

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS



**Efectos de carbohidratos solubles protegidos en la
performance de bovinos**



FCV-UNLP

TESIS DOCTORAL –Ing. Agr. MSc. Juan Pablo Russi

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS

Trabajo de Tesis realizado como requisito para optar al título de

DOCTOR EN CIENCIAS VETERINARIAS

**Efecto de carbohidratos solubles protegidos en la
performance de bovinos**

RUSSE, Juan Pablo

DIRECTOR: PhD, RELLING, Alejandro

CODIRECTOR: PhD, DI LORENZO, Nicolas

LUGAR DE TRABAJO:

- Fac. Cs. Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata.
- Rusitec Argentina SA

MIEMBROS DEL JURADO

APELLIDO Y NOMBRES: CASTILLO, Alejandro

APELLIDO Y NOMBRES: ARROQUY, Jose

APELLIDO Y NOMBRES: MATTIOLI, Guillermo Alberto

AÑO 2016

Contenido

Agradecimientos:.....	iv
Publicaciones parciales del presente trabajo de tesis.....	vi
Capitulo 1 Introducción	1
1.1 Carbohidratos y Digestión.....	1
1.1.1 Carbohidratos no estructurales y eficiencia de absorción	2
1.1.2 Glucosa vs Almidón	3
1.2 Rol de la glucosa absorbida.....	5
1.3 Necesidades de glucosa de animales con su homeostasis alterada.....	6
1.3.1 En vacas de leche.....	7
1.4 En animales de carne	8
1.4.1 Terneros	8
1.4.2 Novillos en crecimiento y terminación sometidos a estrés por calor	9
1.5 RUPCA (Carbohidratos protegidos de degradación ruminal)	10
1.6 Hipótesis	10
Capitulo 2 Efecto de la suplementación de carbohidratos protegidos de la degradación ruminal sobre la performance y metabolitos en sangre de terneras en crecimiento alimentadas con dietas bajas en concentración proteica.....	11
2.1 Resumen.....	11
2.2 Abstract.....	13
2.3 Introducción	14
2.4 Materiales y Métodos.....	16
2.4.1 Instalaciones.....	16
2.4.2 Animales y Tratamientos	16
2.4.3 Performance animal.....	17
2.4.4 Muestras de sangre	17
2.4.5 Análisis estadístico	18
2.5 Resultados	19
2.6 Discusión	21
Capitulo 3 Efecto de la suplementación con carbohidratos protegidos de la degradación ruminal sobre la performance y los metabolitos en sangre y plasma de novillos en terminación a corral sometidos a un periodo de estrés por calor en verano.....	25
3.1 Resumen.....	25
3.2 Abstract.....	27
3.3 Introducción	29

3.4	Materiales y Métodos	31
3.4.1	Instalaciones	31
3.4.2	Animales y Tratamientos	31
3.4.3	Temperatura y Humedad relativa	32
3.4.4	Etología.....	32
3.4.5	Performance animal.....	32
3.4.6	Muestras de sangre	33
3.4.7	Análisis estadístico	33
3.5	Resultados	35
3.6	Discusión	37
Capitulo 4	Efecto de la suplementación con carbohidratos protegidos de la degradación ruminal sobre la producción de leche, el peso, la condición corporal y glucemia de vacas lecheras en el periodo de transición.....	42
4.1	Resumen.....	42
4.2	Abstract.....	44
4.3	Introducción	45
4.4	Materiales y métodos	47
4.4.1	Instalaciones	47
4.4.2	Animales y Tratamientos	47
4.4.3	Alimentación	47
4.4.4	Consumo de materia seca (CMS).....	48
4.4.5	Producción y composición de leche.....	49
4.4.6	Composición química.....	49
4.4.7	Muestras de sangre	49
4.4.8	Peso vivo y condición corporal (CC).....	49
4.4.9	Análisis estadístico	50
4.5	Resultados	51
4.6	Discusión	53
Capitulo 5	Conclusión	57
Capitulo 6	Bibliografía	59
Capitulo 7	Tablas y Figuras	68
7.1	Tablas	68
7.2	Figuras	82

Agradecimientos:

A Dios que está presente en todos los actos de amor en la vida

"He peleado la buena batalla, he acabado la carrera, he guardado la fe." 2 Timoteo 4:7

A mi director, Alejandro Relling por su generosidad y paciencia para ayudarme a pensar y sistematizar toda la información diseminada en los recónditos espacios del cerebro.

" Funes no sólo recordaba cada hoja de cada árbol de cada monte, sino cada una de las veces que la había percibido o imaginado [.....] Había aprendido sin esfuerzo el inglés, el francés, el portugués, el latín. Sospecho, sin embargo, no era muy capaz de pensar. Pensar es olvidar diferencias, es generalizar, abstraer. En el abarrotado mundo de Funes no había sino detalles, casi inmediatos[.].". Funes el memorioso. Jorge Luis Borges 1923. Ficciones 1944.

A mi codirector Nicolas Di Lorenzo, por su estímulo constante.

Alejandro Castillo y Daniel Lucchini por el apoyo para cumplir un sueño.

Jose Arroquy y Coco Matiulli por las charlas totalmente enriquecedoras

Elias Peruzzotti y Ayelen Chiarle por ayudarme con las muestras de laboratorio

A los muchachos del FL Mario Andrés Bonetto, Andrés Gomez, Diego Nerpe y especialmente a Pablo Vargas.

INTA Manfredi Jose Simondi, a Cecilia Nasser Marzo y a Bernardo Minicovich.

Patricio Dillon del INTA Genral Villegas

A mis viejos Juan y Susana por enseñarme a nunca darme por vencido, y a perseguir mis sueños.

Ciro y Marco por recordarme todos los días por qué hago las cosas.

A Paula un millón de veces Paula mi mujer y compañera de vida por ser mi inspiración y enseñarme a ser mejor persona cada día.

Publicaciones parciales del presente trabajo de tesis

Joint animal Meeting New Orleans 2011

Evaluation of a rumen protected carbohydrate supplement prototype feed with fresh lactation dairy cows.

J. P. Russi*¹, P. F. Russi¹, J. M. Simondi², G. M. Bonetto², C. Nasser Marzo², J. A. Di Rienzo³, and A. R. Castillo⁴,

¹Rusitec S.A., Buenos Aires, Argentina,

²INTA, EEA Manfredi, Cordoba, Argentina,

³University of Cordoba, School of Agriculture, Cordoba, Argentina,

⁴University of California, Cooperative Extension, Merced, CA.

J. Anim. Sci. Vol. 89, E-Suppl. 1/J. Dairy Sci. Vol. 94, E-Suppl. 1

Joint animal Meeting Kansas 2014

Effect of rumen protected carbohydrate supplementation on performance and plasma glucose concentrations in growing heifers.

J. P. Russi*^{1,3}, P. Davies⁴, N. DiLorenzo², and A. E. Relling¹,

Juan P. Russi*^{1,3}, Patricio Davies⁴, Nicolas DiLorenzo², and Alejandro E. Relling¹,

¹Facultad de Cs Veterinarias, UNLP, Buenos Aires, Argentina,

²University of Florida, Marianna, FL, 3RUPCA LLC, Merced, CA.

³ RUPCA LLC Merced, CA.

⁴INTA, Gral Villegas, Buenos Aires, Argentina.

J. Anim. Sci Vol. 92, E-Suppl. 2/J. Dairy Sci. Vol. 97, E-Suppl. 1

Joint animal Meeting Orlando 2015

Effect of rumen-protected carbohydrate supplementation on performance, blood and plasma metabolites in growing heifers.

Juan P. Russi*¹, Elias Peruzzo¹, Nicolas DiLorenzo², and Alejandro E. Relling¹,

¹Facultad de Cs Veterinarias, UNLP, Buenos Aires, Argentina,

²University of Florida, Marianna, FL, 3RUPCA LLC, Merced, CA.

³ RUPCA LLC Merced, CA.

J. Anim. Sci. Vol. 93, Suppl. s3/J. Dairy Sci. Vol. 98, Suppl. 2

Effect of rumen protected carbohydrate supplementation on performance in feedlot finishing steers during heat stress.

Juan P. Russi*^{1,3}, Patricio Davies⁴, Nicolas DiLorenzo², and Alejandro E. Relling¹,

¹Facultad de Cs Veterinarias, UNLP, Buenos Aires, Argentina,

²University of Florida, Marianna, FL, 3RUPCA LLC, Merced, CA.

³ RUPCA LLC Merced, CA.

⁴INTA, Gral Villegas, Buenos Aires, Argentina.

J. Anim. Sci. Vol. 93, Suppl. s3/J. Dairy Sci. Vol. 98, Suppl. 2

Effect of rumen-protected carbohydrate supplementation on blood and plasma metabolites in finishing steers during heat stress.

Juan P. Russi ^{1,3}, Elias Peruzzo¹, Nicolas DiLorenzo², and Alejandro E. Relling¹,

¹Facultad de Cs Veterinarias, UNLP, Buenos Aires, Argentina,

²University of Florida, Marianna, FL, 3RUPCA LLC, Merced, CA.

³ RUPCA LLC Merced, CA.

J. Anim. Sci. Vol. 93, Suppl. s3/J. Dairy Sci. Vol. 98, Suppl. 2

Capítulo 1 **Introducción**

1.1 Carbohidratos y Digestión

Los carbohidratos representan entre el 50 y el 80% de la dieta consumida por un rumiante, constituyendo el principal aporte energético. Los mismos se clasifican de acuerdo a la función que cumplan en las plantas en, carbohidratos estructurales y carbohidratos no estructurales. Su valor nutricional dependerá de las características fisicoquímicas, del tipo de azúcares y de las uniones que tengan con compuestos polifenólicos (lignina) (McDonald et al., 2010).

En general en los rumiantes la digestión de la dieta total y de los carbohidratos en particular presenta características que no existen en el resto de las especies. La fermentación pre gástrica les ofrece la ventaja de poder obtener energía y proteína proveniente de todos los carbohidratos presentes en la dieta inclusive los unidos por enlaces β glicosídicos. Pero a diferencia de las especies que no poseen esta particularidad, toda la materia seca consumida sufre una transformación que habitualmente es poco predecible (Harmon y McLeod, 2001). Consecuentemente la dieta metabólica verdadera no es igual al total de lo que ingieren sino a la suma, en primer lugar, de los productos finales resultantes de la fermentación ruminal y en segundo lugar, al alimento que pasa sin degradarse en el rumen (Van Soest, 1994).

Cuando los carbohidratos son ingeridos por el animal, al entrar en el rumen son reducidos a monosacáridos por los distintos consorcios de bacterias y transportados dentro de las células microbianas donde son utilizados como fuente de energía y transformados en ATP y NADH a través del ciclo de Embden-Meyerhof-Parnas. (France y Siddons, 1993). Para que la fermentación continúe es necesario re oxidar el NADH a NAD lo cual se logra a través de los ciclos que producen ácidos grasos volátiles (acético, propiónico, butírico entre otros), metano y dióxido de carbono. De todos estos productos, los ácidos grasos volátiles son

utilizados por el animal como precursores de energía. La producción de metano y el dióxido de carbono son productos de la ineficiencia del proceso de fermentación y son expulsados sin ser utilizados (Hungate, 1966).

