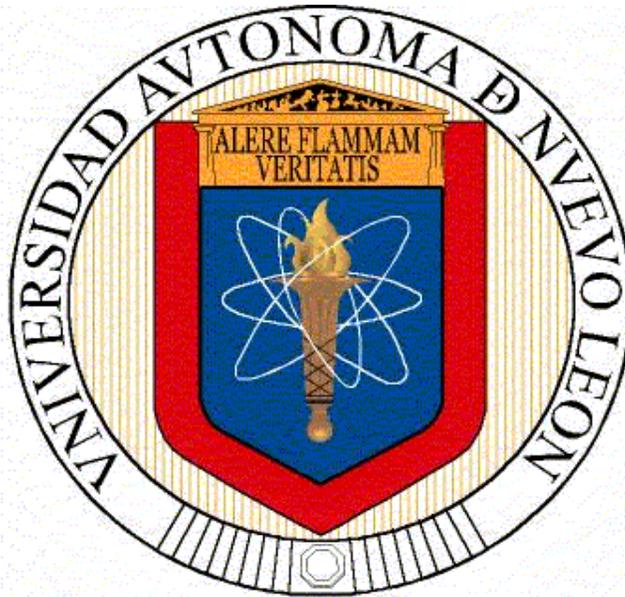


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
POSGRADO CONJUNTO**



**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON DOS SUBPRODUCTOS
AGROINDUSTRIALES Y REINSERCIÓN DE CIDR SOBRE EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO EN VACAS
CHAROLAIS**

**TESIS
QUE PRESENTA**

ESTELA GARZA BRENNER

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE: MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL**

GENERAL ESCOBEDO, N.L., MÉXICO

JULIO 2014

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON DOS SUBPRODUCTOS
AGROINDUSTRIALES Y REINSERCIÓN DE CIDR SOBRE EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO EN VACAS CHAROLAIS

TESIS

Como requisito parcial para obtener el grado de:
MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL

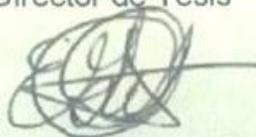
PRESENTA

ING. AGR. ESTELA GARZA BRENNER

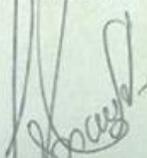
Comité de tesis:



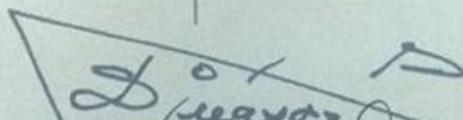
Dr. sc. agr. Hugo Bernal Barragán
Director de Tesis



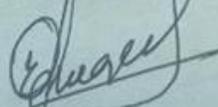
Ph. D. Erasmo Gutiérrez Ornelas
Co-Asesor



Dr. Fernando Sánchez Dávila
Co-Asesor



Dr. Arturo Saúl Juárez Reyes
Co-Asesor



Ph. D. Emilio Olivares Sáenz
Co-Asesor

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Lic. José Jaime Garza Chapa

Sra. Irma Magna Brenner Salas

A quienes amo y admiro profundamente, gracias por su apoyo incondicional

A MI HERMANO:

Jaime Garza Brenner, un ángel que mando Dios a la Familia y la mantiene unida,
te quiero hermanito.

A MI AMADO ESPOSO:

Daniel González Lozano

Mi compañero de vida por su apoyo y comprensión a lo largo de mis estudios.

A MI HIJO:

Daniel González Garza

El motor que me impulsa a seguir adelante y vencer cualquier obstáculo para
brindarle un futuro mejor.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS.

Que han llenado de alegría y buenos momentos el tiempo transcurrido durante
esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme guiado y darme la fortaleza para no rendirme y seguir adelante agradezco también a San Juditas Tadeo por su ayuda a lo largo de mis estudios de posgrado.

Dr. Hugo Bernal Barragán, por brindarme esta oportunidad tan importante en mi carrera, por enseñarme que hay que superarse en la vida, y siempre buscar ser mejor, por confiar en mí y permitirme ser su tesista.

Dr. Erasmo Gutiérrez y Dr. Fernando Sánchez por su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios de posgrado, así como al Dr. Arturo S. Juárez por sus aportaciones y desarrollo de mi trabajo de investigación y participar en mi comité como co-asesor externo.

Dr. Emilio Olivares por su disponibilidad para el análisis de los datos e interpretación de los resultados del presente trabajo, por brindarme su confianza y amistad.

Ing. Raúl Hernández e Ing. Silvestre Martínez quienes me apoyaron y alentaron a salir adelante durante este trabajo, tuvieron disponibilidad de tiempo para diagnosticar el comportamiento reproductivo y realizar el servicio de inseminación artificial a las vacas del presente estudio, así como también agradezco a todo el personal que labora en el área de Zootecnia de la Facultad de Agronomía.

Dr. Juan Francisco Pissani, MC. José Luis Guzmán, Ing. Francisco J. Castillo y Lic. Carlos Sandoval por su amistad y consejos, por apoyarme y motivarme a seguir adelante.

QFB. Nydia Vázquez que además de darme su apoyo en esta investigación, me brindo su amistad y confianza a lo largo de este tiempo.

QBP. Mayra Sandoval, MC. Ana Aguirre, QBP. Miguel García, MC. Adán González, Ing. Agr. Luis Ángel Rodríguez, MVZ. Benito Ávila, MVZ. Jorge Villarreal, MVZ. Alejandra Flores, MVZ. Vladimir Barajas y a todos mis compañeros del Posgrado Conjunto que de cierta manera contribuyeron a la realización de este trabajo.

A CONACYT, PAICYT (UANL), PROMEP (SEP), y a Fundación PRODUCE Nuevo León, por su apoyo económico a lo largo de este trabajo de investigación. A la Red Internacional de Nutrición en Rumiantes.

“NO EXISTE FALTA DE TIEMPO, EXISTE FALTA DE INTERÉS. PORQUE CUANDO LA GENTE REALMENTE QUIERE, LA MADRUGADA SE VUELVE DÍA, MARTES SE VUELVE SÁBADO Y UN MOMENTO SE VUELVE UNA OPORTUNIDAD.”

ABREVIATURAS

ANOVA	Análisis de varianza
BCS	Body Condition Score
BW	Body Weight
CC	Condición corporal
CE	Ciclo estral
CIDR	Controlled Internal Drug Release
CL	Cuerpo lúteo
D	Días
DDGS	Granos secos de destilería con solubles
Dx	Diagnóstico
EDTA	Ácido etilendiaminotetracético
EM	Energía metabolizable
G	Gramos
H	Hora (s)
HR	Humedad relativa
IA	Inseminación Artificial
Mg	Miligramos
mg/dL	Miligramos por decilitro
MHz	Megahertz
MI	Mililitros
P4	Progesterona
PGF₂α	Prostaglandina
PM	Proteína metabolizable
SPSS	Statistical Package for the Social Science

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Granos secos de destilería con solubles (DDGS)	4
2.2. Utilización de los DDGS para alimentación animal	5
2.3. Subproductos de la Naranja	6
2.4. Utilización de la cáscara de naranja para alimentación animal	7
2.5. Ciclo estral de la vaca	8
2.6. Fases del Ciclo estral	8
2.6.1 Fase Folicular	9
2.6.2 Fase Luteal	9
2.7. Sincronización de estros	10
2.8. Resincronización de estros	11
2.9. Progesterona como método de sincronización de estros	13
2.10. Suplementación y reproducción	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Ubicación del experimento	15
3.2. Manejo general del hato	16
3.3. Calidad nutricional de pasto y subproductos	18
3.4. Cálculo de requerimientos, aportes y balances diarios de energía y proteína de los animales en el experimento.	22
3.5. Protocolo de sincronización de estros e inseminación artificial	23
3.6. Lavado, desinfección y reinserción del dispositivo CIDR	23

3.7.	Actividad ovárica y diagnóstico de gestación	24
3.8.	Peso corporal y condición corporal	25
3.9.	Colección de muestras sanguíneas	25
3.10.	Concentraciones séricas de nitrógeno ureico	26
3.11.	Concentraciones plasmáticas de Progesterona	26
3.12.	Análisis Estadístico	27
4.	RESULTADOS	28
4.1.	Cálculo de requerimientos, aportes y balances diarios de energía y proteína de los animales en el experimento	28
4.2.	Peso corporal y condición corporal	30
4.3.	Concentraciones séricas de nitrógeno ureico	32
4.4.	Concentraciones plasmáticas de progesterona	34
4.5.	Parámetros Reproductivos	36
4.5.1.	Sincronización de estros	36
4.5.2.	Resincronización de estros	38
4.5.3.	Intervalo de tiempo del retiro del CIDR al celo	41
4.5.4.	Diagnóstico de gestación	42
4.5.5.	Actividad ovárica	45
5.	DISCUSIÓN	46
5.1.	Calidad del pasto y subproductos	46
5.2.	Peso y condición corporal	46
5.3.	Concentraciones séricas de nitrógeno ureico	48
5.4.	Concentraciones plasmáticas de progesterona	49
5.5.	Reproducción	50
6.	CONCLUSIONES	54
7.	LITERATURA CITADA	55
8.	ANEXOS	61
8.1.	Datos generales de los animales	61
8.2.	Análisis de Varianza de peso corporal	62
8.3.	Análisis de Varianza de condición corporal	63

ÍNDICE DE CUADROS

	Cuadro	Página
1.	Composición Química (g/kg de MS) y contenido de Energía (Mcal EM/kg de MS) de pasto buffel y suplementos.	21
2.	Cálculo de requerimientos, aportes y balance de energía metabolizable (Mcal EM/día) y de proteína metabolizable (g PM/día) (LRNS, 2012) para vacas consumiendo solamente pasto, y para vacas suplementadas con DDGS o con el suplemento 50%DDGS:50% Cáscara de naranja.	29
3.	Peso (SEM \pm 20) y condición corporal (SEM \pm 0.17) durante los días de estudio (promedios \pm error estándar).	31
4.	Peso y Condición corporal (inicial y final) durante el protocolo de sincronización de estros de acuerdo a presencia o ausencia de estro.	39
5.	Efecto del suplemento sobre el % de estros y gestación en vacas Charolais sincronizadas con CIDR durante el empadre de 32 días.	43
6.	Efecto de tratamiento sobre tasa de presentación de estros y gestación durante el protocolo de resincronización de estros.	44

INDICE DE FIGURAS

	Figura	Página
1.	Temperatura y precipitación durante el trabajo experimental (INIFAP, 2013).	15
2.	Esquema de protocolos de suplementación y resincronización de estros.	17
3.	Proporción de los requerimientos de proteína metabolizable (A) y energía metabolizable (B) suministrados por el pasto Buffel y las dietas de pasto Buffel adicionadas con DDGS o con DDGS:Naranja (32 días). (Cálculos realizados con LRNS).	30
4.	Interacción entre tiempo y suplemento ($P < 0.05$) para peso corporal de vacas en pastoreo de Buffel, suplementadas con DDGS o DDGS:Naranja ($SEM \pm 20$) durante el empadre de 32 días.	32
5.	Comparación de las concentraciones de nitrógeno ureico (mg/dl) en los suplementos, durante los muestreos ($SEM \pm 0.30$).	33
6.	Concentraciones plasmáticas de progesterona (ng/ml) de los animales de acuerdo al suplemento recibido (DDGS y DDGS:Naranja; $SEM \pm 2.39$) durante el experimento.	34

- 7.** Concentraciones plasmáticas de progesterona (ng/ml) de los animales de acuerdo al periodo de reinserción de CIDR (8d y 14d; SEM \pm 2.18) durante el experimento. **35**

- 8.** Porcentaje de presencia de estros (P=0.022) y gestación (P=0.079) por tipo de suplemento durante el protocolo de sincronización de estros. **38**

- 9.** Porcentaje de presencia de estros (P=0.629) y gestación (P=0.122) por tipo de suplemento durante el protocolo de resincronización de estros. **39**

- 10.** Porcentaje de presencia de estros (P=0.629) y gestación (P=0.740) por periodo de reinserción durante el protocolo de resincronización de estros. **40**

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el desempeño productivo y reproductivo de 32 vacas Charolais pastoreando en potreros de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Los animales fueron bloqueados por edad, peso, condición corporal (CC) y número de parto; asignados aleatoriamente en un arreglo factorial 2 x 2, dos niveles de suplementación (DDGS y 50% DDGS:50% Cáscara de Naranja) y dos protocolos de resincronización (8 y 14 días de reinserción CIDR post-servicio). Diferencias en peso corporal fueron detectadas en los días 16 (487 ± 19 vs 464 kg) y 24 (500 ± 21 vs 485 kg), siendo más pesadas las vacas suplementadas con DDGS:Naranja ($P < 0.05$). No hubo efecto en la CC ($P > 0.05$) por el tipo de suplemento. Las vacas suplementadas con DDGS presentaron concentraciones más elevadas ($P < 0.01$) de nitrógeno ureico en sangre. No hubo diferencias ($P > 0.05$) entre las concentraciones plasmáticas de Progesterona (P4) asociadas a los factores principales. Las vacas suplementadas con DDGS: Naranja, tuvieron mayor ($P < 0.05$) presencia de estros en comparación con DDGS. El porcentaje de gestación en vacas suplementadas con DDGS:Naranja fue del 56.2% y con DDGS de un 68.7% ($P > 0.05$). No hubo efecto diferencial de la reinserción de CIDR durante 8 o 14 días sobre los parámetros evaluados. En conclusión, la suplementación de vacas Charolais pastoreando zacate buffel con DDGS:Naranja promovió el incremento de peso corporal y la presencia de estros, pero no la CC ni la tasa de gestación, comparado con la suplementación con DDGS.

Palabras clave: Suplementación, DDGS, cáscara de naranja, resincronización de estros, ganado de carne.

ABSTRACT

Productive and reproductive performance of 32 Charolais cows grazing in pastures of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) were evaluated. Animals were blocked by age, BW, BCS and parity, and randomly assigned to a 2 x 2 factorial arrangement: two levels of supplementation (DDGS and 50% DDGS: 50% Dried citrus pulp (DDGS:DCP)) and two protocols of resynchronization (8 and 14 days post-service CIDR reinsertion). Body weight differences were detected on day 16 (487 ± 19 vs 464 kg) and 24 (500 ± 21 vs 485 kg), in favor of cows supplemented with DDGS:DCP ($P < 0.05$). There was no effect of the type of supplement on the BCS ($P > 0.05$). Cows supplemented with DDGS had higher concentrations ($P < 0.01$) of blood urea nitrogen. Plasma progesterone concentrations did not show main factors effects ($P > 0.05$). Cows supplemented with DDGS:DCP presented more ($P < 0.05$) estrus compared to DDGS. Pregnancy rate in cows supplemented with DDGS:DCP was 56.2% whereas in those supplemented with DDGS it was 68.7% ($P > 0.05$). In conclusion, supplementing DDGS:DCP to Charolais beef cows grazing buffelgrass increased body weight and estrus appearance, but not BCS and pregnancy rate compared with DDGS supplementation. No differences in the measured productive and reproductive traits of Charolais beef cows were detected due to the length (8 or 14 days) of resynchronization with CIDR devices, which have been previously utilized during a 9 day synchronizations protocol.

