no fue evaluado en nuestro experimento.

Según Ramírez-Godínez y col. (1982), la falta de ovulación de un folículo dominante durante el posparto está asociada a la falta de pulsos de LH, ya sea debido al estímulo de la succión y/o presencia del ternero o a una subnutrición. El DT mejoró un 22,4% la ciclicidad de las vacas que se encontraban en anestro posparto. Es posible que este resultado esté asociado a que el estímulo de la succión del ternero aumenta la sensibilidad del hipotálamo al feedback negativo del estradiol a GnRH-LH (Yavas y Walton, 2000; Mc Neilly, 2001; citado por Sinclair, 2008) y por lo tanto, al impedir esta succión se desinhibe el eje hipotálamo-hipofisario y así se podría alcanzar el pico de LH necesario para la ovulación. Por otra parte también la presencia del ternero estaría inhibiendo éste eje, pero está demostrado que luego de la primer semana de la aplicación de la tablilla hay una disminución en los intentos del amamantamiento, por lo que se sugiere que el entablillado durante 14 días estaría simulando una situación semejante al destete definitivo, donde hay separación materno-filial (Stahinger, 2001). Adicionalmente, Quintans y col. (2009) justificaron un mayor porcentaje de ovulación postparto obtenida en vacas primíparas de media y buena CC (27% superior que el obtenido en un grupo control) debido a la reducción de los requerimientos energéticos para la producción láctea (repartición de nutrientes), ya que la restricción de la succión durante 14 días disminuye un 60 % la producción láctea (Quintans y col., 2010). Resultados nacionales (Orcasberro y col., 1991) reportaron un aumento en el porcentaje de preñez a consecuencia de DT en vacas con CC de 3,5 a 4 unidades (escala de 1 a 8, Vizcarra y col., 1986). En otro estudio posterior Quintans y col. (2010) reportaron una disminución del intervalo de anestro postparto a consecuencia de DT con tablillas.

Generalmente la primera ovulación luego del parto es siliente y el ciclo que le sigue en más del 70% de las vacas es de corta duración (Crowe, 2008). De manera similar, en nuestro trabajo, independientemente de los tratamientos, un 82% de las vacas presentaron un ciclo de corta duración. Este ciclo corto inicial podría ser el responsable de proporcionar un período de exposición previa de P4 para que junto con el aumento posterior de los niveles de estrógeno se produzca la ovulación y el comportamiento del celo (Ramírez-Godínez y col., 1982).

Al estudiar la población folicular se vio como la suplementación aumentó el número de folículos de clase 2 (5 a 10 mm) como también los de clase 3 (>10 mm), teniendo un efecto contrario la interacción con el DT. Se han reportado resultados similares con respecto a la suplementación sobre el número de folículos, disminuyendo los de menor diámetro (3 a 5 mm) y aumentando los de mayor (mayor a 6 mm) (Lucy, 1991; Staples y col., 1998; Hess y col., 2002). De forma similar, Grimard y col. (1995) señalaron que el aporte nutricional no influyó sobre el número de folículos pequeños y medianos, pero sí aumentaron los folículos de mayor diámetro.

La suplementación y el DT no afectaron las características del folículo ovulatorio, sin embargo la interacción entre ambos tratamientos influyó positivamente sobre la

tasa de crecimiento folicular y por ende sobre la duración de la onda. No se encontró ningún antecedente que haya evaluado la interacción entre estos tratamientos, pero varios autores han reportado efectos positivos de la suplementación lipídica sobre el crecimiento folicular (Lucy y col., 1992; Beam y Butler, 1997; De Fries y col., 1998; Staples y col., 1998; Hawkins y col., 2000; Hess y col., 2002; Blezinger, 2003). Esto ha sido asociado a que el aumento de la energía ingerida incrementa la concentración de glucosa, y subsecuentemente aumenta la concentración de insulina, estimulando de esta forma la diferenciación y maduración del folículo dominante (Gong y col., 2002, Thomas y col., 1997). Paralelamente, la insulina puede estimular a nivel hepático la producción de IGF-1 (Webb y col., 2004) y consecuentemente estimular el crecimiento folicular. En contraposición a estos resultados, Burns y Filley (2002) no hallaron diferencias sobre el desarrollo folicular entre animales suplementados con AA. Por otra parte, Quintans y col. (2010) reportaron mayores concentraciones de insulina en vacas con DT de 14 días con tablilla nasal que sin el mismo, lo que estuvo asociado a una menor duración del anestro postparto.