Las distintas fuentes de carbohidratos ingeridos determinarán la tasa de pasaje y la proporción que es fermentada en el rumen. Los carbohidratos no estructurales son digeridos a tasas máximas y casi completamente en el rumen mientras que los estructurales se digieren a menores tasas y no completamente en el rumen. Esto significa que es muy difícil que los carbohidratos no estructurales alcancen el intestino para ser absorbidos en la misma forma química en la que los ingirió el animal (Russell et al., 1992). Uno de los grandes desafíos de la nutrición en rumiantes es predecir donde serán digeridos los carbohidratos (en el intestino o el rumen) y cómo serán utilizados metabólicamente.

1.1.1 Carbohidratos no estructurales y eficiencia de absorción

Dentro del grupo de los carbohidratos no estructurales puede haber polisacáridos, que son utilizados por las plantas para reservas como el almidón, y azúcares simples como la glucosa (Van Soest, 1994). De los carbohidratos no estructurales ingeridos por el animal la mayor parte son transformados en el rumen en ácidos grasos volátiles principalmente en ácido propiónico, el cual es absorbido por las paredes del rumen y transformado en glucosa en el hígado (McDonald et al., 2010)

Desde el punto de vista de la eficiencia con la cual se absorben los nutrientes, los ácidos grasos volátiles se absorben a través de las paredes del rumen sin un gasto de energía para el animal, mientras que, si una parte de glucosa llega a intestino como tal, su absorción exige un gasto de energía para activar el sistema de transporte (SGLT 1 y 2) a través de la pared intestinal. En el caso de que esa glucosa llegue al intestino en forma de almidón, conlleva además un gasto de encimas como la maltasa para degradar la maltosa en glucosa y luego absorberla (Baldwin, 1968). No obstante, este gasto energético no supera los 4 ATP

que exige convertir propionato a glucosa en el hígado (McDonald et al., 2010) lo que nos marca que, la posibilidad de lograr una entrada directa de glucosa a intestino podría teóricamente mejorar la eficiencia productiva del animal.

1.1.2 Glucosa vs Almidón

El intestino delgado de los rumiantes está preparado para absorber glucosa sin limitaciones (Rodríguez et al., 2004), realizándose la misma en mayor medida en la porción proximal del intestino delgado más que en la porción distal (Krehbiel et al., 1996), pero generalmente poca cantidad de este carbohidrato llega al intestino para ser absorbido debido a que se fermenta rápidamente en el rumen (NRC, 2000).

Diferente es el caso del almidón, carbohidrato formado por la unión de varias glucosas, del cual, dependiendo de la dieta, el tipo de animal que lo consume y el tipo y método de procesamiento del grano que lo contenga, una parte se degrada en el rumen produciendo principalmente ácido propiónico y otra parte pasa al intestino siendo absorbido como glucosa en el intestino delgado o fermentado en el intestino grueso. Owens y Zinn (2005) calculan que su digestibilidad total en el tracto digestivo en dietas de vacas de leche y de feedlot varía entre el 92 y el 98%. No obstante, este valor depende de la cantidad de almidón consumido, y de otros factores como la cinética del líquido ruminal, del pH y osmolaridad ruminal, la tasa de degradación y pasaje de las partículas de almidón, tasa de pasaje y la vitrosidad del endosperma del grano, entre otras cosas.

Como fue descrito anteriormente, el sitio de degradación del almidón es un factor determinante para estimar la energía neta aportada por la dieta de acuerdo a los distintos lugares donde se digiere a lo largo del tracto digestivo. La energía aportada por el almidón es diferente si el mismo se degrada en el rumen o si pasa a intestino delgado o grueso (Harmon y McLeod, 2001). Determinar las limitaciones en la absorción de almidón en las dietas de rumiantes permite predecir el desempeño animal para distintas fuentes de almidón.

Las relaciones estequiométricas teóricas (McDonald, 2010) y los experimentos de infusión controlada ((McLeod et al., 2007b; Baldwin et al., 2007), demuestran que la absorción de glucosa proveniente de almidón es más eficientemente convertida en tejidos cuando es absorbida en el intestino delgado y no por la fermentación de la misma en el rumen. Sin embargo, en novillos en crecimiento, limitaciones en la digestión del almidón por el intestino delgado muchas veces desperdician esta mayor eficiencia (Harmon y McLeod, 2001). Huntington (2006), en un intento de predecir la digestibilidad de almidón que pasa al intestino delgado en novillos en crecimiento, trazó una curva con rangos del 88% al 44% de digestibilidad cuando la cantidad de almidón que entra al intestino delgado fluctúa entre 0,3 y 1,5 kilogramos.

En varios experimentos que involucraron novillos en crecimiento se compararon los efectos de infundir glucosa vs almidón en el intestino para medir las diferencias entre la digestión y la absorción de ambos. La infusión de glucosa no registró limitaciones para absorberse en el intestino ni siquiera a dosis altas, sin embargo el almidón registró límites para ser absorbido en intestino dependiendo de la dosis empleada (Kreikemeier et al., 1991; Kreikemeier y Harmon, 1995). Algunos autores atribuyen esta diferencia entre el almidón y la glucosa a la falta de secreción pancreática de la alfa amilasa que puede ser uno de los factores limitantes a la hora de digerir el almidón en el intestino delgado (Swanson et al., 2004; Walker y Harmon, 1995).

Diferente es el caso en vacas lecheras ya que parecen no presentar las mismas limitaciones a la digestión del almidón en el intestino delgado. Vacas en lactancia media infundidas con hasta 2,1 kg/día de almidón no presentaron más concentración de almidón en bosta que los animales testigo (con infusión salina) indicando una absorción casi total del almidón a altas dosis (Reynolds et al., 2001).

1.2 Rol de la glucosa absorbida.

“Con los riesgos de toda simplificación, puede decirse que los componentes básicos de los tres grandes metabolismos (monosacáridos, aminoácidos y ácidos grasos) representan una reserva energética única destinada a asegurar el aporte de glucosa al sistema nervioso central (SNC). Cuando se logra este objetivo, el resto del organismo se beneficia del balance energético positivo y se instaura un estado de anabolismo en el animal” (Relling y Mattioli, 2013).

En los rumiantes a diferencia de otras especies la mayor proporción de glucosa que circula por el cuerpo proviene de la neoglucogénesis que realiza el hígado a partir de principalmente propionato obtenido de la fermentación ruminal. La glucosa absorbida por el intestino es mínima comparada con la que aporta el hígado debido a la alta degradabilidad de los carbohidratos no estructurales en rumen (Reynolds, 2005). Por esta razón, la mayor cantidad de trabajos realizados para determinar el rol de la glucosa absorbida en intestino se han hecho en estudios invitro o estudios de infusión en el abomaso o intestino.

En el caso de la lipogénesis en animales de carne, para determinar el rol de la glucosa, se cultivaron in vitro tejidos extraídos del músculo *Longissimus dorsi*, demostrando claramente que la glucosa contribuye con el 75% de las unidades acetiles para la deposición de grasa intramuscular y solo aporta el 10% de dichos precursores para la deposición de grasa subcutánea (Crouse y Smith, 1984). Sin embargo en un estudio de infusión intestinal de glucosa, *In vivo*, se observó que la mayor parte de la glucosa absorbida fue consumida por los tejidos esplénicos y la víscera portal (Blouin et al., 2001). En este sentido la glucosa que se absorbe en el intestino estimula la lipogénesis total pero en forma más pronunciada en los tejidos abdominales que en los tejidos subcutáneos o intramusculares, particularmente en el tejido omental. Este fenómeno fisiológico se observa en animales que no están consumiendo comida a voluntad y no están con la capacidad productiva al máximo (McLeod et al., 2007b; Baldwin et al., 2007).

En vacas lecheras produciendo en la mitad de la lactancia, la infusión de almidón hidrolizado en el intestino a dosis máximas de 2kg por día no generó mayor producción de leche sino que las vacas sufrieron un aumento en la condición corporal y peso (Reynolds et al., 2001).

Los estudios de infusión de glucosa muestran que aparentemente el aporte de glucosa en condiciones normales de producción irían a formación de tejidos de reserva como el mesentérico y no a producción directa de carne o leche.

El rol de la glucosa sin embargo, sería diferente cuando el animal ve alterada su homeostasis (Bell, 1995; Overton y Waldron, 2004), está sometido a algún tipo de stress (Baumgard y Rhoads, 2012), cuando su sistema inmune se ve desafiado o por alguna razón fisiológica (Bradford et al., 2015). Ante estas situaciones el animal demanda glucosa adicional como nutriente y aparentemente, los tejidos esplénicos dejarían de ser los beneficiados por el consumo de glucosa, siendo otros destinos productivos dentro del animal los que se transforman en prioritarios para su utilización.

1.3 Necesidades de glucosa de animales con su homeostasis alterada.

Una vez absorbida la glucosa en el intestino su utilización dependerá del tipo y estado fisiológico del animal y de cuan alterada esté su homeostasis. En este contexto tendría sentido estudiar el uso de glucosa protegida y sus efectos en distintos modelos animales con homeostasis alterada.

Algunos ejemplos de modelos de animales podrían ser las vacas de leche que estén atravesando el período de transición o sufriendo estrés por calor, terneros de destete precoz o novillos en engorde afectados por estrés por calor durante el verano.

Todos estos modelos tienen en común una activa competencia entre los sistemas del organismo por la glucosa.

1.3.1 En vacas de leche

El periodo de transición en la vaca de leche ha sido foco de muchos estudios estos últimos años. Este periodo que aproximadamente involucra 21 días antes del parto y 28 días después del parto es objeto de cambios muy bruscos metabólicos y físicos para la vaca lechera de alto merito genético (Overton y Waldron, 2004). Los estudios sugieren que la vaca experimenta una fuerte deficiencia de glucosa inmediatamente después del parto. Esto, se combina con un menor consumo de materia seca y una gran demanda de nutrientes que exige la lactación, desencadenando mecanismos metabólicos que le permiten a la vaca sobrellevar la falta de glucosa. La fabricación de glucosa a partir de precursores como aminoácidos, glicerol, lactato y propionato es uno de ellos. La resistencia a insulina es otro, pero esta resistencia es selectiva ya que afecta en forma diferente a distintos tejidos; mientras que el tejido adiposo es insensible a la insulina, el feto y la glándula mamaria no lo son, por lo cual se transforman en los receptores prioritarios de la glucosa que se produzca o entre al organismo en este período (Bell, 1995; Reynolds et al., 2001).

Algo similar ocurre con la vaca que sufre de stress por calor. Cuando la vaca experimenta estrés térmico no toda la pérdida de producción se puede explicar por la falta de consumo de materia seca. Distintos trabajos de investigación sugieren que solo el 50% de la pérdida se explicaría por disminución en el consumo y que el 50% restante se explicaría por alteraciones metabólicas. (Rhoades et al., 2009; Rhoads et al., 2010; Wheelock et al., 2010).

Aparentemente la vaca que sufre de estrés por calor está impedida de removilizar ácidos grasos no esterificados desde los tejidos grasos, no pudiéndolos usar como fuente de energía para compensar la falta de consumo. La posible explicación de la falta de movilización de tejidos grasos parece estar asociada a los altos valores de insulina encontrados en sangre siendo la misma una potente hormona inhibidora de la lipólisis (O'Brien et al., 2010). Este efecto fisiológico sumado a la insensibilización a la insulina de casi todos los tejidos salvo la glándula mamaria y el feto, presentaría una oportunidad para

que la glucosa que sea ingerida y absorbida como tal pueda ser utilizada directamente para producir leche y mejorar el índice de preñez.