Key Words: DDGS, dried citrus pulp, estrus resynchronization, reproduction, supplementation

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería de bovinos de carne es una de las actividades pecuarias más importantes en el noreste de México, donde los animales se mantienen bajo condiciones de pastoreo extensivo, sin suplementación adicional. En Nuevo León, existen 657000 cabezas de ganado bovino, de las cuales el 34% de los vientres se dedican a la reproducción y crianza de becerros. La producción de los sistemas extensivos de ganado bovino de carne está basada en el aprovechamiento de la vegetación arbustiva y herbácea a través del manejo del ganado en los ecosistemas pastoriles y sustentados en la reproducción y la ganancia de peso. Los indicadores reproductivos deficientes son causados por un déficit nutricional a causa de un mal manejo del recurso forrajero, así como por la falta de estrategias de suplementación (Lents *et al.*, 2008; Radunz *et al.*, 2010).

Se considera que el desarrollo de sistemas de alimentación de los rumiantes basados en forrajes disponibles en la región y complementados con subproductos agroindustriales disponibles localmente, son una alternativa práctica que puede contribuir a un mejor desarrollo corporal y una respuesta reproductiva favorable, cuando se realizan empadres controlados (Protocolos de sincronización del estro) (Bampidis y Robinson, 2006).

El desarrollo de estos protocolos ha permitido agrupar épocas reproductivas con el fin de detectar una mayor cantidad de estros, reducir el intervalo entre partos,

tener una tasa aceptable de fertilidad y por consiguiente un mejor rendimiento reproductivo (Lucy *et al.*, 2004; Lamb *et al.*, 2008).

Una vez establecido el método de sincronización de ciclo estral, y teniendo bien fundamentado el papel que juega cada uno de los complementos de los protocolos de sincronización; la investigación ha dado un nuevo paso al resincronizar a los animales que no hayan quedado gestantes antes de conocer el diagnóstico de gestación. La resincronización se logra mediante el uso de progestágenos, tomando en cuenta que la administración de estos no afecta al producto en caso que la hembra quede gestante (Lucy *et al.*, 2004).

En los bovinos de carne, se debe considerar la suplementación tanto de proteína y energía al llevar a cabo un programa de empadre para maximizar la utilización del recurso forrajero y lograr así buenos parámetros reproductivos; ya que aceptables indicadores reproductivos tiene un fuerte impacto sobre el balance productivo y económico de un rebaño bovino. Una manera de contribuir en lo anterior, es la utilización de subproductos agroindustriales en la dieta, considerados de menor costo y que pueden ayudar a que la actividad ganadera sea más redituable.

1.1. Objetivo

Evaluar el efecto de la suplementación con subproductos agroindustriales (cáscara de naranja deshidratada y DDGS), durante un empadre controlado, utilizando CIDR y la reinsertión del mismo por 8 y 14 días 5 días post-IA, tiene sobre el peso vivo, condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Charolais pastoreando en un agostadero, donde prevalecía el pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.).

1.2. Hipótesis

La suplementación de cantidades limitadas (1 kg/día durante el protocolo de sincronización) de DDGS con cáscara de naranja mejorará la inducción al estro y porcentajes de preñez en comparación si se suplementa solamente con DDGS.

La reinsertión de dispositivos de CIDR durante 14 días mejorará la tasa de preñez en vacas de carne, comparadas con la obtenida de las vacas que solamente se les dejo el dispositivo por 8 días.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Granos secos de destilería con solubles (DDGS)

La utilización de los granos de cereales para la obtención de etanol, ha generado cambios importantes en el mercado mundial de productos para la alimentación del ganado; por una parte, encareciendo el precio de los ingredientes y por lo tanto el costo de los alimentos; y por otro lado, ofertando nuevas materias primas o subproductos correspondientes a la parte no amilácea del grano; debido a que el almidón es hidrolizado y fermentado para la producción de etanol. Los granos secos de destilería con solubles (DDGS) que resultan como subproducto de la producción de etanol a partir de maíz (Liu, 2008), son los más importantes y se comercializan internacionalmente para su uso en la formulación y preparación de alimento para ganado y están constituidos en su mayoría por la mezcla de granos de destilería y solubles en una proporción de 3:1 (US Grains Council, 2007). La producción de etanol a partir de 100 kg de maíz utilizando el método de molienda seca, produce 34.4 kg de etanol, 34 kg de dióxido de carbono, y 31.6 kg de DDGS (Fastinger y Mahan, 2006; citado por Yoon *et al.*, 2010). En el 2012, la producción de los DDGS en los Estados Unidos fue de 39 millones de toneladas métricas (AGMRC, 2013).

El contenido nutricional de los DDGS, puede variar, ya que contiene de 5 a un 11% de fibra cruda, proteína de un 27 a un 34%, lípidos totales de un 9.5 a un 12%, un 5 a un 6% de almidón, y de un 39 a un 62% de carbohidratos; de los cuales, la mayor parte es fibra detergente neutro (UMN, 2007; Kim Youngmi *et al.*,

2008). Los niveles de inclusión adecuada en las dietas de no rumiantes varían de un 10 a 30% (Valdivié y Bernal, 2012), mientras que para rumiantes se han probado dietas de hasta un 65% de inclusión de DDGS (Radunz *et al.*, 2010).

2.2. Utilización de los DDGS para alimentación animal

Se utilizan principalmente como fuente alterna de proteína y grasa (Saunders y Rosentrater, 2009; Hong Wang *et al.*, 2012). Las vacas que son alimentadas con los DDGS, han presentado mejor desarrollo corporal, viéndose reflejado en incrementos de peso. Por ejemplo en un estudio realizado por Radunz *et al.* (2010), evaluaron 3 fuentes de energía: heno de zacate, maíz y los DDGS. Las vacas alimentadas con estos últimos durante la gestación tardía ganaron más peso ($P = 0.04$) que las vacas alimentadas con heno y maíz; además de mejorar los parámetros reproductivos, que en forma particular, permite elevar la tasa de preñez de hasta un 8 % en el primer servicio y de un 6 % en el segundo.

Engel *et al.*, (2008) mencionan que los DDGS contienen grasa y proteína de sobrepeso, que incrementan el rendimiento reproductivo en vaquillas de carne. Ellos evaluaron dos dietas diferentes: heno con DDGS y cáscara de soya. Ambos suplementos tuvieron un cambio positivo en el peso corporal de hasta 9 ± 1.4 kg durante el período de alimentación, pero el cambio de peso en vaquillas suplementadas con DDGS fue mayor ($P < 0.01$).

2.3. Subproductos de la Naranja

En el 2012, la superficie sembrada fue de 333,074 hectáreas, con un rendimiento de 11.3 t/ha, lo que sitúa a México en el quinto lugar mundial en producción de naranja (SAGARPA, 2013).

Para México, la citricultura representa una actividad de gran importancia dentro de la fruticultura nacional: una de cada veinte toneladas de cítricos que se consumen en el mundo proviene de nuestro país, y es una de las actividades más importantes de la región centro sur de Nuevo León (OEIDRUS, 2013).

Los subproductos de la fabricación del jugo de naranja y el procesamiento de otros cítricos son: la cáscara, pulpa y semillas. Siendo éstos subproductos un componente importante de los sistemas de alimentación de rumiantes a nivel mundial (Bampidis y Robinson, 2006). La naranja está clasificada por ser un subproducto energético en la alimentación de rumiantes (Arthington *et al.*, 2002, Bampidis y Robinson, 2006) y las fuentes de pulpa de cítricos secos y húmedos contienen perfiles nutricionales similares, con excepción de su contenido de materia seca (Arthington *et al.*, 2002). Estos subproductos a menudo contienen altos niveles de fibra estructural, para satisfacer las necesidades de nutrientes para el mantenimiento, el crecimiento, la reproducción y la producción. La composición de la cáscara de cítricos es variable y depende principalmente de la proporción de la cáscara y semillas, la cual varía según la especie y variedad de

los, así como la época de su cosecha (FAO, 2013). La pulpa de cítricos deshidratada se utiliza como un sustituto de cereales en dietas concentradas debido a su alta digestibilidad de MO (85-90%) y la disponibilidad de energía (2.76 a 2.9 Mcal EM/kg MS y 1.66 a 1.76 Mcal EN/kg MS) para vacas lecheras (Bampidis y Robinson, 2006). La disponibilidad de EM en la cáscara de naranja es 85-90% de la de maíz y comparable a la cebada. La cantidad de proteína cruda en la cáscara de naranja es de 5-6% en MS (NRC, 2000; Bampidis y Robinson, 2006).

2.4. Utilización de la cáscara de naranja para alimentación animal

Entre los subproductos de la naranja utilizados en la alimentación de bovinos de carne se encuentra la harina, pulpa de cítrico en húmedo, pulpa deshidratada y pulpa naranja en pellets; sin embargo, hoy en día, los sistemas de producción, se utiliza frecuentemente la pulpa (húmeda, seca o en pellet) (Arthington *et al.*, 2002).

Cooke *et al.* (2007) reportan que la alimentación con pulpa de cítricos mejora la eficiencia productiva de hatos de vacas de carne mantenidas en condiciones de pastoreo extensivo, permitiendo mantener e incrementar el peso corporal de hasta 100 gr más arriba que las hembras que no recibieron la pulpa de cítricos ($P < 0.01$). Considerando que el consumo alto de pulpa de cítricos, puede reducir el consumo de forraje, pero aumentar la ingesta total de energía (Villarreal *et al.*, 2006).

2.5. Ciclo estral de la vaca

El ciclo estral es el tiempo que transcurre entre un estro y el siguiente, el cual tiene una duración promedio de 21 ± 5 días (Rathbone *et. al.*, 2002), e involucra la participación de un gran número de hormonas como GnRH en el hipotálamo, Hormona Folículo Estimulante (FSH) y Luteinizante (LH) a través de la adenohipófisis; estrógenos, progesterona y oxitocina por los ovarios y prostaglandinas por el útero. Básicamente el mecanismo de la regulación del ciclo estral está dado por la regresión del cuerpo lúteo, alrededor de los días 17 - 18 del ciclo estral (Hafez y Hafez, 2000).

El cuerpo luteo (CL) se forma después de una ovulación, y es la fuente principal de progesterona. La morfología del CL y las concentraciones plasmáticas de progesterona son indicadores de la síntesis de progesterona dentro del CL (Singh *et al.*, 2003). Si no se produce la fertilización del ovulo, y por lo tanto la implantación del embrión, el CL se degrada (luteolisis) y el ciclo estral se vuelve a repetir.

2.6. Fases del ciclo estral

Desde un punto de vista endócrino se divide en dos etapas: La fase folicular, que comienza con el proestro y le precede al estro, es donde la hembra madura está sometida a series continuas de ciclos reproductivos en los que un grupo de folículos ováricos maduran, va desde el comienzo de una nueva oleada folicular, la

selección del folículo dominante y hasta la ovulación, teniendo en cuenta los cambios e interacción hormonal existente en el eje hipotálamico-hipofisiario-gonadal; en cambio, la fase luteal, es donde la hembra se vuelve receptiva a la monta (estro o celo), el folículo dominante ovula y se forma un cuerpo lúteo (CL), comprende desde el momento de la regresión del cuerpo lúteo (CL), tomando en cuenta las interacciones hormonales que ocurren durante la vida útil del cuerpo lúteo (Squires, 2010).

2.6.1. Fase folicular

El proestro está caracterizado por el desarrollo y maduración del folículo. Durante esta etapa se incrementa la frecuencia de los pulsos secretorios de FSH y LH que conducen a la maduración final del folículo, incrementándose las concentraciones de estradiol y provocando el estro, lo cual desencadena un pico preovulatorio de LH, dando inicio al ciclo estral (Hafez y Hafez, 2000)

2.6.2. Fase luteal

En esta etapa se forma y madura el cuerpo lúteo, el cual secreta elevadas concentraciones de progesterona (P4) que detiene el crecimiento de los folículos y es necesaria para el mantenimiento de la gestación en la vaca, de lo contrario la regresión del cuerpo lúteo conducirá a un nuevo ciclo estral (Squires, 2010).

En el metaestro ocurre la ovulación, iniciando el desarrollo del cuerpo lúteo. En esta etapa el aparato reproductor cambia, disminuyendo la concentración de estradiol e incrementando la progesterona de manera gradual, tornándose las secreciones viscosas, siendo el periodo en que ocurre la fecundación (Hafez y Hafez, 2000).

El diestro es la etapa de mayor duración dentro del ciclo estral, donde el cuerpo lúteo mantiene su funcionalidad, lo que refleja mayores concentraciones de progesterona ($> 1\text{ ng/ml}$) en sangre, observándose de 2 a 3 ondas foliculares con folículos de diferentes tamaños (Ribeiro *et al.*, 2011).

2.7. Sincronización de estros

El control del ciclo estral se refiere a la agrupación de los estros en un periodo determinado, permitiendo a los productores, la oportunidad de programar la distribución de los partos de sus vacas y la uniformidad de las crías (Lamb *et al.*, 2008), de tal manera que con la inseminación artificial (IA) o bien programar montas dirigidas pueda llevarse a cabo en un periodo corto de tiempo (Mendez *et al.*, 2008; Holtz *et al.*, 2008; Husein y Ababneh., 2008). En ambos casos, los partos programados tiene la ventaja de reducir gastos de mano de obra o altas tasas de mortalidad, debido a la falta de atención y de alimento, Al concluir la época de empadre es importante detectar a los animales que no quedaron gestantes después del primer servicio (IA, MN) en el menor tiempo posible, siendo la manera más sencilla la presentación del estro 21 post-servicio.

El avance en el conocimiento de la fisiología reproductiva de los bovinos, especialmente en lo referente a las características del desarrollo folicular ha contribuido al desarrollo de protocolos de IA. En general, podemos dividir a los protocolos en aquellos que utilizan combinaciones de GnRH y PGF2 α , llamados protocolos Ovsynch y los que utilizan dispositivos con P4, PGF2 α y estradiol (Sani *et al.*, 2011).

Un método común en la sincronización de estros es la utilización de un dispositivo intravaginal de liberación de hormonas (CIDR, Controlled Internal Drug Release) impregnado con 1.9 g de progesterona natural (Larson *et al.*, 2007).

Los progestágenos han sido utilizados como parte importante en la práctica de sincronización del ciclo estral en vacas (Lucy *et al.*, 2004). Esto debido a que mantienen las concentraciones de progesterona en sangre superior a 1 ng/ml, logrando suprimir la oleada de LH y el comportamiento estral, y que a su retiro, el estro y la ovulación se presentan (Cerri *et al.*, 2009).