Lucy y col. (1992) reportaron que al final de la maduración folicular puede coexistir una deficiencia energética que podría retrasar el crecimiento folicular. Esto podría explicar que en nuestro experimento, la tasa de crecimiento del folículo dominante tendiera a ser mayor en vacas suplementadas y sometidas a DT ya que serían aquellas en mejor status energético, lo cual podría aumentar la energía disponible destinada a la reproducción, particularmente particionada hacia el ovario. Al lograr aumentar la tasa de crecimiento y disminuir la duración de la onda folicular, se podría obtener mayor fertilidad, pues la ovulación de un folículo más joven esta correlacionado con mayor fertilidad (Towson y col., 2002).

La calidad del COC fue superior en las vacas suplementadas, lo que se podría atribuir a que una dieta alta en ácidos grasos (PUFA) altera los fosfolípidos plasmáticos, de las células del cumulus y altera las propiedades de la membrana del ovocito, lo que produce una mejoría en la calidad del ovocito (Zeron y col., 2002).

Los terneros pertenecientes a los grupos suplementados pesaron más que los del grupo control. Este resultado es similar a lo reportado por Espinoza y col. (2010) quienes hallaron un incremento tanto en la producción láctea como en el crecimiento de los terneros al incorporar grasas en un suplemento administrado durante los períodos pre y postparto de vacas carniceras. Por otra parte, McDonald y col. (2002) reportaron que el pico de lactancia en vacas de leche se da al día 60 posparto, y Silva (comunicación personal, 2008) sugiere que luego de este periodo los terneros pueden obtener energía del pasto u otros alimentos. Los terneros utilizados en el ensayo presentaban un desarrollo digestivo que les permito ingerir alimento sólido, ya que a las 4 semanas de vida el rumen ya tiene 4 a 8 veces su peso de nacimiento (comunicación personal Silva R., 2008). Es así, que la mayor ganancia de los terneros en los grupos suplementados podría deberse a la ingesta directa de AA por parte de estos.

El impedir la ingesta de leche durante 14 días mediante la aplicación de tablillas nasales en los grupos con DT tendió a disminuir la ganancia diaria de peso de los terneros. Este resultado coincide con Quintans y Salta (1988), que demostraron que estas ganancias suelen ser entre el 20 y el 40% de la que obtienen los terneros al pie de la madre. Sin embargo, estos autores así como en varios trabajos nacionales (Orcasberro, 1991; De Castro y col., 2002) demostraron que no existen diferencias en el PV del ternero al momento del destete definitivo entre grupos que fueron sometidos o no a DT, asociado a mayores tasas de ganancia del grupo destetado una vez que finaliza el DT y los terneros vuelven al pie de la madre. Este efecto compensatorio no se evaluó en nuestro experimento ya que el mismo finalizó inmediatamente terminado el DT.

## **9.2- Experimento 2**

En este estudio, la suplementación con AA no afectó el diámetro máximo del folículo ovulatorio, pero sí disminuyó la tasa de crecimiento del folículo dominante y aumentó la duración de la onda folicular ovulatoria. El efecto positivo de este tratamiento nutricional fue mejorar la calidad del ovocito.

La CC se incrementó en 0,5 unidades durante el experimento en ambos tratamientos, reflejando un balance energético positivo (Beam y Butler, 1997), tanto en las vacas con y sin suplementación.

Thomas y col. (1997) reportaron que suplementar con una dieta alta en PUFA a vacas no lactando (Brahman x Hereford) aumentó el número de folículos medianos. Estos resultados se oponen a los obtenidos en el presente experimento en los que la población folicular no estuvo afectada por la suplementación. Esto se podría atribuir a la buena CC que presentaban las vacas durante el ensayo, ya que como fue mencionado Thomas y col. (1997) reportaron que el objetivo de una suplementación grasa en el posparto temprano o tardío es prevenir la disminución de GH pero solamente en aquellas vacas que presenten una CC moderada.

El crecimiento folicular puede ser modificado mediante manejos nutritivo (Lucy y col., 1992). Ha sido reportado que dietas con agregados de PUFA producen un aumento del colesterol, de GH y de insulina en sangre, así como de la concentración de lipoproteínas intrafoliculares y de IGF-I en el tejido luteal (Thomas y col., 1997). La respuesta reproductiva ante una suplementación grasa puede ser muy variable ya que es un factor que depende de condiciones individuales de cada animal, siendo la CC un factor determinante (Kinder y col., 1987; Randel, 1990 citado por Williams y Stanko, 2000). La alta CC de las vacas cíclicas podría ser la razón por la cual el tratamiento nutricional resultó desfavorable sobre las características foliculares, produciendo un aumento en la duración de la onda folicular (Santos, 1996). Estos resultados podrían alterar la

actividad ovárica, pues si el crecimiento folicular es más lento la ovulación lograda va a ser de un folículo avejentado (Gatica, 1996).