1.4 En animales de carne

1.4.1 Terneros

La concentración energética de la dieta es la que tracciona la deposición de proteína en animales en crecimiento (Gerrits et al., 1996; Titgemeyer, 2003).

En cerdos de engorde cuando el consumo de energía es adecuado, la deposición de proteína en el músculo aumenta linealmente con la provisión de proteína de la dieta siempre que no haya carencia de aminoácidos limitantes (Campbell et al., 1985; Chiba et al., 1991). En esta especie la deposición de músculo a nivel celular es regulada tanto por la concentración de insulina en sangre como por la concentración de aminoácidos. La concentración de aminoácidos y en particular la leucina cumplen la función de regular el crecimiento muscular a nivel celular, así mismo la insulina tiene la función de coordinar el estatus general de nutrientes de la célula. Ambos precursores por distintas vías metabólicas, finalmente cumplen la función de modular la activación del complejo "mamalian target de rapamycin (mTOR) (Suryawan et al., 2011). El mecanismo por el cual actúa la insulina está bien descrito (Bevan, 2001), sin embargo el mecanismo por el cual estimulan el complejo mTOR los aminoácidos y en particular la leucina todavía no está bien determinados.

En terneros, varios experimentos realizados en la universidad del estado de Kansas (E.E.U.U) han reportado un aumento de la eficiencia de retención de aminoácidos y un uso mas eficiente del nitrógeno, en respuesta al aumento del aporte de la concentración energética (Schroeder et al., 2006b; Schroeder et al., 2006a; Awawdeh et al., 2006).

En uno de sus experimentos Schroeder (2006b) utilizó distintas fuentes de energía (ácidos grasos volátiles, glucosa o lípidos) infundidas al abomaso o al rumen para evaluar la eficiencia de utilización de N. Con el aumento de energía de las infusiones sin importar la

fuente, la respuesta fue positiva y la eficiencia en la utilización de N aumentó, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre las distintas fuentes de energía, aunque numéricamente la glucosa fue la que produjo más eficiencia en la utilización de N.

Aportar energía en forma de glucosa absorbida en intestino, podría hacer más eficiente el uso de la proteína y mejorar la eficiencia de conversión en terneros de destete precoz.

1.4.2 Novillos en crecimiento y terminación sometidos a estrés por calor

Trabajos *in vitro* sobre cortes de músculo sugieren que la glucosa es utilizada por los tejidos para incentivar la deposición de grasa intramuscular y el acetato funciona como precursor de grasa subcutánea (Crouse et al., 1984). En este sentido poder proteger glucosa de la degradación ruminal y absorberla como nutriente en el intestino podría tener una oportunidad contribuyendo a un mayor marmoreo de la carne de novillos en terminación. En experimentos *in vivo* en novillos en crecimiento la infusión de glucosa en el intestino aumentó la cantidad de tejido adiposo en todo el animal pero particularmente en el tejido omental sin ningún beneficio aparente para el rendimiento de res y grasa subcutánea o intramuscular (McLeod et al., 2007b; Baldwin et al., 2007).

Por otro lado sabemos también que animales en crecimiento sometidos a estrés por calor tienen un comportamiento similar al de las vacas lecheras bajo estas mismas condiciones, sufriendo una menor removilización de tejido adiposo y una insensibilización a la insulina (O'Brien et al., 2010)

En estas condiciones aumentar la cantidad de glucosa protegida que pueda ser absorbida en el intestino permitiría aportar glucosa al metabolismo de los animales sometidos a estrés por calor que quizás no sea consumida por el tejido omental ni mesentérico (por la insensibilización de los tejidos a la insulina) y esté disponible para que el animal la utilice para mitigar los efectos contraproducentes del estrés por calor.

Pese a todos estos conocimientos básicos y aplicados de las ventajas de aumentar la cantidad de energía que se absorbe como glucosa en el intestino delgado, hasta el

momento no se ha estudiado el efecto de la suplementación con fuentes de carbohidratos no estructurales pasantes en bovinos.

1.5 RUPCA (Carbohidratos protegidos de degradación ruminal)

Rupca es un alimento que protege carbohidratos solubles de degradación ruminal Patente registrada en E.E.U.U número US 8,507,025 B2.

Para el desarrollo del producto la protección ruminal se estimó en forma indirecta midiendo la concentración de amonio (Broderick y Kang., 1980) obtenida después de cultivar los distintos productos prototipo con líquido ruminal en bachadas discontinuas (Cleale et al., 1987).

Para probar la absorción del producto a nivel intestinal se utilizaron gallos cecotomizados en los que se midió la energía metabolizable verdadera de distintos productos prototipos seleccionados previamente (Simblad., 1976).

Se eligió el producto que menos concentración de amonio emitió en las incubaciones y que más energía verdadera demostró tener en la medición hecha en los gallos.

1.6 Hipótesis

Por lo tanto la hipótesis del siguiente trabajo de tesis doctoral es:

La glucosa es necesaria como tal y funciona como un nutriente cuando el animal es sometido a algún periodo de estrés.

Esta hipótesis responde a los siguientes objetivos a alcanzar. Los cuales son medir la diferencia en performance y metabolitos en sangre en terneros recién destetados, novillos sometidos a estrés por calor y vacas de leche en el periodo de transición, cuando se utilizan distintas dosis de glucosa protegida.

Capítulo 2 **Efecto de la suplementación de carbohidratos protegidos de la degradación ruminal sobre la performance y metabolitos en sangre de terneras en crecimiento alimentadas con dietas bajas en concentración proteica.**

2.1 Resumen

El objetivo de este ensayo fue evaluar la performance y los metabolitos en sangre y plasma de terneras en crecimiento suplementadas con carbohidratos protegidos de degradación ruminal (RUPCA) (US Patent # 8,507,025) y alimentadas con dietas bajas en concentración proteica. En el experimento se utilizaron 135 terneras cruce británicas con un peso inicial de 136 ± 14 kg. Los animales se bloquearon por peso y se asignaron al azar a uno de tres tratamientos. El experimento duró 84 días durante los cuales los animales se alimentaron con una dieta basal compuesta en materia seca (MS) por 38.8% silo de maíz, 41.5% maíz partido, 2% núcleo vitamínico mineral y 17.7% de suplemento o RUPCA. El suplemento y RUPCA tuvieron los mismos ingredientes (58.1% Harina de soja, 38.9% dextrosa, 2% urea y 1% sales minerales) la diferencia entre ambos fue el procesado de los carbohidratos (protegidos o no protegidos de degradación ruminal). Los tratamientos fueron: RPC-0) 17.7% suplemento (100% carbohidrato sin proteger), RPC-0.5) 8.85% suplemento y 8.85% RUPCA, y RPC-1.0) 17.7% RUPCA (100% carbohidrato protegido). Los animales se pesaron los días 0, 21, 42, 63 y 84. El consumo de materia seca (CMS) se midió semanalmente desde el día 21 hasta el día 84. Se extrajeron muestras de sangre de la vena yugular los días 0, 42, 63 y 84 y se utilizaron para determinar la concentración de glucosa en sangre e insulina, urea y ácidos grasos no esterificados (NEFAs) en plasma. Para analizar los datos se utilizó un modelo mixto de SAS tomando en cuenta que el diseño del experimento fue en bloque completamente aleatorizado con medidas repetidas en el tiempo. Se obtuvieron diferencias significativas en la interacción tratamiento \times día en consumo de materia seca (CMS) ($P = 0.02$), ganancia de peso diaria (GPD) ($P < 0.0001$) y eficiencia de conversión (G:F) ($P < 0.0001$) observándose que RPC-0.5 fue el tratamiento que obtuvo el menor CMS ($P < 0.05$) y la mayor G:F ($P < 0.05$). No se encontraron diferencias significativas en la concentración

de glucosa en sangre ($P > 0.91$), de insulina ($P = 0.82$), NEFAs ($P = 0.802$) o urea ($P = 0.336$) en plasma. Alimentar con RUPCA animales en crecimiento mejora la eficiencia de conversión disminuyendo el consumo de materia seca sin afectar la GPD.

Palabras Clave: Carbohidratos protegidos, glucosa, terneras, destete precoz

2.2 Abstract

The objective of this study was to evaluate the inclusion of a rumen-protected carbohydrate (RUPCA) (US Patent # 8,507,025) on performance, blood and plasma metabolites in growing heifers. Crossbred heifers ($n = 135$; 136 ± 14 kg) were used in an 84-d experiment. Heifers were blocked by initial BW, placed into 15 pens and fed a diet comprised of (DM basis) 38.8% corn silage, 41.5% dry corn, 2% minerals and vitamins mix, and 17.7% supplement or RUPCA, which varied depending on treatments. The supplement and RUPCA consisted of the same ingredients (58.1% soybean meal, 38.9% soluble carbohydrates, 2% urea and 1% mineral salt), differing in the processing of the carbohydrate (i.e., protected or not from ruminal degradation). Heifers within blocks were randomly assigned to 3 treatments: T0) 17.7% supplement (100% unprotected carbohydrate), T1) 8.85% supplement and 8.85% RUPCA, and T2) 17.7% RUPCA (100% protected carbohydrate). Body weight was measured on d 0, 21, 42, 63, and 84. Pen DMI was measured weekly from d 21 to 84. Blood samples were taken on d 0, 42, 63, and 84 from jugular vein prior morning feeding and analyzed for glucose, insulin, urea and NEFA concentrations. Data were analyzed as a randomized complete block design with repeated measures using a mixed model of SAS. Treatment \times day interaction were found for DMI ($P = 0.02$), ADG ($P < 0.0001$) and G:F ($P < 0.0001$) and with T1 having the lowest DMI ($P < 0.05$) and the greatest G:F ($P < 0.05$). No differences were found in the concentrations of blood glucose ($P > 0.91$), plasma insulin ($P = 0.82$), plasma NEFA ($P = 0.802$) or plasma urea ($P = 0.336$). Feeding RUPCA to growing heifers improved G:F through lower DMI without altering ADG, blood or plasma metabolites.

Key words: Rumen, growing heifers, glucose

2.3 Introducción

Los requerimientos de proteína para animales en crecimiento (entre 120 a 180 kg) de acuerdo al NRC de carne (2000) fluctúa entre 750 y 800 g/día, lo que representa entre un 14% a 18% del total de la dieta. Estos requerimientos dependen del tamaño relativo del animal con respecto al adulto, su edad, la ganancia diaria estimada y el consumo de MS. Esta publicación asume que la eficiencia en el uso de la proteína metabolizable es variable según el peso del animal hasta que alcanza los 350kg de peso y fija después de los 350kg de peso vivo. No se toman en cuenta las distintas fuentes de energía o composición de aminoácidos de la proteína suministrados en la dieta al animal como parámetros que afecten dicha eficiencia (NRC, 2000).

Varios experimentos han mostrado que la concentración energética de la dieta es la que tracciona la deposición de proteína en animales en crecimiento (Gerrits et al., 1996; Titgemeyer et al. 2003). El aumento de la eficiencia de retención de aminoácidos y mejor uso de nitrógeno se logra con un aumento del aporte de la concentración energética de la dieta (Schroeder et al., 2006a; Awawdeh et al., 2006; Schroeder et al., 2007).