2.8. Resincronización de estros

La resincronización de estros es un nuevo paso dentro de la mejora continua de la producción ganadera, dirigida a aumentar la producción en menor tiempo ya que al retirar la administración de los productos hormonales utilizados, se podría identificar a los animales que no han quedado gestantes dentro de un empadre. Tiene el propósito de acortar el intervalo entre empadres y disminuir costos dentro de la reproducción asistida. Con este proceso, se busca resincronizar el ciclo

estral a las vacas del hato ganadero que no quedaron gestantes después de la primera IA; por lo tanto, los animales que no se encuentran gestantes, presentan un nuevo ciclo en un mismo periodo de tiempo (Alnimer *et al.*, 2008; Stevenson *et al.*, 2003). Es importante detectar a los animales no gestantes en el menor tiempo posible, siendo mediante este método que se podría observar un nuevo ciclo a partir del día 21 post-IA aproximadamente, sin tener que esperar a dar un diagnóstico de preñez hasta los 45-60 días post-servicio (El-Zarkouny y Stevenson, 2004; Alnimer *et al.*, 2008).

La reinserción del dispositivo CIDR en la primer semana posterior al servicio, ha mostrado incrementar las concentraciones circulantes de progesterona (Arndt *et al.*, 2009; Mehni *et al.*, 2012), y aumentar los porcentajes de gestación (Larson *et al.*, 2007) en bovinos de leche; éstos últimos autores reportan que la reinserción de los dispositivos CIDR utilizados durante el protocolo de sincronización, se aumentó la tasa de gestación (51 vs. 33%; $P= 0.03$), comparándola con el control (sin reinserción CIDR) en vacas productoras de leche. Por otra parte, Garza-Arredondo (2011) reporta no haber obtenido diferencias significativas ($P > 0.05$) al comparar tratamientos de resincronización 5 días post-IA. Sin embargo, numéricamente se observó una tendencia de mayores porcentajes para reinserción de CIDR en los tratamientos 2 (68%) y 3 (67%), donde el dispositivo intravaginal permaneció 7 y 14 días respectivamente, respecto al tratamiento 1 (57%) sin reinserción de CIDR (testigo).

2.9. Progesterona como método de sincronización de estros

Se ha demostrado que los progestágenos acortan el intervalo entre partos e incrementan la uniformidad en los terneros (Flores *et al.*, 2006; Lamb *et al.*, 2008). Además, inducen la desaparición del folículo, la formación de una nueva oleada folicular y la ovulación de un nuevo folículo dominante (García *et al.*, 2004). La administración de progesterona es un método efectivo para el tratamiento de vacas anéstricas, ya que luego de disminuir el pulso de LH lo incrementa provocando el desarrollo del folículo dominante (Lucy *et al.*, 2004; Cerri *et al.*, 2009).

2.10. Suplementación y reproducción

La nutrición juega un papel importante en todos los aspectos productivos y reproductivos (Looney *et al.*, 2006). Un consumo insuficiente de energía, proteínas, vitaminas y micro y macro minerales se asocia a un pobre desempeño reproductivo. De todos estos nutrientes, el balance energético es probablemente el factor nutricional altamente relacionado al desempeño reproductivo en bovinos (Jones y Lamb, 2008).

Aguilar-Perez *et al.* (2009) llevaron a cabo un estudio para evaluar el papel de la suplementación a base de cereales (sorgo 69%, harina de soya 14%, salvado de trigo 15% y minerales 2%) que contenía 878 g/kg de MS, 168 g/kg de proteína (PC) y 2,818 Mcal/kg MS de energía metabolizable (EM), y se ofreció al 0.9% del peso vivo. Se evaluó el balance energético, producción de leche y reproducción de

48 vacas de cruce Holstein x Cebú (n=48) comparando la suplementación con un control bajo condiciones de pastoreo. Como resultados obtuvieron que los animales suplementados incrementaron ($P < 0.001$) la ingesta de MS, EM y PC tuvieron un aumento en la producción de leche del 30% ($P < 0.001$). La suplementación eliminó el balance negativo de energía los días 21 y 84 posparto (3.3 vs -22.9 MJ/d; 1.1 vs -12.1 MJ/d, respectivamente). En cuanto a resultados reproductivos la proporción de las vacas que presentaron estro fue mayor ($P = 0.025$) para las vacas suplementadas (74%), comparado con las vacas control (39%) y la proporción de las vacas ovulando tuvo una tendencia a ser mayor ($P = 0.073$) para las vacas suplementadas de hasta un 20 % y una diferencia en el porcentaje de preñez de hasta un 25 % en comparación las vacas del grupo testigo.

Por otra parte, en un experimento desarrollado por Quintans *et al.*, (2012), evaluaron 3 tratamientos de suplementación de vacas F1 Angus×Hereford. El primer tratamiento consistió en suplementación con pastos introducidos, el segundo tratamiento incluyó pastos nativos y el tercero consistió en adicionar suplemento a pastos nativos. La suplementación fue establecida a razón de 1% del peso vivo de suplemento con 16% PC (isoproteico), los animales fueron alimentados diariamente y se consideró espacio de 1 m por comedero/animal. Donde se consideraron variables como peso, condición corporal (CC), y producción de leche, donde ellos demostraron que adicionar el suplemento, cuando el animal estaba en pastoreo, ayudaba a incrementar peso, cc y producción de leche.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en la Unidad Experimental Marín, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizada en Marín, Nuevo León, México. Las coordenadas geográficas son: 25° 52' 13.5" Latitud Norte, 100° 2' 22.56" Longitud Oeste, con una altitud entre 375 msnm (INEGI, 2009).

El Clima de Marín es semi-cálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año, con régimen de lluvias durante el verano, las precipitaciones anuales fluctúan entre los 600 y 800 mm. El rango de temperatura fluctúa entre los 18-24°C (INEGI, 2009).

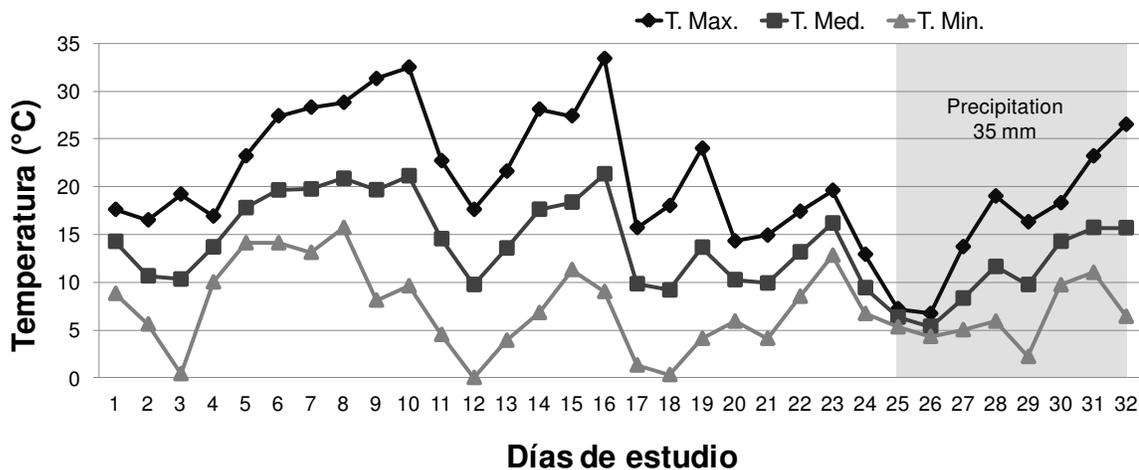


Figura 1. Temperatura y precipitación durante el trabajo experimental (INIFAP, 2013).

La temperatura media registrada previo al trabajo experimental considerando los meses de Agosto a Noviembre fue de 25.7 °C; temperatura máxima 32.5°C y

mínima de 19.8 °C. El régimen de lluvias de los meses de agosto y septiembre, no se presentó, ya que la precipitación acumulada previo al trabajo experimental fue de 123.8 mm (INIFAP, 2013). Las temperaturas medias diarias registradas durante el periodo de estudio oscilaron entre 7 y 20° C con una temperatura promedio de 13.8°C y una precipitación de 35 mm que se registró al final del trabajo experimental y una humedad relativa promedio de 58.5% (Figura 1).

3.2. Manejo general del hato

Los animales utilizados fueron 32 vacas Charolais Francés; las cuales fueron asignadas aleatoriamente en bloques, considerando la edad, condición y peso corporal, así como el número de parto.

La suplementación inició el 10 de diciembre de 2012 y consistió en ofrecer durante 32 días, tiempo que duró el empadre, dos suplementos isoenergéticos (2.82 Mcal ME/kg MS) con diferente concentración de proteína (17.45 y 30.3 % de proteína base MS). El suplemento fue ofrecido en comederos individuales colocados en el área de pastoreo.

Agua y sal mineralizada fueron ofrecidos *ad libitum* a todos los animales. La sal mineralizada elaborada para esta Tesis tenía la composición química siguiente: 10% P, 10% Ca, 13.5% Na, 2.6% Mg, 0.8% S, 1000 ppm Fe, 2000 ppm Zn, 2000 ppm Mn, 400 ppm Cu, 40 ppm I, 8 ppm Se, 8 ppm Co.

El experimento se realizó bajo un arreglo factorial 2 x 2, con dos niveles de suplementación y dos protocolos de reinsertión:

1. Suplementación:

A): 1 kg al día de DDGS (n = 16 vacas);

B): 1 kg al día de 50% DDGS y 50% Cáscara de Naranja (n = 16 vacas).

2. Protocolo de reinsertión del CIDR:

A).- Periodo de 8 días de reinsertión de implantes CIDR post-IA.

B).- Periodo de 14 días de reinsertión de implantes CIDR post-IA.

En la Figura 2, se representa esquemáticamente como se llevó a cabo el estudio tanto para la suplementación de los animales así como el manejo reproductivo (los protocolos de sincronización y resincronización se describen en apartados 3.4 y 3.5).

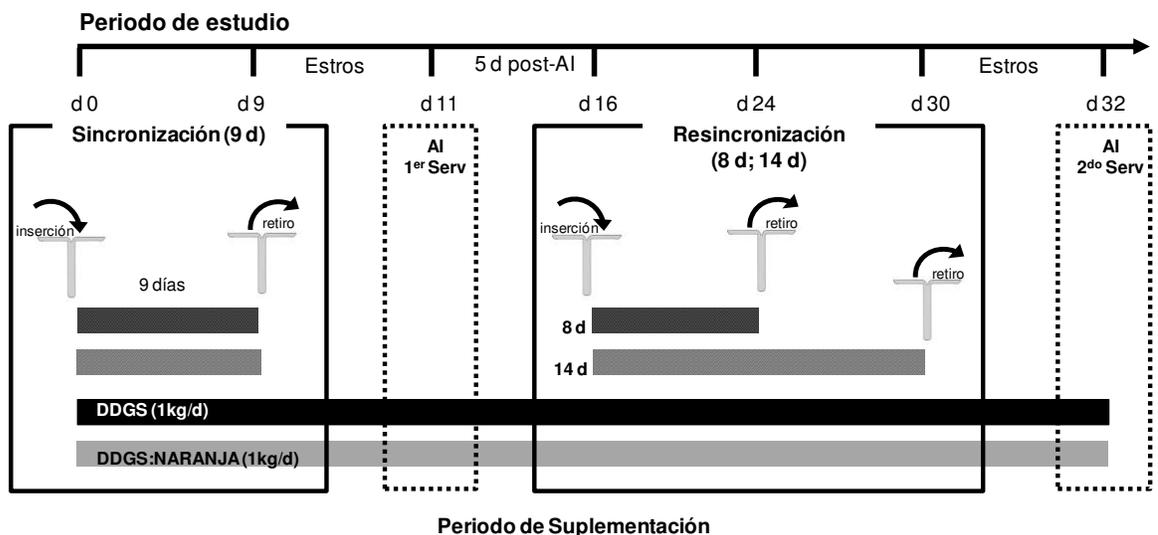


Figura 2. Esquema de protocolos de suplementación y resincronización de estros.

Los tratamientos resultantes tuvieron 8 repeticiones y fueron los siguientes:

T1= Suplemento con DDGS + periodo de reinserción de 8 días;

T2= suplementación con DDGS + periodo de reinserción de 14 días;

T3= Suplementación con 50% DDGS y 50% cáscara de naranja + periodo de reinserción de 8 días;

T4= Suplementación con 50% DDGS y 50% cáscara de naranja + periodo de reinserción de 14 días (Figura 2).

3.3. Calidad nutricional de pasto y subproductos

En primera instancia se procedió a conocer el valor nutricional de los alimentos que estarían disponibles para los animales. El muestreo de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) que estaba presente en el potrero se llevó a cabo por única vez al inicio del experimento. La colecta de las muestras se realizó emulando el hábito de pastoreo observado de los animales del experimento. Las muestras de pasto Buffel colectadas fueron secadas por 48 h a 60°C en una estufa de aire forzado; posteriormente fueron molidas para pasar a través de una malla de un 1 mm utilizando un molino estacionario Thomas-Wiley modelo 4 (Arthur H. Thomas Company. Philadelphia, PA. USA).

Además de las muestras de pasto, también se tomaron muestras de la cáscara de naranja y de los DDGS (un solo lote de cada subproducto) y utilizados en el experimento.

La calidad nutricional de 6 muestras de pasto, 2 muestras de DDGS y 2 muestras de cáscara de naranja, utilizadas durante el estudio, fueron evaluadas en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos, de la Facultad de Agronomía, UANL. A continuación se describen los principios de medición y los métodos AOAC correspondientes:

El contenido de proteína cruda se determinó por el método Dumas (Etheridge et al., 1998) utilizando un analizador elemental por combustión (TruSpec® CHN, Leco Corp., St Joseph, MI), donde la muestra es quemada en un atmósfera rica en oxígeno y el gas nitrógeno generado es medido por termoconductividad (Galyean, 1997). El método cuantifica N total de la muestra y mediante un factor de conversión (6.25) se expresa el contenido de proteína cruda.

El extracto etéreo se cuantificó al extraer los triglicéridos presentes en la muestra empleando éter de petróleo (método 920.39; AOAC, 2005) y el analizador ANKOM XT10; (ANKOM Technology, Macedon, NY).

El contenido de cenizas fue medido como el residuo que queda luego de incinerar una muestra en una mufla a 550 °C durante 4 horas (método 942.05; AOAC). Para ello se utilizó una mufla marca Lindberg (Thermo Scientific®, Waltham, MA).

El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y de fibra detergente ácido se determinó mediante el procedimiento de Van Soest *et al.* (1991) empleando un

Analizador Automático de Fibra con tecnología de bolsas filtrantes (Modelo A2000. ANKOM Technology. Corp. Macedon, NY, EEUU).

El contenido de lignina se determinó con el método de lignina ácido detergente, descrito por Ramírez (2007). Los contenidos de hemicelulosa (FDN-FDA) y celulosa (FDA-Lignina) se calcularon por diferencia como fue descrito por Dryden (2008).