La suplementación grasa logró mejorar la calidad del ovocito de tal forma que podría compensar los efectos negativos sobre el desarrollo folicular. Este resultado es opuesto al reportado por Adamiak y col. (2005) quienes afirmaron que el efecto de la suplementación depende de la CC del animal en vacas con baja CC alimentadas con PUFA hay un efecto benéfico sobre la calidad de los ovocitos, pero el efecto es variable en animales de alta CC, debido a la hiperinsulinemia que puede causar.

## **10. CONCLUSIONES**

**1-** La CC de las vacas no fue afectada por el tratamiento nutricional en vacas en anestro ni cíclicas a comienzo del experimento. Sin embargo el PV de los terneros tendió a disminuir por el efecto del destete temporario pero aumentó a consecuencia de la suplementación corta con AA.

**2-** La suplementación con AA en conjunto con el destete temporario afectó el desarrollo folicular, aumentando la tasa de crecimiento del folículo ovulatorio y acortó duración de la onda folicular en vacas en anestro a comienzo del experimento. Sin embargo, la suplementación disminuyó la tasa de crecimiento del folículo ovulatorio y alargó la duración de la onda folicular en vacas cíclicas al comienzo del experimento.

**3-** La calidad del cumulus-ovocito fue mejorada a partir de la suplementación corta con AA tanto en vacas en anestro como cíclicas al comienzo del experimento.

**4-** El destete temporario logró aumentar el porcentaje de vacas ciclando al final del experimento.

Implicancias: los efectos positivos a nivel reproductivo que puede tener la suplementación corta con AA parecerían estar explicados, al menos parcialmente, por su efecto a nivel del ovario, ya que logró mejorar el desarrollo folicular en las vacas en anestro y la calidad del COC tanto en vacas cíclicas como en anestro.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Adamiak, S.J., Mackie, K., Watt, R.G., Webb, R., Sinclair, K.D. (2005). Impact of nutrition on oocyte quality: Cumulative effects of body composition and diet leading to hyperinsulinemia in cattle. *Biol. Rreprod*; 73; 918-926.
2. A.O.A.C. (2007). *Carbohydrate Analysis: Column Chemistries and Detection*. Disponible en: [www.aafco.org/portals/0/labmethods/carbohidrates\\_AOAC\\_2007.pdf](http://www.aafco.org/portals/0/labmethods/carbohidrates_AOAC_2007.pdf). Fecha de consulta: 14 de Diciembre del 2010: 9:05am.
3. Bao, B.; Garverick, H.A. (1998). Expression of steroidogenic enzymes and gonadotropin receptor genes in bovine follicles during ovarian follicular waves: a review. *J. Anim. Sci.*; 76:1903-1921.
4. Beam, S.W.; Butler, W.R. (1997). Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol. Reprod*; 56:133-142.
5. Beam, S.W.; Butler, W.R. (1999). Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*; 54:411-424.
6. Bleach, E.; Glencross, R.G.; Feist, S.A.; Groome, N.P.; Knight, P.G. (2001). Plasma inhibin in heifers: Relationship with follicle dynamics, gonadotropins on steroids during the estrous cycle and after treatment with bovine follicular fluid. *Biol. Reprod.*; 64:743-752.
7. Blezinger, S.B. (2003). Including fat in rations can benefit reproduction. Disponible en: <http://www.cattletoday.com/archive/2003/may/CT266.shtml> Fecha de consulta: 20 de mayo de 2010 a las 14:15 horas.
8. Bó, A.G. (2006). *Fisiología de la reproducción de la vaca*. Insituto de Reproducción Animal Córdoba, 1° Ed.; 5-30.
9. Bottger, J.D.; Hess, B.W.; Alexander, B.M.; Nixon, D.L.; Woodard, L.F.; Funston, R.N.; Halford, D.M.; Moss, G.E. (2002). Effects of supplementation