No solo el aumento de energía aportado por la dieta es importante sino que también el tipo de energía que se utiliza tendría efectos diferentes sobre la eficiencia en la utilización de N. Estudios en ovejas infundadas con glucosa o lípidos y en novillos alimentados en forma parenteral con glucosa, ácidos grasos volátiles y caseína sugirieron que la eficiencia en el uso de N aumentaba cuando la fuente de energía aportada era el carbohidrato y no sus precursores o la grasa (Orskov et al., 1999; Asplund et al., 1985). En estudios más recientes, experimentos de terneros en crecimiento cuando se utilizan distintas fuentes de energía en infusiones en el abomaso (glucosa, lípidos o ácidos grasos volátiles), el aumento en el aporte de energía sin importar la fuente hizo más eficiente el uso de N sobre todo cuando se aportaron aminoácidos limitantes (Schroeder et al., 2006b).

A pesar de estos resultados mixtos, alimentar animales de guachera con diferentes fuentes de carbohidratos para reemplazar lactosa provoca diferencias en el reciclaje de nitrógeno y partición de la energía (Gilbert et al., 2016) al igual que existen diferencias genéticas entre razas en la resistencia o sensibilidad de los tejidos a la insulina (Bossaert et al., 2009). No solo el aumento de energía global de la dieta influye en la eficiencia de utilización de N sino que también el tipo de energía aportada, AGV, tipo de carbohidratos o lípidos influirían en forma diferente sobre el metabolismo proteico del animal.

Aportar energía en forma de glucosa absorbida en intestino, podría hacer más eficiente el uso de la proteína y mejorar la eficiencia de conversión en terneras de destete precoz permitiendo bajar la concentración proteica en dietas de crecimiento.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la suplementación con distintas dosis de RUPCA en animales en crecimiento con dietas con baja concentración de proteína.

2.4 Materiales y Métodos

2.4.1 Instalaciones

El experimento se condujo en un Feedlot comercial localizado en la provincia de Buenos Aires, Argentina : 34°43'14" S long: 63°05'08" O. Durante el invierno y primavera de 2013. Se utilizaron 15 corrales con piso de tierra (12 X 50 m) con bebederos compartidos entre 2 corrales. Cada corral alojó 9 animales. Los procedimientos de manejo y bienestar animal que se usaron fueron los sugeridos por (FASS, 2010.) y aprobado por Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales del Laboratorio de la Secretaria de Ciencia y Técnica de la FCV, de la UNLP.

2.4.2 Animales y Tratamientos

Ciento treinta y cinco terneras cruce británica (Angus× Hereford), de peso promedio 136± 14kg se utilizaron en un experimento que duró 84 días. Las terneras se bloquearon por peso y se asignaron a tres tratamientos, 5 corrales por tratamiento, en un diseño en bloques completamente aleatorizados. Las terneras se alimentaron una vez al día con una dieta basal a voluntad y sobre la dieta (top dressing) basal se les ofreció 1kg (MS) de suplemento o de carbohidrato protegido de degradación ruminal (RUPCA) en diferentes proporciones (Tabla 1).

Los tratamientos que recibieron los animales fueron: 1) 1kg/d de suplemento (RPC-0), 2) 0,5 kg/d de suplemento y 0,5 kg/d RUPCA (RPC- 0,5), 3) 1kg/d de RUPCA (RPC-1.0). El suplemento y RUPCA contaban con los mismos ingredientes (% DM) pero con diferencias en el procesamiento del carbohidrato (protegido o no protegido de degradación ruminal (Patente N US 8, 507,025 B2)

El objetivo fue alimentar 0, 190 y 380g de dextrosa protegida para los tratamientos RPC-0, RPC-0,5 y RPC-1,0 respectivamente. La composición final de la dieta fue en materia seca 38.8% silo de maíz, 41.5% maíz partido, 2% núcleo vitamínico mineral y 17.7% de suplemento o RUPCA (Tabla 1).

2.4.3 Performance animal

Quince días antes del comienzo del experimento del experimento se pesaron los animales y se agruparon por peso como criterio de bloqueo. Se asignaron 5 corrales por tratamiento con 9 animales por corral. Durante el experimento los animales se pesaron los d 0, 21, 42, 63 y 84 siempre por la mañana y antes de alimentación (d 0 corresponde al día del comienzo del experimento).

El consumo de materia seca se determinó a partir del d 21 una vez terminada la etapa de adaptación, cada siete días colectando el remanente acumulado durante la semana. Las mediciones se hicieron los días 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 y 84.

El espesor de grasa dorsal en la 12^{ava} costilla (EGD) se midió en los d 0 y 84 con ultrasonido (Pie Medical mod. Aquila. Con un transductor de 3.5 mhtz).

2.4.4 Muestras de sangre

Las muestras de sangre – vena yugular previo a la alimentación de la mañana – se colectaron de 4 animales por corral, los animales se seleccionaron al azar y se siguieron los mismos animales en todos los muestreos. La extracción de sangre se hizo previo a la alimentación de la mañana. Se utilizaron tubos que contenían EDTA como recipiente. Los muestreos se hicieron los d 0, 42, 63 y 84. La muestra de sangre se mantuvo refrigerada hasta que el muestreo terminó. Una vez terminado el muestreo la sangre se centrifugó por 20 minutos a $1,000 \times g$ para obtener plasma el cual fue congelado para la determinación de la insulina, NEFA y urea. La concentración de glucosa se analizó *in situ* con un glucómetro (Optimum Xceedt, ABBOTT Lab Argentina) en todos los muestreos.

La concentración de insulina en plasma se analizó con un método de Inmuno Radio descrito previamente por (Diaz-Torga et al., 2001). La detección mínima fue de 0.05 ng/mL. Los coeficientes de variación intraensayo fueron de 8%. Para hacer el análisis se utilizaron las muestras obtenidas el día 42 y 84.

La concentración en plasma de los ácidos grasos no esterificados (NEFA) se midió en todos los muestreos utilizando el protocolo descrito por los laboratorios Radox (FA 115 Radox Laboratories Ltd.). La concentración mínima detectable fue de 72 mM, y los coeficientes de variación intra e inter muestra fueron de 7.48% y 23%, respectivamente.

La concentración de urea en plasma se midió en todos los muestreos utilizando el protocolo descrito por Wiener Lab city (Rosario, Santa Fe 2R UREA Color). La concentración mínima detectable fue de 0.02 g/L, y los coeficientes de variación intra e inter muestra fueron de 9.7% y 11%, respectivamente.

2.4.5 Análisis estadístico

Los datos se analizaron usando proc MIXED de SAS, versión 9.1 (SAS Institute, Inc., Cary, NC; 2005) para un diseño en bloques completamente aleatorizados, con medidas repetidas en el tiempo. El modelo incluye tratamientos, día y las interacciones tratamiento × día como variables fijas y corrales como variables aleatorias. La opción slice del programa se utilizó para separar las medias cuando las interacciones tratamiento × día fueron significativas ($P < 0.10$). Cuando se analizaron las ecografías se tomó como covariable la ecografía realizada en el día 0.

2.5 Resultados

La composición y análisis químico de la dieta base, RUPCA o suplemento y la dieta final se muestra en el Tabla 1. La diferencia en los análisis químicos de RUPCA y el suplemento es debido al sistema de protección, pero los ingredientes son iguales (Tabla 1).

El consumo de materia seca fue afectado por la interacción significativa tratamiento × día ($P < 0,02$, Tabla 2, Figura 1). El tratamiento RPC- 0.5 fue el que registró el menor consumo de materia seca durante todo el período experimental (Tabla 2, Figura 1). El peso de los animales no fue afectado por la interacción tratamiento × día, pero los animales sometidos a tratamiento RPC-1.0 mostraron mayor peso medio que el resto de los tratamientos ($P=0,04$) (Tabla 2).

La ganancia de peso diaria (GPD) experimentó una interacción significativa ($P<0,01$) tratamiento × día (Tabla 2, Figura 2) destacándose las diferencias significativas entre tratamientos en las tres primeras pesadas día 21, 42 y 63. Donde RPC-0.5 y RPC-1.0 estuvieron por debajo y por encima de la ganancia del tratamiento RPC-0 respectivamente los d 21 ($P<0.001$) y 42 ($P<0.001$). El registro del d 63 arrojó una menor ganancia diaria para el tratamiento RPC-0.5 con respecto a los otros dos tratamientos ($P<0.05$) (Figura 2)

La eficiencia de conversión (G:F) medida como el cociente entre GPD y CMS mostró una interacción significativa en tratamiento × día ($P<0.001$, Tabla 2) la mayor diferencia entre tratamientos se obtuvo en los primeros 42d del experimento ($P<0.001$) registrando el tratamiento RPC-0 la peor G:F seguido por RPC-1.0 y con el mejor registro de G:F el tratamiento RPC-0.5(Figura 3)

La ecografía realizada el día 84 no arrojó diferencias significativas ni para EGD ni para TDE ($P =0.68$) y ($P = 0.80$) respectivamente (Tabla 2).

Ninguna de las mediciones de los metabolitos en sangre o plasma arrojaron interacciones ni diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3). Tanto la concentración de glucosa en

sangre (P=0.9) como los valores de concentración de insulina en plasma (P=0.71), NEFAs en plasma (P=0.41) o urea en plasma (P=0.39) no registraron diferencias significativas.

2.6 Discusión

Los tratamientos fueron diseñados *ad hoc* en forma isoproteica e isoenergética, pero para ser significativamente diferentes solo en la degradación ruminal. Todos tuvieron los mismos ingredientes, pero como RUPCA está sometido a un proceso que evita la digestión por los microorganismos ruminales, el aporte proteico y energético de los tratamientos se hace en sitios diferentes según la concentración de RUPCA en cada uno de ellos. En el RPC-0 la mayor parte de la digestión de los alimentos se realiza en el rumen, aportando sustratos para el crecimiento microbiano, en RPC-1.0 tanto la glucosa como la harina de soja están protegidas de la degradación ruminal y se asume que los nutrientes son absorbidos en el intestino sin degradación ruminal previa y en RPC-0.5 una parte de la glucosa y la harina de soja se degradan en rumen y otra pasa a intestino. La concentración de proteína bruta promedio de los tratamientos fue de 11%. Esta concentración es inferior a la planteada por el NRC 2000 para animales de carne que iniciaron los tratamientos pesando 136 ± 14 kg y promediaron el ensayo con 186 ± 6 , que recomienda entre 14 y 18% de acuerdo a edad, sexo y performance esperada de los animales. Sin embargo los altos consumos de materia seca, 6,5 kg/d promedio para los 3 tratamientos, un 3,5% del peso vivo, hicieron que el consumo diario de proteína bruta no fuera tan bajo como el esperado. Los tratamientos consumieron 0,719 kg/día de proteína bruta y la recomendación del NRC para hembras de frame moderado-chico de peso 186kg (promedio de todo el periodo del experimento) para obtener ganancias diarias similares a las del ensayo (1,15 kg/d) es de 0,790 kg/d. El aporte de proteína bruta fue por tanto en promedio 71g más bajo que el requerido. En este sentido, si específicamente comparamos la proteína bruta ingerida por cada tratamiento, RPC-0.5 fue el que menos proteína ingirió 0,148kg-d menos de los sugerido por el NRC, seguido por RPC-1.0 (0,046kg-d) y RPC-0 (0,041 kg-d). Esta diferencia se debió al menor consumo registrado por el tratamiento RPC-0.5 (NRC 2000).