Los carbohidratos no estructurales (CNE), contienen almidón y azúcares solubles, se calcularon por diferencia al restar los contenidos de proteína, cenizas, grasa y fibra detergente neutro del contenido total de materia seca; según la siguiente ecuación:

$$\text{CNE} = 100 - (\text{PC} + \text{Cenizas} + \text{Grasa} + \text{FND})$$

Donde: CNE= Carbohidratos no estructurales (%), MS= contenido de materia seca (%), PC= contenido de proteína cruda (% MS), Cenizas= contenido de cenizas (% MS), Grasa= contenido de grasa (% MS), FDN= Fibra detergente neutro (% MS)

El contenido de energía metabolizable (EM) fue estimado a partir de la producción de gas *in vitro* y los contenidos de proteína, grasa y cenizas de acuerdo a Menke y Steingass (1988) con la siguiente ecuación:

$$\text{EM} = [2.20 + 0.136 (\text{PG}_{24\text{h}}) + 0.0057 (\text{PC}) + 0.0029 (\text{EE})^2] \div 4.184$$

Donde: EM= Energía metabolizable (Mcal ME/kg MS); PG_{24h}= Producción de gas a 24 horas; PC= Proteína cruda (g/kg MS); EE= Extracto etéreo (g/kg MS).

Cuadro 1. Composición Química (g/kg de MS) y contenido de Energía (Mcal EM/kg de MS) de pasto buffel y suplementos (promedios \pm desviación estándar)

	Pasto Buffel ¹ (n=6)	DDGS (n=2)	Cáscara de Naranja (n=2)
MS	496 \pm 89.1	819 \pm 16.5	858 \pm 27.7
Proteína Cruda	70 \pm 13.4	303 \pm 4.2	46 \pm 4.8
Extracto Etéreo	22 \pm 1.6	76 \pm 2.5	42 \pm 4.6
CNE	201 \pm 11.4	209 \pm 4.89	631 \pm 80.9
Fibra Detergente Neutro	566 \pm 23.7	343 \pm 22.3	207 \pm 15.9
Hemicelulosa	234 \pm 17.1	184 \pm 35.3	12 \pm 7.6
Celulosa	261 \pm 11.6	106 \pm 74.2	126 \pm 73.3
Lignina	70 \pm 9.8	53 \pm 6.1	68 \pm 8.1
Cenizas	141 \pm 5.4	69 \pm 24.1	75 \pm 11.5
Energía	1.84 \pm 0.07	2.65 \pm 0.002	3.00 \pm 0.2

DDGS = Granos secos de destilería con solubles, MS = materia seca; CNE = carbohidratos no estructurales.

¹Los valores se presentan como medias de las muestras y fueron analizados por duplicado.

La composición química del pasto buffel disponible, así como de DDGS y de cáscara de naranja utilizados como suplementos para los animales del experimento se presenta en el Cuadro 1.

El pasto que consumieron los animales tuvo una concentración de proteína y de NDF de 7.0% y 56.6%, respectivamente; el contenido de energía fue de 1.84 Mcal ME/kg MS, reflejando la mala calidad que presentó el forraje. La cáscara de naranja resultó con un 4.6% de proteína cruda, 20.7% de NDF y 3.0 Mcal ME/kg MS, mientras que el DDGS tuvo 30.3% de proteína cruda, 34.3% de NDF y 2.65 Mcal ME/kg MS (Cuadro 1).

3.4. Cálculo de requerimientos, aportes y balances diarios de energía y proteína de los animales en el experimento.

Utilizando el software Large Ruminant Nutrition System (Texas A&M University, 2012), que está basado en el Net Carbohydrate and Protein System version 5.0 (Fox *et al.*, 2004), se calcularon para cada uno de los 32 días del empadre, el consumo voluntario, el aporte de energía metabolizable (EM) y de proteína metabolizable (PM) del pasto buffel, así como del pasto buffel con 1 kg DDGS y pasto buffel con 1 kg 50% DDGS: 50% Cáscara de Naranja.

Considerando el contenido nutricional de los suplementos disponibles y del pasto buffel disponible durante el estudio, así como las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, velocidad del viento, humedad relativa) y características productivas (peso corporal, condición corporal) y reproductivas (tiempo después del parto, producción de leche, etc.) de las vacas, se calcularon también los requerimientos diarios de energía metabolizable (EM) y de proteína

metabolizable (PM) de los animales. Con ello fue posible calcular el balance de energía metabolizable (EM) y de proteína metabolizable (PM) de cada animal durante cada uno de los 32 días del empadre.

3.5. Protocolo de sincronización de estros e inseminación artificial

La sincronización del ciclo estral fue iniciada el 10 de diciembre de 2012 con la aplicación del dispositivo intravaginal CIDR (Controlled Internal Drug Release; Pfizer[®], NY, USA) con 1.9 g de progesterona natural micronizada, y la administración por vía intramuscular de 2 mg de benzoato de estradiol (Internacional Prode[®], Argentina). El CIDR se retiró a los 9 días. Al retirar el CIDR se aplicaron por vía intramuscular 0.15 mg de PGF₂ α (D-Cloprostenol, Croniben, Biogénesis Bago[®], Argentina) de acuerdo a la recomendación de Solórzano-Hernández *et al.* (2008). Se llevó a cabo la detección de celos a partir de 24 horas y hasta las 56 horas post-retiro del dispositivo. Las hembras fueron inseminadas artificialmente (IA) entre las 12 a 14 horas posteriores a la detección del estro.

3.6. Lavado, desinfección y reinserción del dispositivo CIDR

Los dispositivos CIDR retirados de cada vaca después de ser utilizados en el protocolo de sincronización de estros, fueron identificados con el número de la vaca de la cual fueron retirados en bolsas individuales, se lavaron con agua corriente para eliminar los desechos vaginales y se desinfectaron con cloruro de benzalconio (Derma Clean[®], Rybezam, México) y se mantuvieron en un lugar seco

y obscuro, para ser reintroducidos al quinto día post-IA a la respectiva vaca, con el fin de llevar a cabo la resincronización de estros. Previo a su reinsertación, los dispositivos fueron lavados nuevamente para evitar contaminación vaginal.

Los dispositivos CIDR reinsertados fueron retirados, dependiendo del tratamiento al que fueron asignadas las vacas ya sea a los 8 días, (retirados el día 13 post-IA), o a los 14 días (retirados el día 19 post-IA). Las vacas fueron observadas a partir de 24 horas de haber sido retirado el CIDR, con la finalidad de detectar aquellas que manifestaran signos de estro (resincronización del ciclo estral), para que recibieran un segundo servicio 12 a 14 horas posteriores a la detección del estro. Tanto para el protocolo de sincronización, como el periodo de resincronización del ciclo estral, se midió el intervalo de tiempo (horas) desde que fue retirado el dispositivo a la presencia del estro.

3.7. Actividad ovárica y diagnóstico de gestación

Como una medida para conocer el estado de actividad ovárica (presencia de folículos y de cuerpos lúteos), los animales fueron evaluados mediante ultrasonografía transrectal utilizando un ultrasonido Modelo VALR 018965, transductor transrectal de 7.5 MHz (Pie Medical Imaging, Maastricht, NL) al inicio (día 0) y al momento de retirar los dispositivos CIDR (día 9) en el protocolo de la sincronización.

El diagnóstico de gestación se realizó el día 60 post-IA y se confirmó 30 días después como diagnóstico de gestación definitivo, por ultrasonografía transrectal

usando un transductor transrectal 7.5 MHz Modelo VALR 018965, (Pie Medical Imaging, Maastricht, NL).

3.8. Peso corporal y condición corporal

Para analizar estas variables (peso y CC) fue considerado un factorial 2 x 2 x 5, donde además de suplemento y reinsertión de CIDR como factores, también fue considerado el periodo de tiempo.

Al momento de realizar manejos reproductivos (días de estudio: 0, 9, 16, 24 y 30) se registró el peso corporal utilizando una báscula ganadera con capacidad para 1500 kg y división mínima de 100 g.

La condición Corporal (CC) fue determinada por tres observadores entrenados, de acuerdo a la escala propuesta por Richards *et al.* (1986) que caracteriza la Condición Corporal en una escala desde 1 = muy flaca, hasta 9 = obesa. Se asignaron calificaciones de condición corporal considerando división mínima de 0.25 unidades.

3.9. Colección de muestras sanguíneas

Cada vez que se realizaba manejo reproductivo de las vacas (días 0, 9, 11, 16, 24 y 30 del empadre; n=192) se colectaron 32 muestras en tubos vacutainers sin anticoagulante para obtención de suero, y además 32 muestras en tubos vacutainers con EDTA como anticoagulante para obtener plasma sanguíneo. Las

muestras sanguíneas fueron centrifugadas a 2680 x *g* durante 15 minutos. Lo obtenido fue decantado a tubos Eppendorf de 1.5 mL, y las muestras fueron resguardadas en un congelador a -20 °C hasta su análisis. Las muestras fueron utilizadas para análisis de concentraciones séricas de nitrógeno ureico (ver apartado 3.10), y para la determinación de progesterona en plasma (ver apartado 3.11).

3.10. Concentraciones séricas de nitrógeno ureico

La determinación de nitrógeno ureico se realizó mediante un Kit comercial (RANDOX®, Northern Ireland, United Kingdom) basado en el método de la ureasa de Berthelot (Marsh *et al.*, 1965). Las muestras de suero sanguíneo fueron analizadas por duplicado en el Laboratorio de Nutrición Animal, de la Universidad Juárez del Estado de Durango, utilizando el espectrofotómetro Genesys 2PC (Spectronic Instruments, Rochester, NY, USA) a 600 nm de longitud de onda.

3.11. Concentraciones plasmáticas de progesterona

Las muestras de plasma sanguíneo fueron analizadas mediante un Kit comercial ELISA (MEXLAB®) ensayo inmunoenzimático para la determinación cuantitativa de niveles de progesterona. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos de la Facultad de Agronomía, UANL,

utilizando un lector de ELISA (Awareness, Technology Inc, NY, USA) con lectura de densidad óptica de 450 nm.

3.12. Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el programa SPSS (versión 17.0 Inc., Chicago, IL). Por medio de un análisis de varianza (ANOVA) se compararon los resultados de peso vivo, condición corporal, concentraciones séricas de nitrógeno ureico y concentraciones plasmáticas de progesterona. Los datos se presentan como medias y las diferencias significativas, fueron comprobadas mediante prueba de Tukey. Los resultados obtenidos en la sincronización y resincronización del ciclo estral (presencia de celos y tasa de gestación) fueron evaluados por el método no paramétrico Chi-cuadrada (χ^2).

4. RESULTADOS

4.1. Cálculo de requerimientos, aportes y balances diarios de energía y proteína de los animales en el experimento.

Utilizando el software Large Ruminant Nutrition System (Texas A&M University, 2012), se calculó el consumo voluntario, el aporte de energía metabolizable (EM) y de proteína metabolizable (PM) que hubiera tenido un grupo teórico de vacas alimentadas únicamente con pasto buffel para los 32 días que duro el empadre. También se realizaron estos cálculos para las vacas del experimento, que fueron alimentadas con pasto buffel y suplementadas con 1 kg DDGS y para las suplementadas con 1 kg de 50% DDGS: 50% Cáscara de naranja.

En el Cuadro 2, se presenta el promedio de los 32 días para los que se calcularon estas variables, considerando el contenido nutricional de los suplementos y del pasto buffel disponibles durante el estudio, así como las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, velocidad del viento, humedad relativa) y características productivas (peso corporal, condición corporal) y reproductivas (período postparto, producción de leche, etc.) de las vacas.

De acuerdo a los datos obtenidos con el programa LRNS, la suplementación con DDGS Y DDGS:Naranja les permitió a las vacas reducir el déficit energético en un 60 y 75%, respectivamente, en comparación con los valores obtenidos del grupo teórico de vacas consumiendo solamente pasto buffel sin ser suplementadas (Figura 3, B). En el caso de las vacas suplementadas, éstas tuvieron un balance

positivo de proteína metabolizable (excedente de PM de 6 a 26% de las vacas suplementadas con 50% DDGS: 50% Cáscara de naranja y solamente con DDGS; Figura 3, A) en comparación con los datos calculados por el LRNS de un grupo teórico de vacas no suplementadas, solamente alimentadas con pasto buffel (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cálculo de requerimientos, aportes y balance de energía metabolizable (Mcal EM/día) y de proteína metabolizable (g PM/día) (LRNS, 2012) para vacas consumiendo solamente pasto, y para vacas suplementadas con DDGS o con el suplemento 50%DDGS:50% Cáscara de naranja.

	Energía metabolizable ¹ (Mcal EM/día)			Proteína Metabolizable (g PM/día)		
	Requerido	Suplementado	Balance	Requerido	Suplementado	Balance
Buffel	22.8 ^a	12.5 ^c	-10.6 ^c	503 ^c	476.5 ^c	-26.2 ^c
Buffel+DDGS ²	20.9 ^b	16.9 ^b	-4.1 ^b	579 ^a	705.5 ^a	126.2 ^a
Buffel+DDGS:Nar ²	19.7 ^c	17.1 ^a	-2.5 ^a	558 ^b	663.7 ^b	105.9 ^b
SEM	0.37	0.03	0.37	4.99	1.12	4.87
P	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

¹Valores de energía metabolizable y proteína calculados con el programa LRNS para vacas de 550 kg considerando condiciones climáticas durante el estudio.

² DDGS y DDGS:Naranja suplementación de 1 kg/animal/día

^{a,b,c} Valores entre columnas con diferente letra indican diferencias significativas ($P<0.001$).

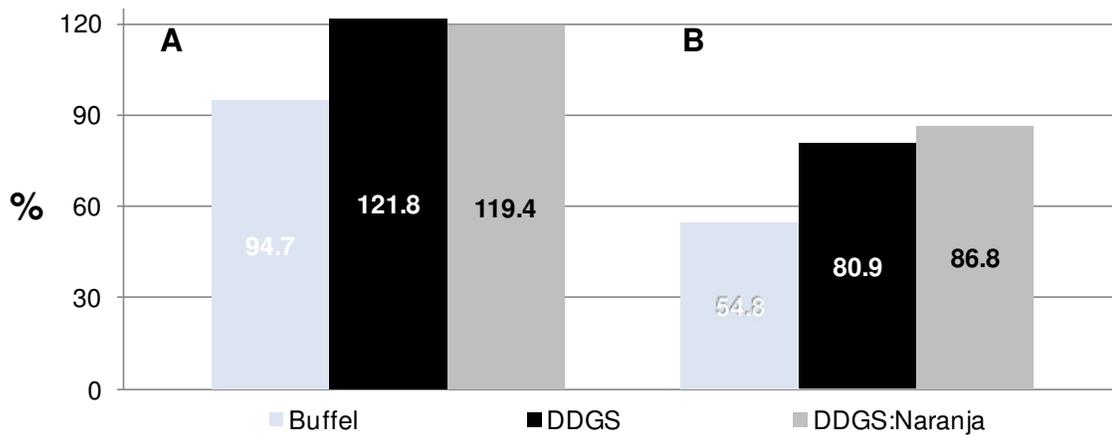


Figura 3. Cálculos realizados con LRNS de la proporción de los requerimientos de proteína metabolizable (A) y energía metabolizable (B) suministrados por el pasto Buffel (teórico) y las dietas de pasto Buffel adicionadas con DDGS o con DDGS:Naranja durante 32 días.

4.2. Peso corporal y condición corporal

Los datos de peso y CC considerando tres factores principales para su análisis (suplemento x reinserción x periodos de tiempo) se pueden observar en los Anexos 8.1 y 8.2.