- with high linolenic or oleic cracked safflower seeds on postpartum reproduction and calf performance of primiparous beef heifers. *J. Anim. Sci.*; 80: 2023-2030.
10. Burns, P; Filley, S. (2002). Supplemental fat in heifer and cows rations. Western Beef Resource Committe. Cattle Producer`s Library; Nutrition Section: 325-1-325-4.
  11. Butler, W.R. (2000). Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.*; 60-61:49-459.
  12. Britt, J.H. (1995). Relationships between postpartum nutrition, weight loss and fertility. *Cattle Pract.* 3 (1):79-83.
  13. Camacho, P.; Saà, A.; Manizo, J.; Rodriguez Irazoqui (2005). Aplicación de destete temporario con afrechillo de arroz a vacas en anestro, como estrategias para mejorar la eficiencia reproductiva. Tesis de grado Universidad de la República, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay, 50p.
  14. Campbell, B.K.; Scaramuzzi, R.J.; Webb, R. (1995). Control of antral follicle development and selection in sheep and cattle. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 49:335-350.
  15. Canales, E.S.; Fonseca, M.E.; Mason, M.; Zárata, A. (1981). Feedback effect of estradiol on follicle-stimulating hormone and prolactin secretion during the puerperium. *Int. J. Gyn. Obstet.*;19(1):79-81.
  16. Canfield, R.W.; Sniffen, C.J.; Buttler, W.R. (1990). Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J. Anim. Sci.*; 73: 2342-2349.
  17. Crowe, M.C. (2008). Resumption of Ovarian Cyclicity in Post-partum Beef and Dairy cows. *Reprod. Dom. Anim.*; 43(Suppl. 5): 20–28.
  18. De Castro, T.; Ibarra, D.; Valdéz, L.; Rodríguez, M.; García Lagos, F.; Benquet, N.; Rubianes, E. (2002). Medidas para acortar el anestro posparto en la vaca de cría. 1<sup>er</sup> Premio Academia Nacional de Veterinaria, 43p.
  19. De Castro, T. (2006). Alternativas hormonales y de manejo del amamantamiento para incrementar la eficiencia reproductiva en vacas de cría. Tesis de maestría en reproducción animal, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay: 35p.

20. De Fries, C.A.; Neuendorff, D.A.; Randel, R.D. (1998). Fat supplementation influences postpartum reproductive performance in Brahman cows. *J. Anim. Sci.*; 76:864-870.
21. De Grossi, A. (2003). Control del amamantamiento, Disponible en: [www.planagro.com.uy](http://www.planagro.com.uy). Instituto Plan Agropecuario; Dic. 2003:37-42. Fecha de consulta 12 de Mayo de 2010 a las 16:32 horas.
22. Diskin, M.G.; Mackey, D.R.; Roche, J.F.; Sreenan, J.M. (2003). Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim. Reprod. Sci.*; 78 (3-4):345-370.
23. Dutto, L. (1973) Castración de vacas. Montevideo, Uruguay: Ed. Hemisferio Sur: 35p.
24. Do Carmo, M. (2006). Efecto del destete temporario y suplementación energética de corta duración sobre el comportamiento reproductivo y productivo de las vacas de cría primíparas. Tesis Facultad Agronomía. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 62p.
25. Domenech, J.A.; Lopez, M.V.; Pereyra, G (2007). Evaluación del destete temporario y la suplementación energética posparto de corta duración como alternativa para mejorar la performance reproductiva y productiva en vacas primíparas de raza Hereford. Tesis de grado Universidad de la República, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay, 72p.
26. Espinoza-Villavicencio, J.L.; Ortega-Pérez, R.; Palacios-Espinosa, A.; Guillén-Trujillo, A. (2010). Efecto de la suplementación de grasas sobre características productivas, tasas de preñez y algunos metabolitos de los lípidos en vacas para carne en pastoreo. *Arch. Med. Vet.*; 42: 25-32.
27. FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal) (1997). Disponible en:<http://www.etsia.upm.es/fedna/publi.htm>, Fecha de consulta 29 de Marzo de 2010 a las 16:45 horas.
28. Franco, J.; Feed, O. (1995). Control de amamantamiento-destete temporario. Tercer curso de Reciclaje Facultad de Veterinaria. Paysandú, Uruguay; D1-D12.