El consumo de materia seca registró diferencias significativas en la interacción del tratamiento \times día como así también entre los tratamientos siendo RPC-0.5 el de menor consumo de los tres. La regulación de consumo en los rumiantes puede plantearse a dos niveles, el efecto físico que ejerce el alimento en las paredes del rumen y el efecto quimiostático ejercido por receptores de consumo en el sistema nervioso central ligados a la energía ingerida en forma de glucosa o lípidos (Van Soest, 1994). No está claro por qué existe esta diferencia entre los tratamientos ya que de experimentar una disminución en el consumo hubiésemos esperado que RPC-1.0 hubiera sido el de menor consumo ya que es el tratamiento que aporta mayor cantidad de glucosa protegida (380g/d). En este caso al ser dietas de recría con un 38,5% de participación de silaje la regulación del consumo en forma física (llenado de rumen) podría estar jugando un rol. Si así fuera y RPC-1.0 hubiera sido el tratamiento de menor consumo, se hubiera podido argumentar que aparte de la regulación física del consumo estaría jugando un rol también la regulación quimiostática ya que RPC-1.0 es el tratamiento que aporta más glucosa. En referencia al rol de la glucosa en la regulación del consumo varios experimentos señalan que cuando las vacas para leche en transición son infundadas con glucosa, disminuyen el consumo de materia seca (Larsen y Kristensen, 2009; Larsen et al., 2009). Esta inhibición del consumo se podría suscribir en la teoría de oxidación hepática (HOT), que plantea un efecto regulatorio a nivel hepático de la glucosa o sus precursores sobre el consumo en conexión con el centro de saciedad de la vaca en el hipotálamo (Allen et al., 2009). Otra explicación podría ser el efecto de secreción de hormonas por parte del intestino como la GIP que regula el metabolismo energético en mamíferos a través del consumo (Relling et al., 2014). Al ser RPC-0.5 el tratamiento que registró el menor consumo quizás el diseño del experimento contribuyó a generar este efecto ya que al consumir parte del suplemento sin protección ruminal y parte como RUPCA se benefició de ambos efectos, por un lado más energía y producción de proteína microbiana aportada por el rumen (50% de suplemento) y por el otro glucosa y proteína pasante para ser más eficiente metabólicamente (50% RUPCA). Igualmente el sistema de

regulación es muy complejo y puede que esté funcionando de maneras que no se conocen aún.

Si analizamos el peso medio de los animales durante el experimento se registran diferencias significativas entre los tratamientos siendo RPC-0.5 el tratamiento de menor peso. Esta disminución se podría explicar por el menor consumo registrado a través de todo el experimento con menor aporte de energía y proteína, sobre todo de esta última.

La ganancia de peso diaria presentó interacciones significativas tratamiento × día. Quizás las diferencias en GPD los primeros 21 días se deban al proceso de adaptación a las dietas. Una vez adaptados los animales la GPD fluctuó siendo para los 42 días más alta para los tratamientos RPC-0.5 y RPC-1.0 vs RPC-0. Quizás un aumento compensatorio por las bajas ganancias del principio sean la causa de estas diferencias. A los 63 días la GPD mas baja la registran los animales RPC-0.5, estabilizándose hacia el final del experimento sin registrar diferencias significativas entre tratamientos. Es importante marcar que por más que los animales del tratamiento RPC-0.5 consumieron menos alimento, no hubo diferencias significativas en la GPD de punta a punta del experimento.

La eficiencia de conversión muestra una diferencia significativa a favor de RPC-0.5 potenciada por la baja en el consumo de materia seca. Una de las razones de esta mejor eficiencia podría ser que RPC-0.5 aportan 0,190 kg-d de glucosa pasante contribuyendo al uso más eficiente de la energía y proteína (Orskov et al., 1999; Schroeder et al., 2006a).

El espesor de grasa dorsal y la tasa de engrasamiento no presentan diferencias significativas entre tratamientos. En este caso hubiéramos esperado alguna diferencia a favor de RPC-0 ya que previsiblemente es el tratamiento que mas fermentación ruminal produce aumentando la cantidad de AGV totales sobre todo de acido acético precursor de grasa subcutánea en desmedro de los tratamientos RPC-0.5 y RPC-1.0 que aportan más glucosa al animal que es precursora de grasa intramuscular (Smith y Crouse, 1984). No se

midió grasa intramuscular, pero quizás la glucosa en RPC-0.5 y RPC-1.0 aportó precursores para este tipo de engrasamiento o también pudo haber contribuido a acrecentar la deposición de grasa en otros destinos. En recientes infusiones de glucosa se han registrado mayor contenido de grasa en el tejido mesentérico cuando la glucosa es infundida al abomaso (McLeod et al., 2007a, Baldwin et al., 2007). Quizás la grasa mesentérica aumentó en los animales alimentados con RUPCA, aunque esto no pudo ser evaluado en el presente experimento

Los valores de metabolitos en sangre y plasma son similares a los obtenidos en experimentos con infusiones de glucosa (Schroeder et al., 2006b). La dosis de infusión es similar a la dosis máxima de glucosa protegida 360g-d vs 380g-d de RUPCA, pero aunque la dosis fue similar, en este caso no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ninguno de los parámetros medidos. Sí es de destacar que los valores de concentración de todos los metabolitos en sangre y plasma se mantuvieron constantes aunque el consumo en RPC-0.5 fue significativamente menor al resto de los tratamientos.

Por lo tanto, RUPCA podría tener oportunidad de mejorar la performance en terneras en crecimiento alimentadas con dietas bajas en concentración proteica si se balancea en mejor medida el rumen.

Capítulo 3 **Efecto de la suplementación con carbohidratos protegidos de la degradación ruminal sobre la performance y los metabolitos en sangre y plasma de novillos en terminación a corral sometidos a un periodo de estrés por calor en verano.**

3.1 Resumen

El objetivo de este experimento fue evaluar la inclusión de carbohidratos protegidos de degradación ruminal (RUPCA) en la performance y los metabolitos en sangre y plasma de novillos en terminación a corral sometidos a estrés por calor durante el verano. En el experimento se usaron 135 novillos cruce británicos con un peso inicial (PI) de 287 ± 13 kg. Los animales fueron asignados a tres tratamientos RPC-0) dieta basal mas 1kg (MS) de suplemento, RPC-0.5) dieta basal mas 0,5kg (MS) de suplemento y 0,5kg (MS) RUPCA y RPC-1.0) dieta basal mas 1kg (MS) RUPCA. La dieta basal estaba compuesta por (MS) 22.3% silo de maíz, 65.9% maíz partido seco, 0.6% harina de girasol, 0.5% urea, 2% minerales y vitaminas. El suplemento y RUPCA contenían (base seca) 58,1% harina de soja, 38,9% dextrosa, 2% urea y 1% sales minerales y la diferencia entre ambos fue el método de protección que presentaba el azúcar (protegido o no protegida de la degradación ruminal). Durante los 62 d que duró el experimento se midió la temperatura y humedad relativa para calcular el índice de temperatura y humedad (ITH) que fue en promedio 72 ± 4.9 y el índice de jadeo (0-4) que fue en promedio 1.15. Los animales se pesaron los d 0, 15, 39 y 62 (el d 0 comenzó la adaptación a dieta y tratamientos). El consumo de materia seca por corral se midió los d 8, 16, 23, 29, 33, 36, 44, 49, 54, 58 y 62. El espesor de grasa dorsal en la costilla 12^{ava} (EGD) y el área de ojo de bife (AOB) se midieron el d 0 y 62. Se tomaron muestras de sangre de la vena yugular antes de la comida de la mañana los d 0, 15, 39 y 62 y se analizaron para conocer la concentración de glucosa en sangre y la concentración de insulina, urea y ácidos grasos no esterificados (NEFA) en plasma. Los datos se analizaron como un diseño en bloque completamente aleatorizado con medidas repetidas en el tiempo usando un modelo mixto de SAS utilizando como covariable el peso inicial de los animales.

No hubo diferencias significativas entre tratamientos ni en índice de jadeo ($P = 0.14$), EGD ($P > 0.10$) o AOB en el d 62 ($P > 0.10$). Pero si se registraron diferencias significativas en la interacción entre el tratamiento \times día para G:F, GPD y CMS ($P < 0.05$). Sugiriendo esto diferente respuesta entre los tratamientos en los distintos periodos analizados. También se identificaron interacciones tratamiento \times día para las concentraciones en plasma de insulina ($P = 0.01$) y de urea ($P = 0.02$). RPC-0 mostro una mayor concentración de glucosa ($P = 0.05$). Estos resultados sugieren que incluir RUPCA en la dieta podría ayudar a mitigar los efectos negativos causados por el estrés por calor en la performance de animales en terminación.

Palabras Clave: Carbohidrato protegido, estrés por calor, glucosa, metabolitos en sangre.

3.2 Abstract

Finishing steers during the summer can be challenging due to the effects of high temperatures and humidity on DMI. The objective of this study was to evaluate the inclusion of a rumen-protected carbohydrate (RUPCA; US Patent # 8,507,025) on performance of finishing steers during heat stress. Temperature-humidity index average measured every day during the experiment was 72 ± 4.9 . Crossbred steers ($n = 135$; 355 ± 20 kg) were used in a 62-d experiment. Steers were blocked by initial BW and placed into 15 pens. Steers within blocks were randomly assigned to 3 treatments: T0 = fed 91.4% of a basal diet (% DM), 22.3% corn silage, 65.9% dry corn, 0.6% sunflower meal, 0.5% urea, 2% minerals and vitamins and 8.6% of a supplement containing (% DM) 58.1% soybean meal, 38.9% soluble carbohydrates, 2% urea and 1% minerals salts; T1 = fed the basal diet plus 4.3% supplement and 4.3% RUPCA; and T2 = fed basal diet plus 8.6% RUPCA. The supplement and RUPCA consisted of the same ingredients, differing on the processing of the carbohydrate (i.e., protected or not from ruminal degradation). Body weight was measured on d 0, 15, 39 and 62 relative to the beginning of treatments feeding (d 0). Pen DMI was measured on d 10, 18, 25, 31, 35, 46, 51, 56, 60 and 62. Back-fat on the 12th rib (BF) and LM area were measured on d 1 and 62. Blood samples were taken from jugular vein prior morning feeding on d 0, 15, 39, and 62 and analyzed for glucose, insulin, urea and NEFA concentrations. Data were analyzed as a randomized complete block design with repeated measures using a mixed model of SAS. Initial BW was used as a covariate. There were no differences between treatments on final BW, BF or LM area on d 62 ($P > 0.10$). Treatment \times day interactions were observed for G:F, ADG and DMI ($P < 0.05$) suggesting a different response to treatments during periods of heat stress. Treatment \times day interactions were found for insulin ($P = 0.01$) and urea ($P = 0.02$) plasma concentrations. There were no differences on plasma concentration of insulin, NEFA or urea among treatments ($P > 0.10$). T0 showed higher blood glucose concentration ($P = 0.05$). The results suggest that including

RUPCA might help to mitigate the negative effects of heat stress on blood metabolites, potentially improving animal performance.