En el cuadro 3, se pueden observar los resultados de peso y CC, donde se agruparon por tipo de suplementación para cinco 5 días del experimento (días 0, 9, 16, 24 y 30).

Por otra parte, en la Figura 4, se presentan los resultados de peso corporal. Hubo interacción significativa ($P < 0.05$) del peso corporal a los periodos de tiempo x tipo de suplemento, ya que aunque el peso inicial ($488.8 \text{ kg} \pm 14.3$) y peso final (481.7

kg \pm 14.3) fueron similares para ambos tipos de suplementos (media = 485.3 kg \pm 20) pero, en los días 16 y 24 del experimento, las vacas suplementadas con DDGS:Naranja fueron más pesadas ($P < 0.05$) que las suplementadas sólo con DDGS (Figura 4).

Cuadro 3. Peso (SEM \pm 20) y condición corporal (SEM \pm 0.17) durante los días de estudio (promedios \pm error estándar).

Días	Peso Corporal (kg)		Condición Corporal (1-9)	
	DDGS	DDGS:Naranja	DDGS	DDGS:Naranja
0	484 ^a \pm 19.0	493 ^a \pm 17.5	4.7 \pm 0.17	4.7 \pm 0.20
9	513 ^a \pm 20.8	515 ^a \pm 20.9	5.0 \pm 0.15	5.0 \pm 0.13
16	464 ^b \pm 18.0	487 ^a \pm 19.4	4.7 \pm 0.17	4.9 \pm 0.15
24	485 ^b \pm 19.9	500 ^a \pm 20.9	5.0 \pm 0.16	5.2 \pm 0.14
30	485 ^a \pm 19.8	478 ^a \pm 19.1	5.1 \pm 0.17	5.1 \pm 0.19

^{a,b}. Valores entre filas con diferente letra indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

No hubo diferencia ($P > 0.05$) en la CC por efecto de suplemento. El promedio general de CC fue de 5.0. Durante el periodo de estudio la CC osciló entre 4.75 y 5.0 (Cuadro 3). Por otra parte, los animales más jóvenes (menos de 3 años de edad) tuvieron una mejor condición corporal (5.50 vs. 4.75; $P < 0.05$) en comparación con animales más viejos (mayores de 6 años de edad).

Considerando los dos tiempos de la reinserción del dispositivo (8 y 14 d) no hubo efecto ($P > 0.05$) ni se vio diferencia sobre el peso ni sobre la condición corporal.

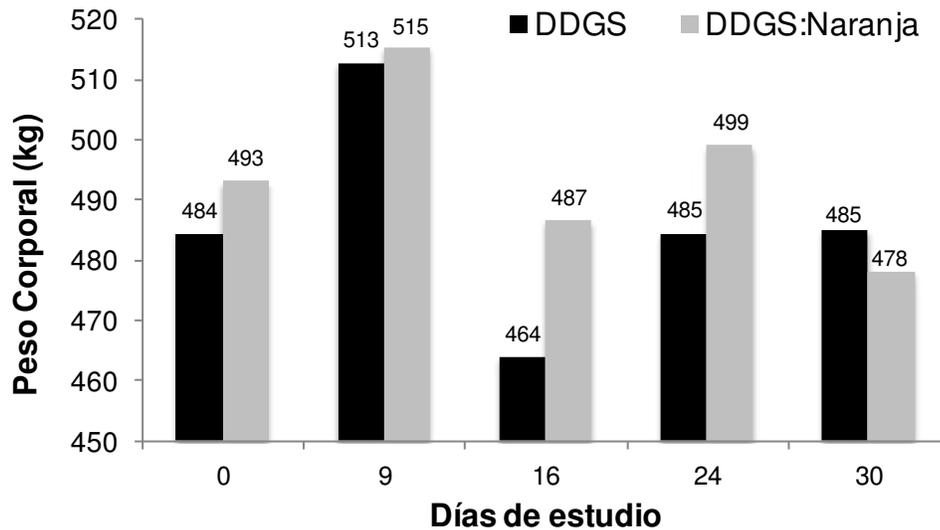


Figura 4. Interacción entre tiempo y suplemento ($P < 0.05$) para peso corporal de vacas en pastoreo de Buffel, suplementadas con DDGS o DDGS:Naranja ($SEM \pm 20$) durante el empadre de 32 días.

4.3. Concentraciones séricas de nitrógeno ureico

En la Figura 5, se observan las concentraciones séricas de nitrógeno ureico para los dos tipos de suplementación, en los 6 muestreos realizados (días 0, 9, 11, 16, 24 y 30). Las concentraciones séricas de N ureico fueron superiores en los animales que fueron suplementados sólo con DDGS, presentando una diferencia significativa ($P < 0.01$).

El promedio general de nitrógeno ureico de los animales suplementados con DDGS, y con DDGS:Naranja fueron 16.2 y 13.4 mg/dl, respectivamente ($P < 0.01$). Se observó una tendencia a una reducción de la concentración de nitrógeno ureico durante el estudio, iniciando con alrededor de 21 mg/dL) y terminando con niveles de 13 mg/dL para el último muestreo. Sin embargo, este cambio no se dio de manera gradual, ya que valores más elevados se observaron en el muestreo a los 16 días del experimento; concentraciones medias se registraron los días 11 y 30, mientras que las concentraciones más bajas de nitrógeno ureico, se presentaron en los días 9 y 24 del experimento. Esto permite observar un comportamiento de disminución a incremento en intervalos de 15 días (Figura 5).

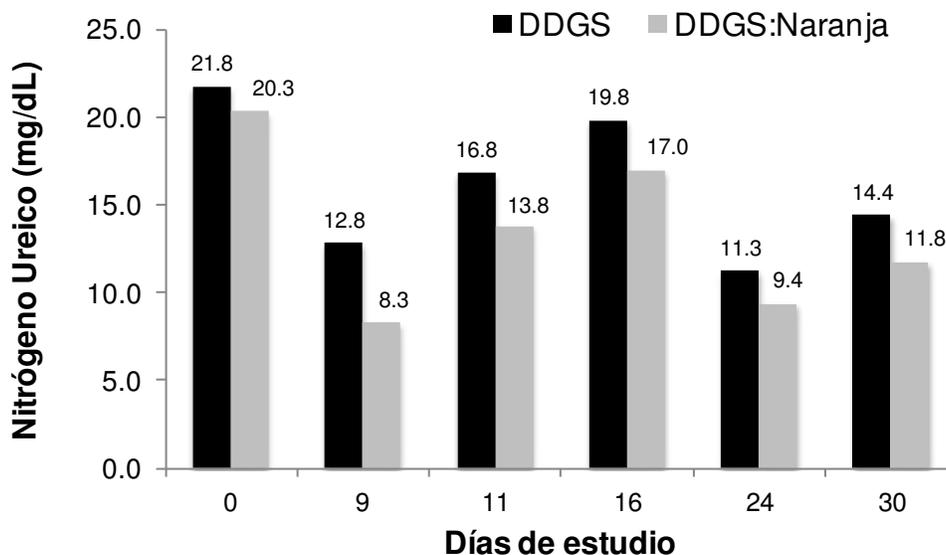


Figura 5. Comparación de las concentraciones de nitrógeno ureico (mg/dl) en los suplementos, durante los muestreos (SEM \pm 0.30).

4.4. Concentraciones plasmáticas de progesterona

En la figura 6, se observan las concentraciones de progesterona en los 7 muestreos realizados, donde tendencialmente ($P = 0.064$) las concentraciones fueron superiores en los animales que fueron suplementados con DDGS en comparación con los suplementados con DDGS:Naranja. En la a figura 6, se puede observar que las concentraciones de progesterona tuvieron un comportamiento similar, sin embargo, la concentración fue más elevada para las vacas suplementadas con DDGS en comparación a las vacas suplementadas con DDGS:Naranja.

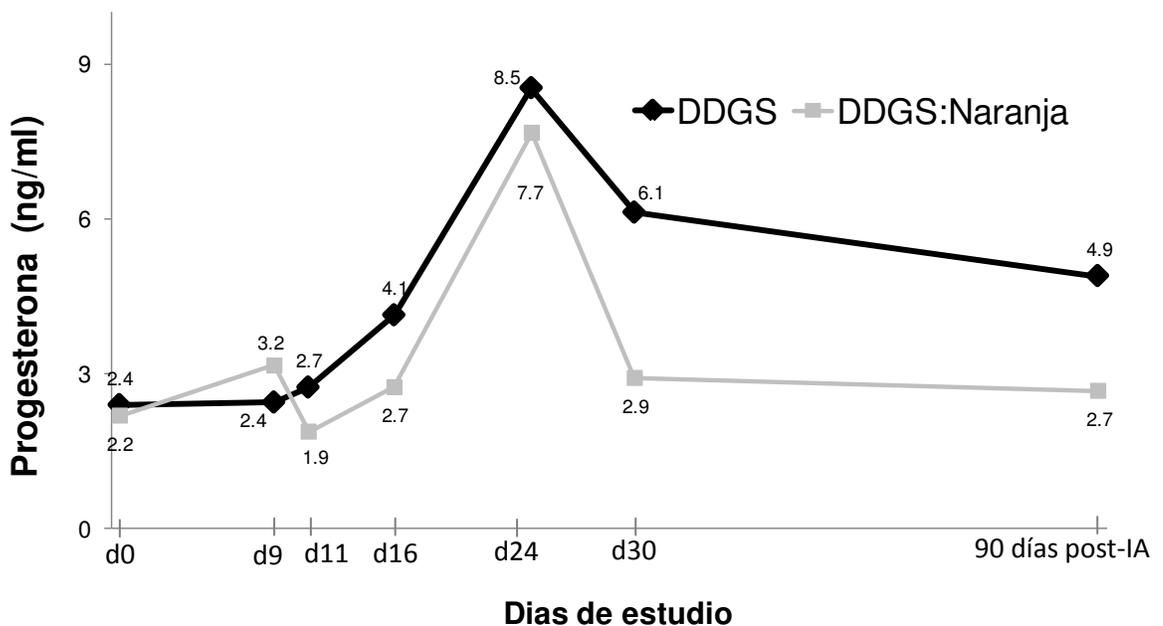


Figura 6. Concentraciones plasmáticas de progesterona (ng/ml) de los animales de acuerdo al suplemento recibido (DDGS y DDGS:Naranja; SEM \pm 2.39) durante el experimento.

El día 16 fue cuando se inició el protocolo de resincronización y fue notorio el incremento de las concentraciones de progesterona (d16 al d24), sin embargo este incremento no se mantuvo o continuó, sino que del d24 al d30, se redujeron las concentraciones de progesterona. Del d30 al último muestreo (90 días post-IA) correspondiente al diagnóstico de gestación final, fue posible observar que las concentraciones de progesterona no decreció en gran medida.

Las concentraciones de progesterona medidas fueron diferentes ($P < 0.01$) al comparar entre sí los muestreos realizados (en los días 0, 9, 11, 16, 24 y 30 del estudio, y 90 días post IA).

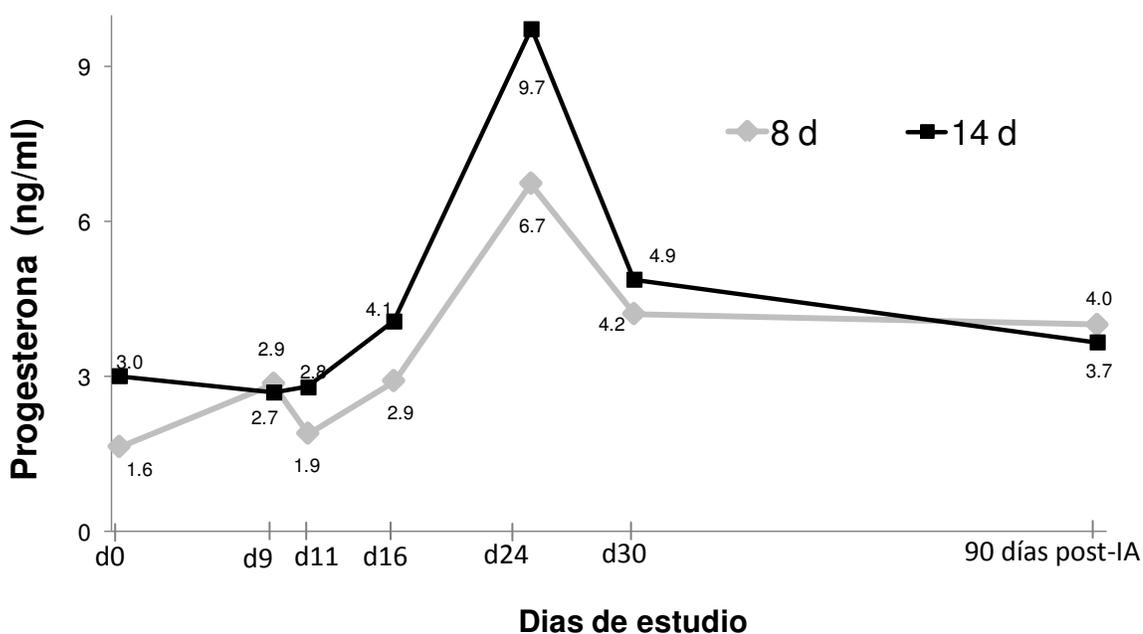


Figura 7. Concentraciones plasmáticas de progesterona (ng/ml) de los animales de acuerdo al periodo de reinsertión de CIDR (8d y 14d; SEM \pm 2.18) durante el experimento.

El más alto contenido de progesterona en promedio (8.5 ng/ml) se registró en el muestreo del d24 (retiro de CIDR 8 d), mientras que las concentraciones más bajas en promedio, se registraron durante la Inseminación artificial (d11).

El protocolo de resincronización en el presente estudio tuvo una duración de 8 o 14 días. Con respecto a d16 al d24 y del d24 a d30, detectándose una tendencia ($P = 0.129$) de incremento en las concentraciones de progesterona al retirar el CIDR a los 8 días, sin embargo al permanecer el dispositivo por en las vacas con reinserción de 14d las concentraciones de progesterona disminuyeron (Figura 7).

4.5. Parámetros Reproductivos

4.5.1. Sincronización de estros

De las 32 vacas sometidas durante 9 días al protocolo de sincronización de ciclo estral utilizando el dispositivo intravaginal CIDR, 22 de ellas (68.8%) presentaron estros ($P < 0.05$). De ellas, 14 vacas (63.6%) fueron suplementadas con DDGS:Naranja y 8 (36.4%) con DDGS ($P < 0.05$).

De las 16 vacas suplementadas con DDGS:Naranja, 14 (87.5%) presentaron estro y sólo 2 (12.5%) no presentaron estro ($P < 0.05$). En el caso de las 16 vacas suplementadas con DDGS, 8 presentaron celo y el resto no lo presentó (Figura 8).