29. Funston, R.N. (2004). Fat supplementation and reproduction in beef females. *J. Anim. Sci.*; 82: E154-E161.
30. Gaines, J. (1989). The relationship between nutrition and fertility in dairy herds. *Vet. Med.*; 84(10):997-1002.
31. Gatica, R. (1996). Vaca repetidora y mortalidad embrionaria. XXIV Jornadas Técnicas Uruguayas de Buiatria. Paysandú, Uruguay; D1-D11.
32. Gayo, J. (2003). Control del amamantamiento, Disponible en: [www.planagro.com.uy](http://www.planagro.com.uy). Instituto Plan Agropecuario; Dic.2003: 37-42.Fecha de consulta 13 de marzo de 2010 a las 9:20 horas.
33. Gazal, O.S.; Gusman-Vega, G.A.; Williams, G.L. (1999). Effects of time of suckling during the solar day on duration of the postpartum anovulatory interval in Brhman x Hereford (F1) cows. *J. Anim. Sci.*; 77: 1044-1047.
34. Ginther, O.J.; Beg, M.A.; Bergfelt; Kot K. (2002). Role of low circulating FSH concentrations in controlling the interval to emergence of the subsequent follicular wave in cattle. *Reproduction*; 124:475-482.
35. Grimard, B.; Humblot, P.; Ponter, A.; Mialot, J.P.; Sauvant, D.; Thibier, M. (1995). Influence of postpartum energy restriction on energy status, plasma LH and oestradiol secretion and follicular development in suckled beef cows. *J. Reprod. Fertil.*; 104: 173-179.
36. Grummer, R.R.; Carroll, D.J. (1991). Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. *J. Anim. Sci.*; 69:3838-3852.
37. Gong, J.G.; Lee, W.J.; Garnsworthy, P.C.; Webb, R. (2002). Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. *Reproduction*; 123:419-427.
38. Goodman, R.L.; Karsch, E.J. (1980). Pulsatile secretion of luteinizing hormone: differential suppression by ovarian steroids. *Endocrinology*; 107:1286-1291.
39. Gordon, 2003. Laboratory Production of Cattle Embryos. *Irland. Biotechnology in Agriculture No. 27; 2a. ed.: 548p.*

40. Hawkins, D.E.; Niswender, K.D.; Oss, G.M.; Moeller, C.L.; Odde, K.G.; Sawyer, R.H.; Niswender, G.D. (1995). An increase in serum lipids increases luteal lipid content and alters the disappearance rate of progesterone in cows. *J. Anim. Sci.*; 72:541-545.
41. Hawkins, D.E.; Niswender, K.D.; Oss, G.M.; Moeller, C.L.; Odde, K.G.; Sawyer, J.E.; Waterman, R.C. (2000). Can beef heifers and young postpartum cow be physiologically and nutritionally manipulated to optimize reproductive efficiency? *Proc. Amer. Soc. Anim. Sci.*; 51:1-10.
42. Hess, B.W.; Rule, D.C.; Moss, G.E. (2002). High fat supplements for reproducing beef cows: Have we discovered the magic bullet? *Proc Pacific Northwest Anim Nutr.Conf*: 59-83.
43. Hess, B.W.; Lake, S.L.; Scholljegerdes, E.J.; Weston, T.R.; Nayigihugu, V.; Molle, J.D.C.; Moss, G.E. (2005). Nutritional controls of beef cows reproduction. *J. Anim. Sci*; 83 (Suppl.):90-106.
44. Hoffman, D.P.; Stevenson, J.; Minton, J.E. (1996). Restricting calf presence without sucking compared with weaning prolongs postpartum anaovulation in beef cattle. *J. Anim. Sci.*; 74:190-198.
45. Jiménez de Aréchaga, C ; Pittaluga, O; Quintans,G. (2008). Impacto de la mejora nutricional posparto junto a um destete temporario sobre la tasa de preñez em vacas bradford primíparas. *Revista INIA ,Serie Técnica*; 174:147-152.
46. Lucy, M.C.; Staples, C.R.; Michel, F.M.; Thacher, W.W. (1991). Energy balance, size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *J. Dairy. Sci.*; 74: 473-482.
47. Lucy M.C., Savio J.D., Bading L., De La Sota R.L., Thatcher W.W. (1992). Factors that affect ovarian follicular dynamics in cattle. *J. Anim. Sci*; 70:3615-3626.
48. Mattos, R; Staples, CR; Tatcher, WW (2000). Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Rev. Reprod.*; 5:38-45.
49. McDonald, P.; Edwards, R.A.; Greenhalgh, J.F.D.; Morgan, C.A. (2002). *Animal Nutrition*. London: Prentice Hall (Pearson Education): 589p.