Key words: Glucose, blood metabolites, heat stress

3.3 Introducción

Uno de los desafíos más importantes que encuentra el productor de carne es intentar mantener la performance de novillos en terminación en periodos de estrés por calor durante el verano. Las altas temperaturas y humedades relativas, sumadas a la radiación solar y la velocidad del viento disminuyen drásticamente el consumo de materia seca (CMS), la ganancia de peso diaria (GPD) y en consecuencia el resultado productivo de los animales (Mader et al., 2010; Mader et al., 2006). Episodios de estrés por calor excesivos y prolongados pueden llegar incluso a causar la muerte de los animales (Hubbard et al., 1999) causando incontables pérdidas económicas.

En la bibliografía se han descrito distintas formas de mitigar los efectos del estrés por calor. Están las estrategias que pretenden modificar el ambiente para hacerlo mas confortable para los animales, utilizando media sombras (Gaughan et al., 2010) o rociadores de agua (Mader, 2003), y las que manipulan la dieta para intentar sostener el consumo de materia seca durante el día, alterando los momentos en que se reparte la comida, la cantidad de comida ofrecida y la concentración energética de la misma (Mader y Davis, 2004).

Una de las estrategias más usadas para paliar los efectos de estrés por calor es aumentar la concentración energética de la dieta mediante el uso de lípidos. Esta estrategia ha mostrado tener éxito relativo a la hora de sostener la performance animal (Gaughan y Mader 2009), al igual que alterar la forma de procesar el almidón de la dieta. Teóricamente la eficiencia de conversión de la energía contenida en el almidón para producir tejidos se aumenta cuando éste es digerido en el intestino delgado y no fermentado en el rumen (Harmon, 1992), pero este cálculo teórico no se ve reflejado en la realidad ya que esta mayor eficiencia teórica se ve disminuida por las limitaciones que presenta el almidón para ser digerido a glucosa y absorbido en el intestino delgado por animales de carne (Huntington et al., 2006). En este sentido pensar en una glucosa protegida de la degradación ruminal podría ser una buena

alternativa ya que la misma no tiene ninguna limitante para ser absorbida en el intestino delgado (Rodríguez et al., 2004; Liao et al., 2010).

Cuando los animales se someten a estrés por calor, el metabolismo del animal se ve irremediablemente desafiado. Una prueba de esto es la alteración que se registra de los metabolitos en sangre y plasma medidos tanto en los modelos de producción de leche como en los modelos de animales en crecimiento. Cuando estos animales se someten a estrés por calor la concentración de glucosa en sangre y de ácidos grasos no esterificados (NEFA) en plasma disminuyen drásticamente y la concentración de insulina en plasma aumenta (O'Brien, 2008; Baumgard y Rhoads 2012). Aparentemente las altas concentraciones de insulina estarían impidiendo la removilización de NEFA sugiriendo la glucosa como nutriente preferido por el organismo para paliar los efectos del estrés por calor.

Estas similitudes en el metabolismo de ambos modelos explican en gran parte por que solo entre el 30 y el 50% de la reducción en la producción de leche puede ser explicado por la disminución en el consumo de materia seca (Rhoads et al., 2009).

En el caso del modelo de animales en crecimiento por más que se observen las mismas alteraciones de metabolitos en sangre, éstas no afectan tanto la performance de engorde ya que la disminución en el consumo puede explicar casi toda la falta de performance. (O'Brien et al., 2010).

En este contexto, aumentar la cantidad de glucosa que se absorbe en el intestino delgado podría ayudar metabólicamente a los animales estresados por calor a mantener y elevar la performance productiva.

El objetivo de este experimento fue evaluar la inclusión de glucosa protegida de la degradación ruminal (RUPCA) en la performance y los metabolitos en sangre y plasma en novillos en terminación durante periodos de estrés por calor en el verano.

3.4 Materiales y Métodos

3.4.1 Instalaciones

El experimento se condujo en un Feedlot comercial localizado en la provincia de Buenos Aires, Argentina: LAT 34°43'14" S long: 63°05'08" O. Durante el verano de 2013-2014 (Diciembre, Enero y Febrero). Se utilizaron 15 corrales con piso de tierra (12 X 50 m) con bebederos compartidos entre 2 corrales. Cada corral alojó 9 animales. Los procedimientos de manejo y bienestar animal que se usaron fueron los sugeridos por FASS (2010) y aprobado por Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales del Laboratorio de la Secretaria de Ciencia y Técnica de la FCV, de la UNLP.

3.4.2 Animales y Tratamientos

Ciento treinta y cinco novillos cruce británica (Angus × Hereford), de peso promedio 287 ± 13 kg se utilizaron en un experimento de 62 d de duración. Los novillos se bloquearon por peso y se asignaron a tres tratamientos 5 corrales por tratamiento en un diseño en bloques completamente aleatorizados. Los novillos se alimentaron una vez al día con una dieta basal a voluntad y sobre la dieta basal se les ofreció 1 kg (MS) de un suplemento o de un carbohidrato protegido de degradación ruminal (RUPCA, Tabla, 4) en diferentes proporciones.

Los tratamientos fueron: 1) 1kg/d de suplemento (RPC-0), 2) 0,5 kg/d de suplemento y 0,5 kg/d RUPCA (RPC- 0,5), 3) 1kg/d de RUPCA (RPC-1.0). El suplemento y RUPCA contaban con los mismos ingredientes (% MS) pero con diferencias en el procesamiento del carbohidrato (protegido o no protegido de degradación ruminal, Patente N US 8,507,025 B2)

El objetivo fue alimentar 0g, 180g y 360g de dextrosa protegida para los tratamientos RPC-0, RPC-0,5 y RPC-1,0 respectivamente (Tabla 4). La composición química de las dietas para cada tratamiento se describe en la Tabla 5.

3.4.3 Temperatura y Humedad relativa

La temperatura y humedad relativa se midió en intervalos de 30 minutos durante los 62 d que duró el experimento en una estación meteorológica (Davies instruments, San Francisco, California) ubicada en la localidad de Piedritas, a 14km del Feedlot (Long 62° 58'49" O. LAT: 34° 33'58" S). El índice de humedad y temperatura (ITH) se calculó usando la siguiente formula: $ITH = (0.8 \times \text{temperatura}) + [(\% \text{ Humedad Relativa}/100) \times (\text{temperatura} - 14.4)] + 46.4$, siguiendo las recomendaciones de Thom (1959) y Hubbard et al., (1999). Se calcularon los ITH promedio, máximos y mínimos para todo el experimento, y se los dividió en tres periodos coincidentes con la pesada de los animales: Periodo 1 (d 0-15), Periodo 2 (d 16-39), Periodo 3 (d 40-62).

3.4.4 Etología

Todos los d entre las 1200h y las 1600h se tomaron registros del índice de jadeo (CPS). El índice de jadeo se clasifican entre 0 y 4 donde 0 es respiración normal y 4 es jadeo severo con la boca abierta, lengua afuera y excesiva insalivación con el cuello extendido (Mader et al., 2006).

3.4.5 Performance animal

Quince días antes de que comience el experimento se pesaron los animales y este peso se utilizó como criterio de bloqueo. Los animales se dividieron en 5 bloques, 9 animales por corral. Durante el experimento los animales se pesaron los d 0, 15, 39 y 62, siempre por la mañana y antes de alimentarlos (d 0 corresponde al d que se empezó el experimento).

Desde el comienzo del experimento se planteo un cronograma semanal para la medición de consumo, mo obstante el mismo fue alterado por las altas temperaturas y las lluvias. Las mediciones se hicieron los d 8, 16, 23, 29, 33, 36, 44, 49, 54, 58 y 62. Los registros del d 8 y 16 corresponden al período de adaptación a la dieta, a partir del d 16 se considera que los animales ya estaban adaptados.

Espesor de grasa dorsal en la 12^{ava} costilla (EGD) y área de ojo de bife (AOB) se midieron los d 0 y 62 con ultrasonido (Pie Medical mod. Aquila. Utilizando el transductor de 3.5 mhz).

3.4.6 Muestras de sangre

Se seleccionaron 4 animales por corral y se les tomo muestras de sangre de la vena jugular previo a la alimentación de la mañana. Se utilizaron tubos que contenían EDTA como recipiente. Los muestreos se hicieron los d 0, 15, 39 y 62. La sangre se mantuvo refrigerada hasta que el muestreo terminó. Una vez terminado el muestreo la sangre se centrifugó por 20 minutos a $1,000 \times g$ para obtener plasma el cual se congelo inmediatamente para después analizarlo para determinar la concentración concentraciones de insulina, NEFA y urea. La concentración de glucosa se analizó *in situ* con un glucómetro (Optimum Xceedt, ABBOTT Lab Argentina).

La concentración de insulina en plasma se analizó con un método de Radio Inmuno ensayo descrito previamente por (Diaz-Torga et al., 2001). La detección mínima fue de 0.05 ng/mL. Los coeficientes de variación dentro del ensayo fueron de 8 %.

La concentración en plasma de los ácidos grasos no esterificados (NEFA) se midió los d 0, 39 y 62 utilizando el protocolo descrito por los laboratorios Radox (FA 115 Radox Laboratories Ltd.). La concentración mínima detectable fue de 72 mM, y los coeficientes de variación intra e inter muestra fueron de 7.48% y 23%, respectivamente.

La concentración de urea en plasma se midió los d 0, 39 y 62 utilizando el protocolo descrito por Wiener Lab city (Rosario, Santa Fe, 2R UREA Color). La concentración mínima detectable fue de 0.02 g/L, y los coeficientes de de variación intra e inter muestra fueron de 9.7% y 11%, respectivamente.

3.4.7 Análisis estadístico

Los datos se analizaron usando proc MIXED de SAS, versión 9.1 (SAS Institute, Inc., Cary, NC; 2005) tomando en cuenta que el diseño del experimento fue bloque completamente aleatorizado, con medidas repetidas en el tiempo. El peso de bloqueo se utilizó también

como covariable para analizar GPD, G:F y CMS. El EGD y AOB se analizaros en el d 62 tomando como covariable el d 0. Las concentraciones de metabolitos en plasma y sangre se analizaron tomando el d 0 como covariable. El modelo incluye tratamientos, d y las interacciones tratamiento x día como variables fijas y corrales como variables aleatorias. La opción “*slice*” del programa se utilizo para separar las medias cuando las interacciones tratamiento × día fueron significativas ($P < 0.10$). El índice de temperatura y humedad se dividió en tres periodos para ser analizado y PORC MIXED se utilizó para evaluar las diferencias entre los periodos. PROC CORR se utilizo para evaluar la correlación entre ITH y CPS y CPS y hora del d a la que se medio el CPS. Para analizar el índice de jadeo se utilizaron los d con $ITH > 70$ y $CPS > 1$.