De las 32 vacas del estudio, aquellas que presentaron estro tuvieron un peso al inicio del experimento (día 0) tendencialmente ($P = 0.169$) mayor que las que no

presentaron celo (500.7 vs. 462.5 kg). Las 8 vacas suplementadas con DDGS que presentaron celo tuvieron un peso inicial similar al de las 8 que no presentaron celo (488.9 vs. 479.9; $P > 0.05$); pero en el caso de las vacas suplementadas con DDGS:Naranja, las 14 que presentaron celo tuvieron un peso inicial mayor al de las 2 vacas que no presentaron celo (507.4 vs. 393 kg; $P = 0.024$).

Las 22 vacas que presentaron celo tuvieron un cambio de peso mayor durante los 9 días que duró el protocolo de sincronización que las que no presentaron celo (31.8 vs. 11.2 kg; $P = 0.053$). Este cambio de peso fue más notorio en las vacas suplementadas con DDGS:Naranja, (+25.9 kg en las que presentaron celo vs -2.5 kg en las anéstricas, $P < 0.05$), que en las suplementadas con DDGS (+42.3 kg en las que presentaron celo vs +14.6 kg ($P=0.122$) en las que no presentaron celo.

El peso corporal al finalizar el protocolo de sincronización de celos fue de 532.5 kg en las 22 vacas que presentaron celo, lo cual fue tendencialmente diferente ($P=0.059$) respecto al de las que no presentaron celo (473.7 kg). En el caso de las vacas suplementadas con DDGS, el peso al final de protocolo de sincronización no fue diferente entre las vacas que presentaron celo y las que no lo presentaron (531.1 vs 494.5 kg; $P>0.05$). En el caso de las 14 vacas suplementadas con DDGS:Naranja, el peso al finalizar el protocolo de sincronización de las que presentaron celo fue superior al de las que no lo presentaron (533.3 vs 390.5 kg; $P=0.018$).

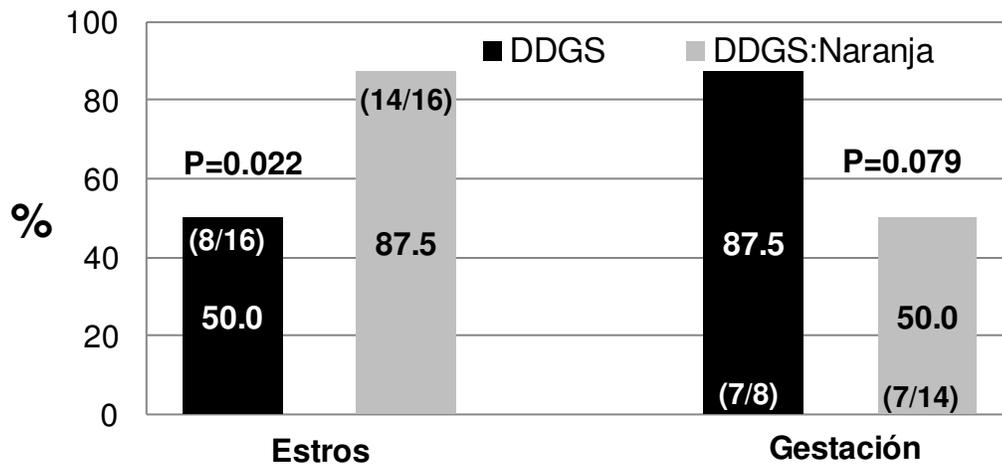


Figura 8. Porcentaje de presencia de estros ($P=0.022$) y gestación ($P=0.079$) por tipo de suplemento durante el protocolo de sincronización de estros.

4.5.2. Resincronización de estros

De las 32 vacas presentes al inicio del estudio, los animales susceptibles a responder a la resincronización de estros fueron 18 (56.2%), ya que 14 vacas (43.8%) ya habían quedado gestantes al primer servicio. En la Figura 9 se muestran la presencia de estros y porcentaje de gestación de acuerdo al tipo de suplemento.

De las 18 vacas sometidas a resincronización de estros, 9 vacas (50.0%) fueron suplementadas con DDGS y 9 (50.0%) con DDGS:Naranja ($P > 0.05$). De las 9 vacas suplementadas con DDGS, 5 (55.5%) presentaron estro, mientras que de las 9 vacas suplementadas con DDGS:Naranja 6 (66.6%) presentaron estro y sólo 3 (33.3%) no presentaron estro ($P > 0.05$; Figura 9).

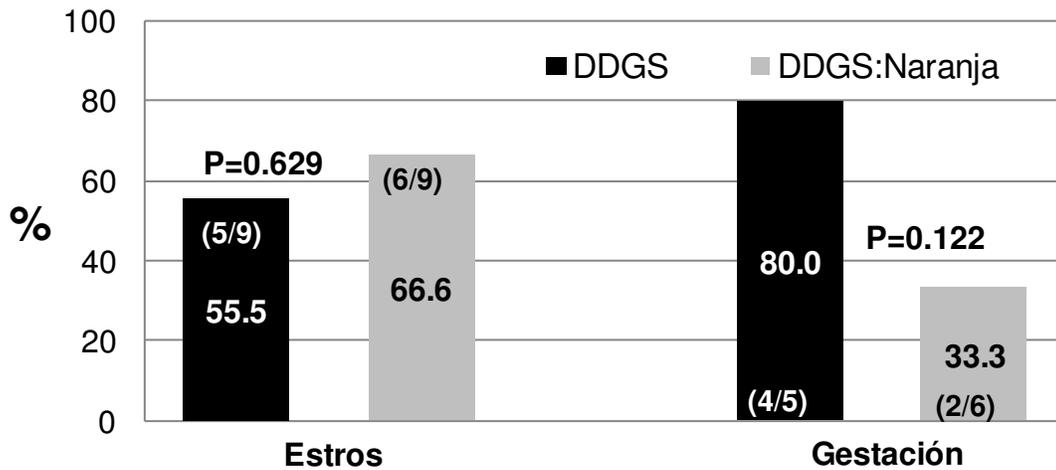


Figura 9. Porcentaje de presencia de estros ($P=0.629$) y gestación ($P=0.122$) por tipo de suplemento durante el protocolo de resincronización de estros.

De las 18 vacas resincronizadas susceptibles de presentar estro, hubo 9 (50.0%) para cada duración de reinserción (8 y 14 días). De las resincronizadas durante 8 días, 5 (55.6%) presentaron estro. De las 9 vacas resincronizadas durante 14 días, 6 (66.7%) presentaron estro ($P > 0.05$; Figura 10).

Cuadro 4. Peso y Condición corporal (inicial y final) durante el protocolo de resincronización de estros de acuerdo a presencia o ausencia de estro.

Fuente variación	Peso inicial (kg \pm 24.3)	Peso Final (kg \pm 25.4)	CC	CC Final
Vacas en estro	478.1	478.6	5.00	5.25
Vacas en anestro	410.0	418.6	4.75	5.00

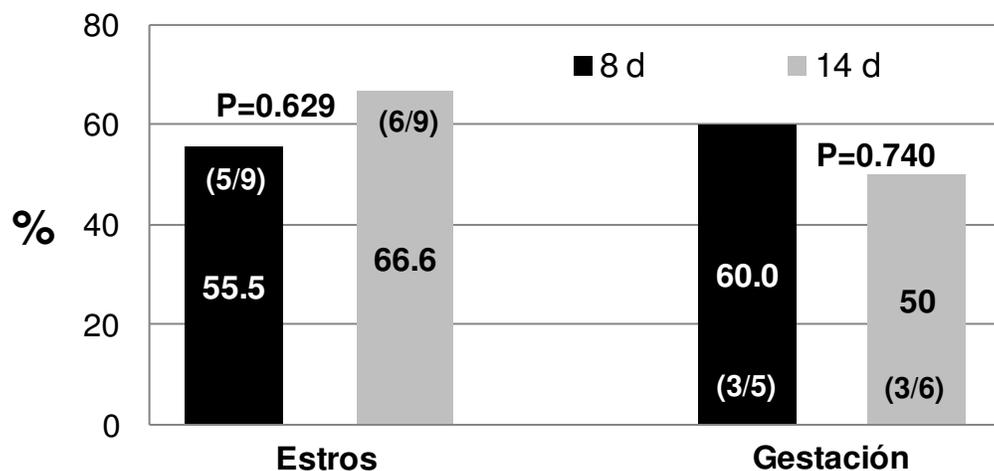


Figura 10. Porcentaje de presencia de estros ($P=0.629$) y gestación ($P=0.740$) por periodo de reinsertión durante el protocolo de resincronización de estros.

Las vacas resincronizadas que presentaron estro tuvieron un peso al inicio del protocolo de reinsertión (d 16) significativamente ($P < 0.05$; Cuadro 4) mayor que las que no presentaron estro (478.1 vs. 410.0 kg).

El peso corporal de las vacas al finalizar el protocolo de resincronización de ciclo estral fue tendencialmente mayor ($P = 0.089$) en las vacas que presentaron celo (478.6 kg) al de las vacas que no presentaron celo (418.6 kg).

Al considerar por separado las vacas resincronizadas durante 8 días, el peso al finalizar fue similar entre las que presentaron celo y las que no lo presentaron (460.6 vs. 440.3; $P > 0.05$). Para las vacas resincronizadas durante 14 días el

peso final fue tendencialmente ($P = 0.079$) mayor para aquellas que presentaron celo en comparación con las que no presentaron celo (493.7 vs. 389.7 kg).

Las vacas que presentaron estro tuvieron una condición corporal de 5.00 al inicio del protocolo de reinserción (d 16), mientras que las que no presentaron estro tuvieron una condición corporal de 4.75 ($P > 0.05$). Tampoco se observó cambio de la condición corporal entre las vacas en estro y las que no entraron en estro asignadas a los dos periodos de reinserción de dispositivo (media= 5.0; $P > 0.05$).

La condición corporal de las vacas al finalizar el protocolo de resincronización de ciclo estral tampoco fue diferente ($P > 0.05$) en las vacas que presentaron celo (5.25) de las vacas que no lo presentaron (5.00).

4.5.3. Intervalo de tiempo del retiro del CIDR al celo

Para el protocolo de sincronización (del día 0 al 9 del estudio) no hubo efecto ($P > 0.05$) de los dos tipos de suplemento (DDGS:Naranja = 36.3 h; DDGS = 32.0 h) sobre el intervalo del retiro de los dispositivos CIDR al estro (media = 34.2 h).

Durante el protocolo de reinserción, al medir el tiempo entre el retiro de los dispositivos CIDR reinsertados y el inicio de los estros se registró un intervalo retiro CIDR–estro de 67.5 h para las 6 vacas que fueron suplementadas con DDGS:Naranja, mientras que el tiempo a la presencia de estros para las 5 vacas

que respondieron a la resincronización y fueron suplementadas sólo con DDGS fue de 93.5 h (media= 80.5; $P > 0.05$). El estro inició significativamente más tarde ($P < 0.01$) en las 5 vacas con reinserción de 8 días, que en las 6 vacas con reinserción de 14 días (141.9 vs 27.9 h).

4.5.4. Diagnóstico de gestación

Al considerar el total de estros presentes a lo largo del trabajo experimental (sincronización y resincronización) hubo una mayor presencia de éstos ($P < 0.05$) en los animales suplementados con DDGS:Naranja que en los suplementados con DDGS (20 vs. 13). En cambio, la presencia de estros no se vio afectada por el largo (8 o 14 días) del periodo de resincronización (16 vs. 17 estros, respectivamente; $P > 0.05$).

Considerando por separado el periodo de sincronización, hubo 7 animales gestantes de los 16 expuestos por cada tipo de suplemento (DDGS y DDGS:Naranja; $P > 0.05$), es decir se registró un 43.8% de tasa de gestación (fertilidad) para el primer servicio (Cuadro 4).

De 9 vacas suplementadas con DDGS que fueron resincronizadas, 5 presentaron celo y 4 quedaron gestantes; mientras que para DDGS:Naranja, de 9 vacas resincronizadas 6 presentaron celo y sólo 2 quedaron gestantes (Cuadro 5).

Al evaluar el efecto del tiempo de reinserción del dispositivo se obtuvo que en la resincronización de 8 días, cinco de las nueve vacas expuestas, presentaron estro, mientras que para las resincronizadas durante 14 días, seis de las nueve vacas presentaron estro. Para ambos tiempo de resincronización (8 y 14 días) resultaron 3 vacas gestantes ($P > 0.05$).

Cuadro 5. Efecto del suplemento sobre el porcentaje de estros y gestación en vacas Charolais sincronizadas con CIDR durante el empadre de 32 días.

	1er servicio		2do servicio			
	Sincronización		Resincronización			
	n=16		n=9		n=16	
Estros					Total vacas en estro	
DDGS	8	50.0%	5	66.6%	12	75.0%
DDGS:Naranja	14	87.5%	6	55.5%	15	93.8%
Gestación					Total vacas gestantes	
DDGS	7	87.5%	4	80.0%	11	68.8%
DDGS:Naranja	7	50.0%	2	33.3%	9	56.3%

Durante los 32 días de empadre de este estudio (sincronización y resincronización), de las 16 vacas suplementadas con DDGS, se presentaron 13 estros, de 12 vacas, es decir, que una repitió estro y de estas 12 vacas 11 quedaron gestantes. De las 16 vacas suplementadas con DDGS:Naranja 15 vacas presentaron 20 estros , es decir que 5 vacas repitieron estro, resultando 9

gestantes (Comparación de suplementos: $P < 0.05$ para presentación de estros y $P > 0.05$ para tasa de gestación).

Cuadro 6. Efecto de tratamiento sobre tasa de presentación de estros y gestación durante el protocolo de resincronización de estros.

Tratamientos	n	Estros		Gestación		
		n	% estros	n	% estros	% de n
T1 (DDGS+8 d)	5	3	60.0	3	100.0	60.0
T2 (DDGS+14 d)	4	2	50.0	1	50.0	25.0
T3 (DDGS:Naranja+8 d)	4	2	50.0	0	-	-
T4 (DDGS:Naranja+14 d)	5	4	80.0	2	50.0	40.0
TOTAL	18	11	61.1	6	54.5	33.3

Para el factor largo de resincronización (8 y 14 días) se obtuvieron los siguientes resultados: para las 16 vacas con reinserción de 8 días se presentaron 16 estros, mientras que para las 16 vacas con reinserción de 14 días, se presentaron 17 estros. En ambos grupos de periodos de reinserción hubo 13 vacas en estro y 10 quedaron gestantes.

Englobando los resultados obtenidos durante el empadre de 32 días, no hubo diferencias ($P > 0.05$) en la tasa de gestación por efecto de tratamiento; sin embargo se registró una tendencia ($P = 0.157$) a que la mayor tasa de gestación

correspondió a las vacas asignadas al Tratamiento 1 (DDGS + 8 días), ya que 6 de los 8 animales sometidos (75%) quedaron gestantes. Para Tratamientos 2 y 4 (DDGS + 14 días; DDGS:Naranja + 14 días, respectivamente) se obtuvieron resultados similares, al quedar gestantes 5 de 8 vacas (63%; $P > 0.05$). La tasa de gestación numéricamente (no significativamente, $P > 0.05$) más baja se registró para el T3 (DDGS:Naranja + 8 días) ya que sólo 4 de las 8 vacas asignadas quedaron gestantes.