50. McNamara, J.P.; Harrison, J.H.; Kincaid, R.L.; Waltner, S.S. (1995). Lipid metabolism in adipose tissue of cows fed high fat diets during lactation. *J. Dairy Sci.*; 78:2782–2796.
51. McNatty, K.P.; Heath D.A.; Henderson, K.M.; Lum, S.; Hurst, P.R.; Ellis, L.M.; Montgomery, G.W.; Morrison, L. y Thurley, D.C. (1984). Some aspects of thecal and granulosa cell function during follicular development in the bovine ovary. *J. Reprod. Fertil*; 72: 39-53.
52. Mc Neilly, A.S. (2001). Neuroendocrine changes and fertility in breast-feeding women. *Prog. Brain Res.*; 133: 207-214.
53. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias (2010). Boletín informático, contribución al conocimiento de la ganadería, mediante la declaración jurada de DI.CO.SE. Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA). Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,70,O,S,0,MNU;E;41;1;MNU> . Fecha de consulta 5 de Octubre de 2010 a las 10:43.
54. Montiel, F.; Ahuja, C. (2005). Body condition and sucking as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle; a review. *Anim. Reprod. Sci.*; 85:1-26.
55. Murphy, G.M.G.; Boland, M.R.; Roche, J.F. (1990). Patterns of follicular growth and resumption of ovarian activity in postpartum beef sucker cows. *J. Reprod. Fertil.*; 90:522-533.
56. Orcasberro, R. (1991). Estado corporal, control del amamantamiento y performance reproductiva en rodeo de cria. *Revista INIA, Serie Técnica*; 13:158-169.
57. Padmanabhan, V.; Convey, E.M.; Roche, J.F.; Ireland, J.J. (1984). Changes in inhibin-like bioactivity in ovulatory and atretic follicles and utero-ovarian venous blood after prostaglandin-induced luteolysis in heifers. *Endocrinology*; 115(4):1332-40.
58. Parker, K.I.; Robertson, D.M.; Groome, N.P.; Macmillan K.L. (2003). Plasma concentrations of inhibin and follicle stimulating hormone differ between cows

- and two or three waves of ovarian follicular development in a single estrous cycle. *Biol. Reprod*; 68: 822-828.
59. Pereira, G.; Soca, P. (1999). Aspectos relevantes de la cría vacuna en Uruguay. Instituto Plan Agropecuario. San Gregorio-Uruguay; 1-14. Disponible en: [www.fagro.edu.uy/ccss/docs/econom\\_agricola/index.html\\_8k](http://www.fagro.edu.uy/ccss/docs/econom_agricola/index.html_8k). Fecha de consulta: 13 de abril de 2010 a las 15:13 horas.
  60. Pérez Clariget, R.; Carriquiry, M.; Soca, P. (2007). Estrategias de manejo nutricional para mejorar la reproducción en ganado bovino. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cuzco-Perú. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*; 15 (supl. 1): 114-119.
  61. Quintans, G.; Salta, V. (1988). Efecto del destete temporario en el comportamiento reproductivo de vacas de carne. Uruguay, Montevideo. *Jornadas Técnicas en la Facultad de Agronomía*: p.105-108.
  62. Quintans, G. (2000). Importancia del efecto del Amamantamiento posparto en vacas de carne. *Revista INIA Uruguay, Serie Técnica*; 108:29-31.
  63. Quintans, G.; Vazquez, A. (2002). Mejora en los índices de procreo vacunos en sistemas ganaderos. Efecto del destete temporario y precoz sobre el período posparto en vacas primíparas. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. *Actividades de Difusión N° 288*: 110-121.
  64. Quintans, G.; Viñoles, C.; Sinclair, K.D. (2004). Follicular growth on ovulation in postpartum beef cows following calf renoval and GnRH treatment. *Anim. Reprod. Sci*; 80: 5-14.
  65. Quintans, G. (2005). Algunas consideraciones sobre el manejo del rodeo de cría previo al entore. *Rev Hereford.*; 70 (636): 44-52. Disponible en: <http://www.produccionbovina.com>. Fecha de consulta: 22 de abril de 2010 a las 8:15 horas.
  66. Quintans, G.; Banchemo, G.; Lopez, C.; Balde, F. (2008). Condición corporal y restricción del amamantamiento en vacas de carne. *Jornadas Uruguayas de Buiatria. XXXVI, Paysandú, Uruguay*, p: 196-197.
  67. Quintans, G; Jiménez de Aréchaga, C; Velazco, J I; Vazquez, A I. (2008). Evaluación del destete a corral por 14 días sobre el desempeño reproductivo

en vacas de carne primíparas y multíparas y el crecimiento de sus terneros. *Revista INIA, Serie Técnica*; 174:153-164.