3.5 Resultados

El promedio de índice de temperatura y humedad (ITH) medido todos los días fue de $72 \pm 4,9$ con un máximo de 79 y un mínimo de 59. Los animales experimentaron ITH por encima de 70 durante 46 de los 62 d que duró el experimento (Figura 4). El ITH se dividió en tres periodos, 0 a 15 d, 16 a 39 d y de 40 a 62 d, para hacerlo coincidir con los controles de peso de los animales. El periodo 1 duro 15 d registró un ITH promedio de $72,9 \pm 5$ con un máximo de 78,6 y un mínimo de 60,8, solo tres días de los 15 d que duró el periodo 1 el ITH estuvo por debajo de 70. El segundo periodo duro 24 d, el ITH promedio fue de $71,9 \pm 5,8$ siendo el máximo de 79,3 y el mínimo de 59,4 en este periodo 10 d de los 24 el ITH estuvo por debajo de 70. El periodo 3 duró 23 d y tuvo un ITH promedio de $70,7 \pm 3$ con un máximo de 75,95 y un mínimo de 62,7. De los 23 d que duro este periodo solo 8 d registraron ITH por debajo de 70 (Figura 4). Si se analizan los datos de ITH no se registraron diferencias significativas en el ITH promedio ($P=0,40$) entre los periodos sin embargo el periodo 1 fue el que tuvo mayor ITH numérico promedio, el periodo 2 fue el que registro el ITH máximo y a su vez fue el más variable (mayor desviación estándar) y el periodo 3 fue el que registro el valor mayor de los mínimos registros de ITH y el menos variable de los 3 periodos.

Cuando se efectuaron los sangrados en los animales el ITH fue diferente cada vez, en el d 0 el ITH fue de 73, en el d 15 de 69 en el d 39 de 66 y en el d 62 fue de 73.

No hubo correlación significativa entre índice de jadeo (CPS) e ITH ($P=0,35$) por más que solo se tomaron para el análisis los 29 d donde el índice de jadeo supero 1 y el ITH fue mayor que 70 (Tabla 6).

El consumo de materia seca registró una interacción significativa entre tratamiento \times día ($P < 0,01$, Tabla 7, Figura 5). Para el consumo de materia seca, se observan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos en los d 8, 33, 36, 44, 54, 58 y 62. En los d 16 y 49 la significancia fue de $P < 0,01$ sin embargo no se encontraron diferencias significativas en los d 23 y 29 ($P > 0,1$) (Figura 5).

El peso de los animales no registró una interacción significativa tratamiento × día, pero los animales sometidos al tratamiento RPC-0.5 y RPC-1.0 mostraron una tendencia ($P=0,06$) a tener mayor peso que el tratamiento RPC-0 (Tabla 7).

La ganancia de peso diaria (GPD) experimentó una interacción significativa ($P<0,04$) tratamiento × día (Tabla 7), destacándose en el periodo 2 el tratamiento RPC-0.5 con 1,420g-d seguido por RPC-1 con 1,230g-d y por último RPC-0 con 1,130 g-d. Estas diferencias entre los tratamientos no se mantuvieron al final del experimento (Figura 6).

La eficiencia de conversión medida como ganancia de peso expresada por el cociente entre GPD y CMS (G:F) mostró una interacción significativa en tratamiento × día ($P<0.01$, Tabla 7) al igual que en GPD la G:F mostro la mayor diferencia entre tratamientos en el periodo 2 siendo RPC-0.5 el tratamiento que observo la G:F más alta 1,45($P < 0.05$) (Figura 7).

Las ecografías realizadas el d 62 no arrojaron diferencias significativas ni para EGD ni para AOB $P > 0.10$ y $P = 0.15$ respectivamente (Tabla 7).

La concentración de glucosa en sangre mostro diferencias significativas entre tratamientos siendo RPC-0 la de mayor concentración de glucosa ($P < 0.03$) (Tabla 8), aunque la interacción tratamiento × día no registro diferencias significativas ($P < 0.35$) cabe destacar la gran variabilidad que arrojaron los valores obtenidos en el último muestreo el d 62 (Figura 8). La concentración de insulina en plasma mostro una interacción significativa entre tratamiento × día ($P=0,01$, Tabla 8). Las mayores diferencias se registraron el d 62 donde RPC-1.0 registró las mayores concentraciones ($P<0,01$, Tabla 8, Figura 9). La concentración de urea en plasma también registró interacciones significativas × día ($P=0,02$, Tabla 8), la principal diferencia fue encontrada en el d 0, antes de que los tratamientos empezaran ($P<0,01$, Tabla 8) pero no se registraron diferencias significativas durante el resto de experimento (Figura 10). La concentración de ácidos grasos no esterificados (NEFA) en plasma no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 8, Figura 11).

3.6 Discusión

Las dietas que recibieron los animales se diseñaron para ser iso-energéticas e iso-proteicas. Todos los tratamientos fueron suplementados con la misma cantidad de dextrosa 360g-d (MS), la diferencia entre ellos fue el grado de protección de dicho azúcar. En el tratamiento RPC-0 la dextrosa no estaba protegida y los 360g ofrecidos se asumen que son consumidos por los microorganismos en el rumen. En el tratamiento RPC-0.5 la mitad de la dextrosa no está protegida y se degrada en rumen (180g) y el resto llega al intestino (180g) y en el tratamiento RPC-1.0 asumimos que los 360g de dextrosa suplementada están protegidos de degradación ruminal y llegan a intestino sin ser degradados en el rumen.

Del análisis de las muestras de comida de los comederos surge que la concentración proteica de los tratamientos fue de 10,1% de proteína bruta, un poco inferior a la formulada de 13,5%. Esta diferencia se dio por el mayor consumo de MS de la dieta basal la cual terminó siendo el 92% del alimento consumido y no el 78% como se había planeado. De todas formas los novillos consumieron mas de 1kg de proteína diariamente superando los requerimientos planteados por el NRC para novillos en terminación (NRC, 2000).

El índice de temperatura y humedad promedio de los 62d que duró el ensayo fue de 72 ± 4.9 . Los animales experimentaron estrés por calor durante 46d de los 62d que duró el ensayo, 24d de estrés moderado (ITH>70) y 22d el estrés alto (ITH>74). Estos valores confirman que al menos en $\frac{3}{4}$ del ensayo los animales experimentaron algún grado de estrés por calor (Mader, 2003). Otro de los parámetros para medir estrés por calor es el índice de jadeo (CPS), la medición diaria de índice de jadeo arrojó 29d con un valor mayor a 1 (escala 0-4) sin embargo no se obtuvo una correlación significativa entre CPS e ITH. Mader et al., (2010) sugirieron utilizar la velocidad de viento y radiación solar para incrementar la correlación entre ITH y CPS, quizás el agregado de estos nuevos parámetros en nuestro experimento hubiera aumentado la significancia también (Mader et al., 2010).

La disminución de consumo de materia seca es una de las principales razones por las cuales los animales que experimentan estrés por calor disminuyen la performance (Mader, 2003). Se pueden utilizar distintas estrategias para intentar alterar lo menor posible el consumo de materia seca o al menos sostener la GPD. En general la hacienda debería beneficiarse concentrando la energía de las dietas cuando el CMS se ve disminuido aunque no se han obtenido resultados concluyentes cuando se aumentó el contenido de grasa en dietas de animales sometidos a estrés por calor (Gaughan y Mader 2009). La inclusión de RUPCA en nuestro experimento disminuyó el CMS significativamente en el tratamiento RPC-0.5, sin embargo no disminuyó la GPD de los animales, es más, el tratamiento RPC-0.5 observó una tendencia a terminar el experimento con animales más pesados.

Cuando se divide el experimento en los tres periodos mencionados anteriormente (Fig 4) los índices que evalúan la performance varían ampliamente entre los tratamientos en el periodo 2 (15d a 39d). En este periodo se reportó ITH elevado y los más altos valores máximos de ITH de todo el experimento (79,3). Tomando en cuenta estas condiciones ambientales más estresantes RPC-0.5 fue el tratamiento que tuvo la mayor GPD y G:F. Esta diferencia en performance, quizás podría explicarse parcialmente por el sitio de digestión y absorción de los carbohidratos, ya que por más que las dietas fueron diseñadas para ser iso proteicas e iso energéticas el azúcar al ser absorbido como tal permitió una diferencia en la utilización metabólica de la energía.

Energéticamente hay suficientes evidencias en la bibliografía que muestran que la glucosa es utilizada más eficientemente por el animal cuando se absorbe directamente en el intestino y no es fermentada en el rumen a ácidos grasos volátiles (Rodríguez et al., 2004). A diferencia del almidón la glucosa es absorbida completamente cuando ambos son infundidos al abomaso (Kreikemeier et al., 1991). Dependiendo del modelo animal (vaca lactando o novillo en terminación) los rumiantes presentan limitantes en la cantidad de almidón que puede ser digerida en el intestino delgado (Branco et al., 1999). En novillos en terminación 700g-d de almidón parecería ser el límite superior que puede ser absorbido por

el intestino delgado (Huntington et al., 2006), cualquier exceso pasaría al intestino grueso con la consiguiente pérdida de eficiencia en la digestión. Aparentemente la falta de suficiente cantidad de α -amilasa secretada por el páncreas sería la responsable de la falta de digestión del almidón en el intestino delgado (Swanson et al., 2004, Walker y Harmon, 1995).

La glucosa no solo es absorbida más eficientemente sino que también contribuiría con el “ahorro” de amino ácidos oxidables. Entonces el aporte de glucosa al intestino tendría un doble efecto tanto en el metabolismo de las proteínas como el de la energía (Huntington et al., 2006).

En novillos de engorde no hay experimentos que evalúen performance cuando se suministra glucosa directamente al intestino, la mayoría de las dietas suministradas en los experimentos de infusión son de mantenimiento o al 90% de las necesidades del animal y en estos casos la infusión de glucosa genera una mayor deposición de grasa total en el animal (McLeod et al., 2007). Lo mismo pasa con la performance en vacas de leche, las infusiones de glucosa o almidón al abomaso no elevan los niveles de producción de leche sino que contribuyen a una mayor condición corporal (Reynolds et al., 2001).

Sin embargo cuando el animal esta metabólicamente desafiado la glucosa podría tener la chance de mejorar la performance. Sobre todo cuando el animal se estresa, el sistema inmune se activa y su respuesta es dependiente de glucosa para funcionar (Bradford et al., 2015).

En nuestro experimento en el segundo periodo (d15 a 29) los animales experimentaron estrés casi todos los días que duró este periodo. El tratamiento RPC-0.5 reportó mayor GPD, menor CMS y mejor eficiencia de conversión. No queda claro por qué la dosis de 180g de glucosa protegida (RPC-0.5) produjo mejor performance que la dosis de 360g (RPC-1.0) pero aparentemente proporcionar una parte de la glucosa que fermente en el rumen y otra parte que sea pasante permitiría que el animal se beneficie tanto de la mayor fermentación como de la glucosa pasante como nutriente.

Los efectos beneficiosos de performance observados en el periodo 2 en los novillos del tratamiento RPC-0.5 no se observaron en el periodo 3 (39 a 62d). Los animales de los tratamientos RPC-0 y RPC-1.0 experimentaron crecimiento compensatorio probablemente debido al menor estrés por calor sufrido por los animales en este último periodo. Esta etapa no registró ITH promedio ni máximos tan altos como el periodo 2 (Fig. 1), o quizás hubo un efecto de aclimatación de los animales al experimentar condiciones de estrés más suaves (O'Brien, 2008).

Sumado al mejoramiento de la performance en ciertos momentos del experimento, hubiéramos esperado obtener un patrón diferente de deposición de grasa en los animales alimentados con RUPCA, mayor cantidad de glucosa aportada a intestino teóricamente permitiría mayor deposición de grasa intramuscular (Smith y Crouse, 1984), sin embargo no se encontraron diferencias significativas en EGD o AOB entre los tratamientos al finalizar el experimento el d 62.