4.5.5. Actividad ovárica

En cuanto a la evaluación de la actividad ovárica, al considerar las dos fechas en que se tomaron las lecturas (días 0 y 9), no hubo efecto de tratamiento ($P > 0.05$) por tamaño, presencia de cuerpo lúteo o desarrollo folicular.

Se realizó un análisis para ver si había una relación entre la condición corporal y la presencia o ausencia de cuerpos lúteos o folículos y no se obtuvo diferencia significativa ($P > 0.05$), de modo que no hubo una relación entre la condición corporal y la actividad ovárica.

5. DISCUSIÓN

5.1. Calidad del pasto y subproductos

Gracias al paquete computacional LRNS, en el presente trabajo fue posible realizar una estimación del balance energético y proteico de un grupo teórico de vacas que no hubieran sido suplementadas, considerando las condiciones climatológicas en las cuales se llevó el presente trabajo. Análisis similares han sido reportados previamente, utilizando ya sea el programa LRNS (Tedeschi *et al.*, 2006; Hafla *et al.*, 2013) o el paquete CNCPS (Fox *et al.*, 1984; Juárez Lagunes *et al.*, 1999; Tylutki *et al.*, 2008).

Aguilar-Perez *et al.* (2009) reportaron que un mejor balance de energía y proteína aumenta la tasa de ovulación y de gestación durante la temporada de empadre; en su estudio, la proporción de vacas suplementadas que estaban gestantes a los 60 días fue casi el doble respecto a las que no fueron suplementadas, aunque la diferencia no fue significativa ($P>0,05$).

En el presente estudio, al comparar los valores calculados con el LRNS contra los obtenidos de las vacas de nuestro estudio, se pudo constatar que una cantidad limitada de suplementación (1 kg/animal/día) fue suficiente para favorecer el balance tanto de energía como de proteína metabolizable de las vacas.

5.2. Peso y condición corporal

Cooke *et al.*, (2007) compararon el comportamiento y las respuestas fisiológicas en bovinos de carne alimentados con forraje y suplementados con melaza o pulpa

de cítricos y encontraron que la ganancia en peso fue mayor ($P < 0.01$) para las vaquillas suplementadas con pulpa de cítricos. Esto concuerda con lo registrado en el presente trabajo, ya que aún y cuando el peso corporal no fue diferente al final, los pesos de las vacas suplementadas con DDGS:Naranja en algunas fechas intermedias fueron superiores a los de las vacas suplementadas solamente con DDGS, demostrando con ello que la suplementación con cáscara de naranja permite mantener o incrementar el peso corporal de bovinos bajo condiciones de pastoreo extensivo. Esto concuerda con lo reportado por Radunz *et al.* (2010), donde reportaron un aumento en el peso corporal de vacas recibiendo suplementación proteico-energética. Asimismo, Marston *et al.* (1995) reportaron que la suplementación de vacas gestantes con suplemento energético-proteico (2.4 kg/día de suplemento con 20% PC) ocasionó mayores ganancias de peso al parto, que en vacas recibiendo suplementos predominantemente con proteína (1.2 kg/día de suplemento con 40% PC).

Otros reportes, mencionan que la suplementación a vacas de carne que consumen forrajes de baja calidad con DDGS (de 0.77 a 2.31 kg/d) durante 119 días incrementaron su peso corporal de 466 a 518 kg (Winterholler *et al.*, 2012). En cambio, la suplementación con carbohidratos no estructurales (de 0.32 a 0.96 kg CNE/día) no se reflejó en cambios de peso corporal (Bowman *et al.*, 2004).

En el presente trabajo no se detectaron cambios significativos en la CC de las vacas asociadas al tipo de suplemento que recibieron. Winterholler *et al.* (2012) tampoco pudieron detectar cambios significativos con diferencias de 0.27 unidades de CC, a pesar de que las diferencias obtenidas fueron hasta de 0.65 unidades.

En el presente estudio, pequeñas diferencias en CC (de 4.75 a 5.00) durante el período de reproducción de 32 días se asocian con una correlación positiva con los cambios observados en el peso corporal ($r = 0.423$; $P < 0.05$).

5.3. Concentraciones séricas de nitrógeno ureico

Hammond (1998) reportó que concentraciones de nitrógeno ureico inferiores a 7 mg/dL se pueden considerar como indicadores de deficiencias de proteína en la dieta de vacas y novillos sanos, y que concentraciones superiores a 19-20 mg de nitrógeno ureico/dL se han asociado con una reducción en las tasas de concepción y preñez en vacas lecheras. En este sentido, McEvoy *et al.*, (1997; citado por Sheldon *et al.*, 2006), encontraron que las bajas concentraciones de urea son un indicativo de una inadecuada ingesta de proteínas, mientras que los valores altos están asociados con concentraciones elevadas de amoníaco, que pueden tener efectos tóxicos directos sobre el ovocito y/o embrión temprano. A pesar de que las concentraciones de nitrógeno ureico en el presente trabajo fueron significativamente mayores para animales suplementados sólo con DDGS, los rangos bajo los cuales oscilaron, fueron valores normales para bovinos de carne.

En el presente trabajo, los niveles de nitrógeno ureico registrados con DDGS el día 16 del estudio estuvieron cercanos a llegar a los niveles críticos superiores (Figura 4). Butler *et al.* (1996) reportaron una reducción del 20% en la tasa de

gestación, cuando las concentraciones de urea en sangre superaban los 126 mg/dL al momento de la inseminación (Butler et al., 1996).

Radunz *et al.*, (2010) también reportaron mayores concentraciones de nitrógeno ureico para vacas gestantes suplementadas con DDGS, en comparación a las suplementadas con heno de zacate y maíz a las 0, 3 y 6 horas después de haber sido alimentadas, y comentaron que el contenido de proteína cruda de la dieta está relacionado con las concentraciones de N ureico.

Winterholler *et al.* (2012) encontraron una relación lineal ($P < 0.01$) entre el nivel de suplementación de DDGS (1.3 a 4.0 kg/d) y nitrógeno ureico en suero (11.46 a 17.64 mg nitrógeno ureico /dL) de vacas de carne lactantes. Vacas de carne post parto suplementadas con proteína (1.2 kg con 40% PC) tuvieron 17.1 mg/dL, mientras que los animales suplementados con energía (2.4 kg con 20% PC) tuvieron sólo 8.9 mg/dL (Marston *et al.*, 1995).

5.4. Concentraciones plasmáticas de progesterona

Las concentraciones plasmáticas de progesterona medidas en los días posteriores a la Inseminación artificial pueden ser consideradas como indicadoras de que el dispositivo CIDR posiblemente ya no contenía suficiente hormona para mantener elevadas las concentraciones plasmáticas de progesterona después de 8 días post IA. Se ha estimado que la cantidad de progesterona contenida en un CIDR nuevo (1.9 g de progesterona) puede disminuir hasta 0.68 g después de haber

sido utilizado en un protocolo de sincronización del estro en dos ocasiones por períodos de 7 días (Rathbone *et al.*, 2002).

5.5. Reproducción

En el presente trabajo, la tasa de gestación de los animales suplementados con dos suplementos isocalóricos y con diferente contenido de proteína no varió significativamente. Nuestros resultados son similares a los obtenidos por Radunz *et al.*, (2010), quienes tampoco encontraron diferencia significativa en la tasa de gestación al primer y segundo servicio ($P > 0.05$), de los animales suplementados con DDGS (58% 1^{er} servicio, 81% 2^{do} servicio), en contraste con los animales suplementados con maíz (55 y 76%) o heno de zacate (50 y 75%).

La CC es un buen indicador de la capacidad reproductora, y del estado nutricional de las vacas de carne (Llewellyn *et al.*, 2006). Renquist *et al.* (2006) reportaron que la CC al parto se encuentra asociada con la tasa de gestación, intervalo entre partos y la ganancia de peso de las crías, y sugiere que el mantenimiento adecuado de la CC antes, durante y después del parto puede ser crítico para un rendimiento reproductivo adecuado. En el presente estudio, la CC fue en promedio 5.0, y no hubo diferencia entre los tratamientos. Estos resultados están de acuerdo con los de Marston *et al.* (1995) que reportaron cambios similares ($P > 0.05$) en la CC de las vacas que pastan en área de distribución natural y que son suplementadas, ya sea con energía o con proteína.

Durante la resincronización de estros en el presente estudio, de las 9 vacas suplementadas con cada tipo de suplemento, 5 y 6 suplementadas con DDGS (55.6%), o con DDGS:Naranja (66.7%), respectivamente, presentaron estro ($P > 0.05$). Este resultado es mejor que el 36% de tasa de retorno al estro reportado por Larson *et al.* (2009) en vacas resincronizadas del día 5 al 14 después de la inseminación artificial.

Bowman *et al.* (2004) además de reportar efectos positivos en el peso corporal ($P < 0.05$) de vacas de carne, también presentan beneficios en las tasas de gestación (92.3 vs 85.7%), aunque no de manera significativa ($P > 0.05$). En el trabajo de Winterholler *et al.* (2012), el peso y la tasa de gestación de vacas de carne se incrementó linealmente (de 466 a 518 kg; $P < 0.01$) de acuerdo con el nivel de suplementación de DDGS (de 0.77 a 4.02 kg DDGS/día), sin embargo, el impacto de esta suplementación en la tasa de concepción (43.7 a 70.6%) y de la tasa de gestación (76.3 a 89.7%) no fue estadísticamente diferente ($P > 0.05$). Por otra parte, Alnimer *et al.* (2008) y Colazo *et al.* (2006) obtuvieron porcentajes de resincronización de 50.6 y 78.2% respectivamente. Los autores concluyen que el uso del CIDR entre los días 14 a 21 post IA, permite que al retiro de éstos se resincronicen los estros en los animales no gestantes en el primer servicio, y que la resincronización favorece la presencia de estros en la mayor parte de los animales no gestantes.

Un balance nutricional negativo y pérdidas de peso corporal en vacas de carne se encuentran asociados con una baja fertilidad (Sanh *et al.*, 2002). Es importante evaluar el peso corporal y los cambios a lo largo de la época de empadre, como una valiosa información adicional que se puede utilizar cuando los cambios en la condición corporal no se pueden detectar. Marston *et al.* (1995) reportan pequeños cambios en la CC (5.3 vs 5.5; $P>0.05$), pero diferencias significativas en la tasa de gestación (79.7 vs 90.5%; $P<0.05$) de vacas de carne que recibieron dos tipos de suplementos (Proteína o Energía). Lents *et al.* (2008) reportaron una CC similar (promedio 4.5; $P=0.80$) y tasa de gestación (63.2 vs 46.7%; $P=0.38$) de vacas que recibieron dos niveles de suplementación (1.2 o 2.5 kg/d) de suplemento con 42% PC.

Se registraron 7 vacas gestantes (43.8 %) de las 16 asignadas ($P>0.05$) a cada tipo de suplemento, al primer servicio (protocolo de sincronización). Marston *et al.* (1995) registraron mejores tasas de gestación (90.5 vs 79.7%) de vacas de carne suplementadas con energía y proteína. En el presente estudio, las vacas suplementadas con DDGS tuvieron mayores concentraciones de nitrógeno ureico en suero que aquellas suplementadas con DDGS:Naranja. Los niveles de nitrógeno ureico observados en las vacas recibiendo ambos tipos de suplemento pueden ser considerados como positivos para la reproducción, tal como lo reportan Cooke *et al.* (2007).

En el presente trabajo, la duración de los periodos de resincronización (8 o 14 días) no afectó ($P > 0.05$) las tasas de gestación, 3 vacas gestantes de 5 (en el caso de resincronización durante 8 días) y 3 gestantes de 6 vacas (en el protocolo de 14 días de resincronización). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Radunz *et al.* (2010), quienes no reportaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en las tasas de gestación obtenidas de vacas suplementadas con DDGS (58% al primer servicio y 81% al segundo servicio), en comparación con animales suplementados con maíz (55 and 76%) o con heno de zacate (50 and 75%).

En el presente trabajo no se tuvo un grupo testigo de vacas sin embargo, se puede considerar que se pueden mejorar los porcentajes de preñez hasta en un 11% (Garza-Arredondo, 2011).

6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente trabajo, se puede concluir que las vacas con un peso cercano a los 500 kg y/o mayor, tuvieron mejor porcentaje de estros, utilizando el dispositivo CIDR que vacas más livianas.

La suplementación con 1 kg/día de la combinación (50:50) DDGS con cáscara de naranja, contribuyó a mejorar el porcentaje de estros y el peso corporal.

Las vacas suplementadas con DDGS presentaron mayor porcentaje de estros fértiles que las vacas suplementadas con DDGS:DGP.

La resincronización durante 14 días no incrementó los datos reproductivos de las vacas resincronizadas durante 8 días.

7. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Pérez, C., J. Ku-Vera, F. Centurión-Castro y P.C. Garnsworthy. 2009. Energy balance, milk production and reproduction in grazing crossbred cows in the tropics with and without cereal supplementation. *Livest. Sci.* 122: 227–233.
- Agricultural Marketing Resource Centre (AMRC). 2013. Estimated U.S. Dried Distillers Grains with Solubles (DDGS) Production & Use, <http://www.extension.iastate.edu/agdm/crops/outlook/dgsbalancesheet.pdf> (Consultado el 28 October 2013).
- Alnimer M.A. y W.F. Lubbadah. 2008. Effect of progesterone (P₄) intravaginal device (CIDR) to reduce embryonic loss and to synchronize return to oestrus of previously timed inseminated lactating dairy cows. *Anim. Rep. Sci.* 107:36–47.
- Arndt, W.J. Holle A.J., Bauer M.L., Kirsch J.D., Schimek D.E., Odde K.G., Vonnahme K.A. 2009. Effect of post-insemination progesterone supplementation on pregnancy rate in dairy cows. *Can. J. Vet. Res.* 73:271–274.
- Arthington, J.D., W.E. Kunkle, y A.M. Martin. 2002. Citrus pulp for cattle. *Vet. Clin. Food Anim.* 18:317–326.
- Arthington, J.D. 2006. Citrus Pulp - New information for an old feed by product. University of Florida, IFAS.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th ed. Gaithersburg, MD, USA
- Bampidis, V.A., y P.H. Robinson. 2006. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 128: 175–217.
- Bowman, J.G.P., B.F. Sowell, L.M.M. Surber, y T.K. Daniels. 2004. Nonstructural carbohydrate supplementation of yearling heifers and range beef cows. *J. Anim. Sci.* 82: 2724–2733.
- Cerri, R.L.A., H.M. Rutigliano, R.G.S. Bruno, E.P. Santos. 2009. Progesterone concentration, follicular development and induction of cyclicity in dairy cows receiving intravaginal progesterone inserts. *Anim. Rep. Sci.* 110:56–70.
- Cooke, R.F., J.D. Arthington, C.R. Staples, W.W. Thatcher, y G.C. Lamb. 2007. Effects of supplement type on performance, reproductive, and physiological responses of Brahman-crossbred females. *J. Anim. Sci.* 85:2564–2574.