68. Quintans G.; Vázquez, A.I.; Weigel, K.A. (2009). Effect of suckling restriction with nose plates and premature weaning on postpartum anoestrous interval in primiparous cows under range conditions. *Anim. Reprod. Sci.*; 116: 10-18.
69. Quintans, G.; Banchemo, G.; Carriquiry, M., López-Mazz, C.; Baldi, F. (2010). Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. *Anim. Prod. Sci.*; 50: 931–938.
70. Rabiee, A.R.; Lean, I.J.; Gooden, M.J.; Miller, B.G. (1999). Relationships among metabolites influencing ovarian function in the dairy cow. *J. Dairy. Sci*; 82:89-44.
71. Ramírez-Godínez, J.A.; Kiracofe, G.H.; Carnahan, D.L.; Spire, M.F.; Beeman, K.B.; Stevenson, J.S.; Schalles, R.R. (1982). Evidence for ovulation and fertilization in beef cows with short estrus cycles. *Theriogenology*; 17(4):409-414.
72. Randel, R.D.E. (1990). Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.*; 68:853-862.
73. Richards, M.W.; Spitzer, J.C.; Warner, M.B. (1986). Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving of subsequent reproductive. Performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.*; 62:300-306.
74. Roche, J.F.; Diskin, M.G. (2005). Efecto de la nutrición sobre la eficiencia reproductiva de los Bovinos. *Jornadas Uruguayas de Buiatría. XXXIII, Paysandú, Uruguay*, p.21-26.
75. Salfen, B.E.; Kojima, F.M.; Bader, J.F.; Smith, M.F.; Garverick, H.A. (2001). Effect of short- term calf removal at three stages of a follicular wave on fate of a dominant follicular in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.*; 79:2688-2697.
76. Santos, J.E.P. (1996). Effect of degree of fatness prepartum on lactational performance and follicular development of early lactation dairy cows. M. Sc. Thesis. Dept. Animal Science, University of Arizona. Tucson, AZ.

77. Savio, J.D.; Keenan, L.; Boland, M.P.; Roche, J.F. (1988). Pattern of growth of dominant follicles during the estrous cycle of heifers. *J. Reprod. Fert.*;83:663-671.
78. Selner, D.R.; Schultz, L.H. (1980). Effects of feeding oleic acid or hydrogenated vegetable oils to lactating cows. *J. Dairy Sci.*; 58:1235–1241.
79. Scherf, B.D. (1997). Regiones globales - razas en situación: América latina y el caribe. Lista mundial de vigilancia para la diversidad de los animales domésticos (2a ed). FAO, UNEP. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/v8300s/v8300s00.htm>. Fecha de consulta: 22 de Octubre del 2010 a las 18:10 horas.
80. Shashank, R.J. Nutritional Significance of Rice bran Oil. Disponible en: <http://www.chempro.in/nationalricebrannutri.htm>. Fecha de consulta: 1 de Octubre 2010 a las 18:56 horas.
81. Shively T.E., Williams G.L. (1987). Premature calf return attenuates neuroendocrine and ovarian responses to temporary weaning in anestrous cows. *J. Anim. Sci.*; 65 (Suppl. 1): 435.
82. Short, R.E.; Bellows, R.A.; Staigmiller, R.B.; Berardinelli, J.G.; Custer, E.E. (1990). Physiological mechanism controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.*; 68: 799-816.
83. Simeone A. (2000). Destete temporario, destete precoz y comportamiento reproductivo en vacas de cría en Uruguay. En Quintans G. Estrategia para acortar el anestro posparto en vacas de carne. *Revista INIA, Uruguay; Serie Técnica*; 108:35-38.
84. Sinclair, K.D. (2008). Lactational Anoestrus in Cattle: Lessons from Suckled Beef Cow. Seminario Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Uruguay, Montevideo. Facultad de Agronomía, Facultad de Veterinaria. p. 24-31.
85. Soca, P; Orcasberro (1992). Propuesta de manejo del rodeo de cría en base a estado corporal, altura del pasto y aplicación del destete temporario. Jornada Evaluación Física y Económica de Alternativas Tecnológicas para la Cría en

- predios ganaderos. 9 de Octubre 1992. Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Uruguay, Paysandú: 52p.
86. Soca, P.; Barreto, G.; Perez, R. (2002). Efecto de la suplementación energética de la corta duración y destete temporario sobre la performance reproductiva de vacas de cría de pastoreo. *Rev. Arg. Prod. Anim.*; 22:298-299.
87. Soca, P.; Do Carmo, M.; Olivera, J.; Perez, R.; Rodríguez-Irazoqui, M. (2007). La suplementación energética de corta duración: ¿Mejora la eficiencia reproductiva de vacas primíparas en anestro posparto bajo pastoreo de pastizal nativo? *Jornadas Uruguayas de Buiatria. XXXV*, Paysandú, Uruguay, p.42-52.
88. Soca, P.; Rodríguez, M.; Olivera, J.; Villegas, N.; Claramunt, M. (2007). Efecto de la suplementación energética de corta duración y el destete temporario sobre el tamaño folicular y preñez temprana de vacas primíparas en anestro. *Jornadas Uruguayas de Buiatria. XXXV*, Paysandú, Uruguay, p. 303-305.
89. Soca, P.; Olmos, F.; Espasandín, A.; Bentancur, D.; Preyra, F.; Cal, V.; Sosa, M.; Do Carmo, M (2008). Herramientas para mejorar la utilización del campo natural, el ingreso económico de la cría y atenuar los efectos de la variabilidad climática en sistemas de cría vacuna del Uruguay. a – impacto en cambios en la estrategia de asignación de forraje sobre la productividad de diversos grupos genéticos bajo pastoreo del campo natural. *Revista INIA, Uruguay; Serie Técnica 174*:110-120.
90. Stahringer, R.; Maidana, G.; Suarez, L.; Maldonada Vargas, P. (2001). Sincronización de vacas de segundo servicio sometidas a destete precoz e inseminación sistemática. *Simposio Internacional de Reproducción Animal. Huerta Grande. Córdoba*, p.252 (Resumen).
91. Staples, C.R.; Burke, J.M.; Thacher, W.W. (1998). Optimizing energy nutrition for reproducing dairy cows. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lacting cows. *J. Dairy. Sci.*; 81:857-871.