- El-Zarkouny, S.Z. y J.S. Stevenson. 2004. Resynchronizing estrus with progesterone or progesterone plus estrogen in cows of unknown pregnancy status. *J. Dairy Sci.* 87: 3306–3321.
- Engel, C.L., H.H. Patterson, y G.A. Perry. 2008. Effect of dried corn distillers grains plus solubles compared with soybean hulls, in late gestation heifer diets, on animal and reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 86:1697–1708.
- Etheeridge, R.D., G.M. Pesti, y E.H. Foster. 1998. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (LECO CNS 2000) on samples typical of animal nutrition analytical laboratory. *Anim. Feed Sci. Technol.* 73:21–28.
- FAO. 2013. Wadhwa M., M.P.S. Bakshi 2014. Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value added products. RAP Publication 2013/04.
- Fox, D.G. y J.R. Black. 1984. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. *J Anim Sci.* 58(3):725-739.
- Garza-Arredondo, A.J. 2011. Influencia de la progesterona post inseminación sobre el porcentaje de gestación en vacas de carne. Escobedo, NL. Tesis, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Facultad de Agronomía. U.A.N.L.
- Galyean, M. L. 1997. Laboratory procedures in animal nutrition research. West Texas A&M University, Division of Agriculture and Texas A&M Research and Extension Center, Amarillo. 192 p.
- Hafla, A.N., G.E. Carstens, T.D.A. Forbes, L.O. Tedeschi, J.C. Bailey, J.T. Walter, y J.R. Johnson. 2013. Relationships between postweaning residual feed intake in heifers and forage use, body composition, feeding behavior, physical activity, and heart rate of pregnant beef females. *J. Anim. Sci.* 91: 5353–5365.
- Hammond, A.C. 1997. Update on BUN and MUN as a guide for protein supplementation in cattle. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service Subtropical Agricultural Research Station Brooksville, Florida. Pp: 45–54.
- Holtz, W., B. Sohnrey, M. Gerald, M.A. Driancourt. 2008. Ovsynch synchronization and fixed-time insemination in goats. *Theriog.* 69: 785-792.

- Husein, M.Q. y M.M. Ababneh. 2008. A new strategy for superior reproductive performance of ewes bred out-of-season utilizing progestagen supplement prior to withdrawal of intravaginal pessaries. *Theriog.* 69: 376-383.
- INEGI, 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Marín, Nuevo León. Clave geoestadística 19034.
- INIFAP, 2013. Red de Estaciones Agroclimáticas de Nuevo León - Estación: Facultad de Agronomía UANL, Marín, NL., <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/> (Consultado el 31 de Enero del 2013).
- Jones, A.L. y G.C. Lamb. 2008. Nutrition, synchronization, and management of beef embryo transfer recipients. *Theriog.* 69: 107–115.
- Juarez Lagunes, F.I., D.G. Fox, R.W. Blake, A.N. Pell. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. *J. Dairy Sci.* 82: 2136–2145.
- Kim Y., S.M. Nathan, R. Hendrickson, T. Ezeji, H. Blaschek, B. Dien, M. Cotta, B. Dale, M.R. Ladisch. 2008. Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage. *Bioresour. Technol.* 99: 5165–5176.
- Lamb, G.C., C.R. Dahlen, K.A. Vonnahme, G.R. Hansen, J.D. Arseneau, G.A. Perry, R.S. Walker, J. Clement, y J.D. Arthington. 2008. Influence of a CIDR prior to bull breeding on pregnancy rates and subsequent calving distribution. *Anim. Reprod. Sci.* 108: 269–278.
- Larson, S.F., W.R. Butler, y W. Bruce Currie. 2007. Pregnancy rates in lactating dairy cattle following supplementation of progesterone after artificial insemination. *Anim. Rep. Sci.* 102: 172–179.
- Larson, J.E., K.N. Thielen, B.J. Funnell, J.S. Stevenson, D.J. Kesler, y G.C. Lamb. 2009. Influence of a controlled internal drug release after fixed-time artificial insemination on pregnancy rates and returns to estrus of nonpregnant cows. *J. Anim. Sci.* 87: 914–921.
- Lents, C.A., F.J. White, N.H. Ciccioli, R.P. Wettemann, L.J. Spicer, y D.L. Lalman. 2008. Effects of body condition score at parturition and postpartum protein supplementation on estrous behavior and size of the dominant follicle in beef cows. *J. Anim. Sci.* 86: 2549–2556.
- Llewellyn, D.A., R.C. Cochran, T.T. Marston, D.M. Grieger, C.G. Farmer, y T.A. Wickersham. 2006. Influence of limited fall protein supplementation on

performance and forage utilization by beef cattle grazing low-quality native grass pastures. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 127: 234–250.

Liu K. 2008. Particle size distribution of distillers dried grains with solubles (DDGS) and relationships to compositional and color properties. *Bioresour. Technol.* 99: 8421–8428.

Looney, C.R., J.S. Nelson, H.J. Schneider, D.W. Forrest. 2006. Improving fertility in beef cow recipients. *Theriogenology.* 65: 201–209.

Lucy M.C., S. McDougall, D.P. Nation. 2004. The use of hormonal treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture-based management systems. *Anim. Rep. Sci.* 82–83: 495–512

Marsh, W.H., B. Fingerhut, Y H. Miller. 1965. Automated and manual direct methods for the determination of blood urea. *J. Clin. Chem.* 11: 624–627.

Marston, T.T., K.S. Lusby, R.P. Wettemann, y H.T. Purvis. 1995. Effects of feeding energy or protein supplements before or after calving on performance of spring-calving cows grazing native range. *J. Anim. Sci.* 73:657–664.

Mehni, S.B., H.K. Shabankareh, M. Kazemi-Bonchenari, y M. Eghbali. 2012. The Comparison of treating Holstein dairy cows with progesterone, CIDR and GnRH after insemination on serum progesterone and pregnancy rates. *Reprod. Dom. Anim.* 47:131–134.

Mendez, P.C. 2008. Sincronización de estros usando el dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR) con o sin hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) en vacas de carne. Escobedo, NL. Tesis, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. U.A.N.L.

Menke, K.H y H. Steingass.1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* Vol. 28:7–55.

National Research Council (NRC) 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle.* 7th edition National Academic Press, Washington, DC, USA.

OEIDRUS. 2013. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable. Situación de la Citricultura en el Estado de Nuevo León. Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica para el Desarrollo Rural Sustentable del Estado de Nuevo León. <http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/index.php> (Consultado 21 Sept. 2013).

- Oliveira-Filho, B.D., G.H. Toniollo, A.F.D. Oliveira, M.A.O. Viu, H.T. Ferraz, D.T. Lopes, y M.L. Gambarini. 2010. The effect of offering an energy and protein supplement to grazing canchim beef cows either postpartum or both pre- and postpartum on lipid blood metabolites and folliculogenesis. *Reprod. Dom. Anim.* 121:39–45.
- Quintans, G., J.I. Velazco, A. Scarsi, C. López-Mazz, y G. Banchemo. 2012. Effect of nutritional management during the postpartum period of primiparous autumn-calving cows on dam and calf performance under range conditions. *Livest. Sci.* 144:103–109.
- Radunz, A.E., F.L. Fluharty, M.L. Day, H.N. Zerby, y S.C. Loerch. 2010. Prepartum dietary energy source fed to beef cows: I. Effects on pre- and postpartum cow performance. *J. Anim. Sci.* 88:2717–2728.
- Rathbone, M.J., C.R. Bunt, C.R. Ogle, S. Burggraaf, K.L. Macmillan, C.R. Burke, K.L. Pickering. Reengineering of a commercially available bovine intravaginal insert (CIDR insert) containing progesterone. *J. Contrl. Rel.* 54: 117–148.
- Renewable Fuels Association (RFA) 2013. Annual Industry Outlook. <http://www.ethanolrfa.org/pages/annual-industry-outlook> (Consultado 23 de Septiembre de 2013).
- Renquist, B.J., J.W. Oltjen, R.D. Sainz, y C.C. Calvert. 2006. Relationship between body condition score and production of multiparous beef cows. *Livest. Sci.* 104:147–155.
- Ribeiro, E.S., R.L.A. Cerri, R.S. Bisinotto, F.S. Lima, F.T. Silvestre, L.F. Greco, W.W. Thatcher y J.E.P. Santos. 2011. Reproductive performance of grazing dairy cows following presynchronization and resynchronization protocols. *J. Dairy Sci.* 94:4984–4996
- Richards, M.W., J.C. Spitzer, y M.B. Warner. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 62:300–306.
- Sanh, M.V., H. Wiktorsson, y L.V. Ly. 2002. Effect of feeding level on milk production, body weight change, feed conversion and postpartum oestrus of crossbred lactating cows in tropical conditions. *Livest. Prod. Sci.* 77:331–338.
- Saunders, J.A. y K.A. Rosentrater. 2009. Survey of US fuel ethanol plants. *Bioresour. Technol.* 100:3277–3284.
- Solórzano-Hernández C.W., J.H. Mendoza, C. Galina-Hidalgo, A. Villa-Godoy, H.R. Vera-Avila, y S. Romo-García. 2008. Reutilización de un dispositivo liberador de

progesterona (CIDR-B) para sincronizar el estro en un programa de transferencia de embriones bovinos. *Téc. Pec. de Méx.* 46(2):119–135.

Squires E.J. 2010. *Applied Animal Endocrinology*, CABI 2nd ed. Cambridge, UK. 281 pp.

Tedeschi, L.O., S. Seo, D.G. Fox, y R. Ruiz. 2006. Accounting for energy and protein reserve changes in predicting diet-allowable milk production in cattle. *J. Dairy Sci.* 89:4795-4807

Texas A&M University. 2012. Large Ruminant Nutrition System. Software. (College Station, TX; <http://nutritionmodels.tamu.edu/lrns.html>; Consultado Septiembre, 2012).

Tylutki T.P., D.G. Fox, V.M. Durbal, L.O. Tedeschi, J.B. Russell, M.E. Van Amburgh, T.R. Overton, L.E. Chase, A.N. Pell. 2008. Cornell Net Carbohydrate and Protein System: A model for precision feeding of dairy cattle. 143: 174–202

UMN, 2007. The value and use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in Livestock and Poultry Feeds. <http://www.ddgs.umn.edu> (Consultado el 22 de Septiembre del 2013).

Valdivié M. y Bernal H. 2012. Alimentación de Aves, Cerdos y Conejos con yuca, batata, banano, arroz, caña, DDGS y amaranto. Ed. del ICA, La Habana, Cuba. Pp. 230.

Van Soest, P.J., J.B. Robertson, y B.A. Lewis. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583–3597.

Villarreal M, R.C. Cochran, A. Rojas-Bourrillón, O. Murillo, H. Muñoz, y M. Poore. 2006. Effect of supplementation with pelleted citrus pulp on digestibility and intake in beef cattle fed a tropical grass-based diet (*Cynodon nlemfuensis*). *Anim. Feed Sci. and Technol.* 125:163–173.

Winterholler S.J., C.P. McMurphy, G.L. Mourer, C.R. Krehbiel, G.W. Horn, y D.L. Lalman. 2012. Supplementation of dried distillers grains with soluble to beef cows consuming low-quality forage during late gestation and early lactation. *J. Anim. Sci.* 90:2014–2025.

Yoon, S.Y., Y.X. Yang, P.L. Shinde, J.Y. Choi, J.S. Kim, Y.W. Kim, K. Yun, J.K. Jo, J.H. Lee, S.J. Ohh, I.K. Kwon, y B.J. Chae. 2010. Effects of mannanase and distillers dried grain with solubles on growth performance, nutrient digestibility, and carcass characteristics of grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 88:181–191.

8. ANEXOS

8.1. Datos generales de los animales

Vaca	Trat1,DD7;2,DD14; 3,Nar7;4,Nar14	Suplem1,DD; 2,DDNar	ReinsRet1,7; 2,14	Repetición	EdadVaca Años	dx. Gest 1er Servicio	dx. Gest 2do Servicio
0222	4	2	2	2	10.4	P	-
0233	3	2	1	2	10.2	P	-
0402	2	1	2	1	8.8	P	-
0415	4	2	2	5	8.4	V	V
0502	3	2	1	5	7.8	V	V
0513	4	2	2	1	7.4	V	V
0520	2	1	2	3	7.2	V	V
0525	3	2	1	1	7.2	P	-
0537	1	1	1	2	6.9	V	P
0610	4	2	2	4	6.6	P	-
0611	2	1	2	2	6.6	P	-
0612	1	1	1	1	6.5	P	-
0640	3	2	1	4	5.9	P	-
0641	1	1	1	3	5.9	V	P
0705	1	1	1	5	5.4	V	V*
0711	3	2	1	3	5.4	P	-
0739	1	1	1	6	5.0	V	V*
0746	2	1	2	4	4.9	P	-
0750	1	1	1	4	4.9	P	-
0809	2	1	2	5	3.9	P	-
0905	4	2	2	3	3.4	V	P
0911	2	1	2	8	2.9	V	V*
1012	4	2	2	6	2.8	P	-
1013	2	1	2	7	2.7	V	V*
1018	3	2	1	8	2.4	V	V
1103	2	1	2	6	1.6	V	P
1108	3	2	1	6	1.6	V	V
1113	4	2	2	8	1.5	V	V*
1122	3	2	1	7	1.5	V	V
1124	4	2	2	7	1.3	V	P
1126	1	1	1	8	1.2	P	-
1127	1	1	1	7	1.3	V	P

P= PREÑADA, V= VACIA, *ANESTRO

8.2. Análisis de varianza de peso vivo

FV	SC	GL	CM	F	SIG
Repeticiones	824820.594	7	117831.513	356.792	0.000
Periodos	27860.038	4	6965.009	21.090	0.000
Error a	9247.063	28	330.252		
Suplemento	2763.906	1	2763.906	0.853	0.366
Reinserción	701.406	1	701.406	0.217	0.646
SxR	74.256	1	74.256	0.023	0.881
Error b	68026.881	21	3239.375		
PxS	4057.813	4	1014.453	5.276	0.001
PxR	1039.188	4	259.797	1.351	0.258
PxSxR	886.463	4	221.616	1.153	0.338
Error c	16149.837	84	192.260		
Total	955627.444	159			

FV=factor de variación; SC=suma de cuadrados; GL=grados de libertad; CM=cuadrado medio; F=Valor de F; SIG= valor de significancia.

8.3. Análisis de varianza de condición corporal

FV	SC	GL	CM	F	SIG
Repeticiones	22.622	7	3.232	25.598	0.000
Periodos	4.801	4	1.200	9.507	0.000
Error a	3.535	28	0.126		
Suplemento	.234	1	0.234	0.142	0.710
Reinserción	.028	1	0.028	0.017	0.898
SxR	.035	1	0.035	0.021	0.886
Error b	34.731	21	1.654		
PxS	.344	4	0.086	1.004	0.410
PxR	.435	4	0.109	1.270	0.288
PxSxR	.155	4	0.039	0.452	0.771
Error c	7.197	84	0.086		
Total	74.118	159			

FV=factor de variación; SC=suma de cuadrados; GL=grados de libertad; CM=cuadrado medio; F=Valor de F; SIG= valor de significancia.