92. Thomas, M.G.; Bob, B.; Williams, G.L. (1997). Dietary fats varying in their fatty acids composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. *J. Anim. Sci.*; 75:2512-2519.
93. Towson, D.H.; Tsang, P.C.W.; Butler, W.R.; Frajblat, M.; Griel, L.C.; Jonson, C.J.; Milvae, R.A.; Niksic, G.M.; Pate, J. (2002). Relationship of fertility to ovarian follicular waves before breeding in dairy cows. *J. Anim. Sci.*; 80:1053-1058.
94. Ungerfeld, R. (2002). *Reproducción en animales domésticos*. Montevideo. Melibea, 289p.
95. Viñoles, C.; Forsberg, M.; Banchero, G.; Rubianes, E. (2002). Ovarian Follicular dynamics and endocrine eprofiles in Polwarth ewes with Highand low body condition. *J. Anim. Sci.*; 74:539–545.
96. Viñoles, C.; Forsberg, M.; Martin, G.B.; Cajarville, C.; Repetto, J.; Meikle, A. (2005). Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction*; 129:299-309.
97. Vizcarra, J.A., Ibañez, W., Orcasberro, R., (1986). Repeatability and reproducibility of two sistems to evaluate body condition in Hereford beef cows. *Inestigaciones Agronómicas*; 7:45-47.
98. Watterman, R.P.; Bossis, L. (1999). Energy intake regulates ovarian function in beef cattle. *Proc Amer Soc Anim Sci*; 1-10. Disponible en: <http://www.asas.org/JAS/symposia/proceeding/0934.pdf>. Fecha de consulta 22 de marzo de 2010 a las 13:44 horas.
99. Webb, R.; Campbell, B.K.; Gaverick, M.A.; Gong, J.G.; Gutierrez, C.G.; Armstrong, D.G. (1999). Molecular mechanisms regulating follicular recruitment and selection. *Reprod. Dom. Rum.*; 54:33-48.
100. Webb, D.E.; Lewis, A.W.; Newendorf, D.A.; Rendel, R.D. (2001). Effects of dietary rice bran, lasalocid and sex of calf on postpartum reproduction in Brahaman cows. *J. Anim. Sci.*; 29:2968-2974.

101. Webb, R.; Garnsworthy, P.C.; Gong, J.G.; Armstrong, D.G. (2004). Control of follicular growth: Local interactions and nutritional influences. *J. Anim. Sci.*; 82:63-74.
102. Williams, G.L.; Stanko, R.L.; (2000). Dietary fats as reproductive nutraceuticals in beef cattle. *J. Anim. Sci.*; 77:1-12.
103. Williams, S.A.; Blache, D.; Martin, G.B.; Foot, R.; Blackberry, M.A. (2003). Effect of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim. Reprod. Sci.*; 78:345-370.
104. Wiltbank, J.M.; Rowden, W.W.; Ingalls, J.E.; Regory, K.E. (1962). Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. *J. Anim. Sci.*; 21:219-225.
105. Wiltbank, M., Lopez, H., Sartori, R., Sangsritavong, S. (2006). Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology*; 65:17-29.
106. Wonnacott, K.E., Kwong, W.Y., Hughes, J., Salter, A.M., Lea, R.G., Garnsworthy, P.C., Sinclair, K.D. (2010). Dietary omega-3 and -6 polyunsaturated fatty acids affect the composition and development of sheep granulosa cells, oocytes and embryos. *Reproduction*; 139: 57-69.
107. Yavas, Y., Walton, J.S. (2000). Postpartum Acyclicity in suckled beef cows: a review. *Theriogenology*; 54: 25-55.
108. Zeron, Y.; Skaland, D.; Arav, A. (2002) effect of polyunsaturated fatty supplementation on biophysical parameters and chilling sensitivity of ewe oocytes. *Molecular Reproduction Development*; 61(2):271-278.