Quizás al experimentar estrés por calor los animales repartieron los nutrientes de otra forma priorizando otros destinos metabólicos (O'Brien et al., 2010; Rhoads, Baumgard y Suagee 2013). En los experimentos de McLoeod et al., (2007) y Baldwin et al., (2007), la infusión de 800g-d de glucosa al abomaso redujo el consumo de materia seca de los animales y resultó en una mayor acreción de tejido adiposo particularmente de tejido omental estimulando lipogénesis de glucosa y acetato mas pronunciadamente en los tejidos abdominales en desmedro de los tejidos subcutáneos. En nuestro experimento la máxima dosis de glucosa protegida fue de 360g-d y no se observaron diferencias en acreción de tejido adiposo en EGD o una mayor AOB. Quizás para que ocurra esto se necesite una mayor dosis de glucosa protegida o quizás la partición de nutrientes en animales sometidos a estrés por calor sea diferente que en animales sin su homeostasis alterada (Baldwin et al., 2007, McLeod et al., 2007a).

Los animales sometidos a estrés por calor tienen su homeostasis irremediablemente desafiada, los mecanismos que canalizan los recursos del animal hacia la producción cambian y un buen indicador de esto son los metabolitos en sangre y plasma (Wertz-Lutz et al., 2006). En nuestro experimento la concentración de glucosa en sangre fue inferior a lo normal, la concentración de insulina en plasma fue mayor y la concentración de NEFAs en plasma fue inferior a la normal como lo observado en terneros sin capar en crecimiento sometidos a estrés por calor (O'Brien et al., 2010) en vacas lechera (Wheelock et al., 2010) y otras especies (Baumgard y Rhoads, 2012).

Dosificar RUPCA con la dosis mayor (RPC-1.0 =360g of dextrosa) registró un pico de concentración de insulina en plasma y una baja en la concentración de glucosa el d 62, mostrando que al menos el día del muestreo la dosis de RUPCA alteraba la concentración de metabolitos en sangre y plasma. Es interesante remarcar que de los tres muestreos de sangre que se hicieron cuando los animales ya se encontraban adaptados a la dieta (el muestreo del día 1 se hizo antes de que empezara la adaptación a la dieta) el d 62 fue el que reportó el más alto ITH de los tres (73,3) y quizás por esto es que se encuentran las diferencias en la concentración de insulina en plasma para la mayor dosis de RUPCA (RPC-1.0).

No se sabe por qué los animales que experimentan estrés por calor inician adaptaciones metabólicas para utilizar glucosa como nutriente preferido, una de las razones podría ser energética, ya que cuando se oxidan los ácidos grasos producen 10% más calor metabólico que la glucosa (O'Brien et al., 2010).

En un contexto de estrés por calor el agregado de RUPCA en la dieta de novillos en terminación contribuiría a mejorar la performance cuando los animales están desafiados metabólicamente.

Capítulo 4 **Efecto de la suplementación con carbohidratos protegidos de la degradación ruminal sobre la producción de leche, el peso, la condición corporal y glucemia de vacas lecheras en el periodo de transición.**

4.1 Resumen

El objetivo de este ensayo fue evaluar los efectos de la suplementación de carbohidratos protegidos de degradación ruminal (RUPCA) sobre la producción y composición de la leche, el peso, la condición corporal y la concentración de glucosa en sangre en vacas de leche durante el periodo de transición. Se seleccionaron veintisiete vacas multíparas que mostraron similar condición corporal (3,25) y fueron alimentadas con la misma dieta durante 21 días antes del parto. Desde el parto y durante 28 días después, las vacas fueron asignadas al azar a 1 de 3 tratamientos RPC-0) dieta basal mas 2kg de suplemento, RPC-1.0) dieta basal mas 1kg de suplemento y 1kg RUPCA y RPC-2.0) dieta basal mas 2kg de RUPCA. La dieta basal estaba compuesta por (%MS) 31,4% silo de maíz, 19,4% heno de alfalfa, 22,8% grano de maíz, 7,4% soja poroto, 4% extrusado de soja, y 4,3% minerales y vitaminas; y 10,7% de un suplemento y/o RUPCA. El suplemento y/o RUPCA contenían en materia seca 58,1% harina de soja, 38,9% dextrosa, 2% urea y 1% sales minerales y la diferencia entre ambos fue el método de protección que presentaba el azúcar (protegido o no protegida de la degradación ruminal). Durante los 28 días del experimento se midió el consumo de materia seca (CMS) diariamente en forma grupal para cada tratamiento y una vez por semana se sacaron muestras de TMR para analizar. La producción y composición de leche se midió 2 veces a la semana en días no consecutivos. Una vez por semana las vacas se pesaron, se les midió condición corporal y se les extrajo sangre. Para el análisis estadístico se utilizó un modelo mixto completamente aleatorizado con medidas repetidas en el tiempo y se utilizaron contrastes ortogonales planteados a priori entre los tratamientos. El CMS mostró una interacción significativa tratamiento \times día ($P=0,05$). Al evaluar los contrastes ortogonales para comparar los tratamientos que utilizaron RUPCA vs el control

no hubo diferencias significativas en porcentaje de grasa ($P=0,4$), kg de proteína diaria ($P=0,3$) y urea en leche ($P=0,54$). Los contrastes evidenciaron una tendencia a ser diferentes en producción de leche corregida por concentración de grasa al 3,5% ($P=0,1$) y corregida por energía ($P=0,07$) y mostraron diferencias significativas en porcentaje de proteína en leche ($P=0,03$), en porcentaje y kg por día de lactosa ($P<0,001$) y en porcentaje y kg por día de sólidos totales ($P<0,01$). Los contrastes también evidenciaron diferencias significativas en peso promedio ($P<0,01$) así también como en condición corporal ($P<0,001$) y concentración de glucosa en sangre ($P=0,05$). Estos resultados indicarían que incluir RUPCA en la dieta de transición en vacas lecheras tendería a aumentar la producción y afectar la composición de leche significativamente, aumentando los niveles de glucosa en sangre, estimulando el consumo, y disminuyendo la pérdida de peso y la condición corporal durante este periodo.

Palabras Clave: Vacas de Leche, transición, glucosa

4.2 Abstract

The objective of this trial was to feed a prototype rumen protected carbohydrate supplement to fresh lactation cows to determine if a patent pending manufacturing product is effective in protecting simple carbohydrates against ruminal degradation. Twenty 7 cows were group fed the same basal diet from -21 d of expecting calving date to parturition. From calving to 28 DIM cows were assigned to 3 treatments in a randomized complete block design and fed a diet of (% DM): 31.4% corn silage, 19.4% alfalfa hay, 22.8% corn grain, 7.4% soybean seeds, 4% extruded soybean meal, 4.3% minerals and vitamins; and 10.7% basal supplement (58.9% solvent soybean meal, 37.4% glucose and 3.7% urea). The 3 treatments consisted on replacing 0% (T0), 50% (T1) and 100% (T2) of the basal supplement with the rumen protected carbohydrate prototype feed. The prototype feed had the same ingredients of the basal supplement. Body weight, BCS, and blood samples were taken once a week. Weekly samples of TMR were taken for feed analysis. Milk yield and milk composition per cow was measured 2 times per week on non-consecutive days. Data were analyzed with a complete randomized design on a mix model of SASS, with repeated measures, orthogonal contrasts were planed a priori to compare treatments vs control. There was a significant interaction treatment \times day ($P=0.05$) for DMI. Orthogonal contrasts did not show significant differences in fat percentage ($P=0.4$), kg of protein ($P=0.3$) or milk urea ($P=0.54$), but showed a tendency to increase energy corrected milk ($P=0.07$) and fat corrected milk 3,5% ($P=0.1$). Orthogonal contrasts also showed significant differences on milk protein percentage ($P=0.03$), milk lactose percentage ($P<0.001$) and kg-day ($P<0.001$), milk total solids percentage ($P<0.01$) and kg-day ($P<0.01$). Average weight ($P<0.01$), body condition score ($P<0.001$) and blood glucose ($P=0.05$) also were significantly different using the orthogonal contrasts. This resultus show that including RUPCA might be beneficial to transition cows stimulating DMI, lowering weight and body condition score and enhancing performance.

Key words: rumen protected carbohydrate, fresh cows' performance

4.3 Introducción

Los cambios fisiológicos que se disparan durante el periodo de transición en las vacas lecheras, definido por 3 semanas pre parto y 3 semanas post parto, son incontables (Grummer, 1995). La coordinación metabólica que necesita la vaca para abastecer la demanda de nutrientes, sobre todo después del parto es un desafío fenomenal para su metabolismo (Bell, 1995). Para la vaca recién parida las necesidades de aminoácidos se duplican, las de ácidos grasos se quintuplican y las de glucosa se triplican si se comparan vacas lecheras antes del parto con 250 días de preñez y vacas con 4 días de lactancia (Overton y Waldron, 2004). Esta alteración drástica en la demanda de nutrientes no es acompañada por el aumento de oferta, ya que el consumo de materia seca se ve limitado generando un desbalance nutricional dramático (Drackley, 1999).

El consumo se recupera lentamente después del parto y no a la velocidad necesaria para abastecer la demanda de nutrientes. Distintas formulaciones de dietas pre y post parto se han propuesto para alimentar a las vacas de leche en transición con el objetivo de adaptar el animal a su nueva homeostasis e intentar paliar la diferencias surgidas entre oferta y demanda de nutrientes (Galindo et al., 2015). Lo cierto es que las dietas mas concentradas en energía suministradas en el preparto pueden condicionar el consumo de materia seca de las dietas post parto (Janovick y Drackley, 2010). En las dietas diseñadas para el post parto las que aportan más energía, producen más leche y llegan a contrarrestar antes los efectos negativos del balance energético negativo (Grummer y Rastani, 2003) pero generan mayor incidencia de afecciones metabólicas (Janovick et al., 2011). La mejor respuesta a dietas menos concentradas en energía y sobre todo en almidón estaría ligada a la activación del sistema inmune y la respuesta inflamatoria sub aguda evidenciada por las vacas en transición los primeros días después del parto (Bradford et al., 2015).

Otra de las características de las vacas en transición es la alteración en la concentración de metabolitos en sangre. La concentración de ácidos grasos no esterificados (NEFA) en sangre aumenta antes del parto y se hace máxima 1 día después del parto, lo mismo que el

beta hidroxibutirato (BHB). Diferente es el caso de la glucosa en sangre que aumenta su concentración previa al parto y después baja, viéndose también afectadas las reservas de glucógeno en el hígado las cuales disminuyen un 70% durante el parto (Vazquez-Añon et al., 1994). En contrapartida hay una insensibilización a la insulina de los tejidos periféricos (Bell, 1995) que hacen que la mayor parte de la glucosa del organismo de la vaca se redireccione a producir leche. Esta adaptación a la nueva homeostasis en la vaca lechera provoca una competencia sustantiva por la glucosa en el organismo de la vaca recién parida (Drackley, 1999; Reynolds, 2005).

La competencia por la glucosa se da entre los distintos sistemas del organismo más allá de la glándula mamaria, tanto el sistema inmune como el sistema reproductivo utilizan como nutriente fundamental la glucosa circulando en sangre para abastecer sus funciones. En el sistema inmune, los neutrófilos y los macrófagos utilizan glucosa como única fuente de alimento (Bradford et al., 2015) y en el caso del sistema reproductivo la concentración de glucosa en sangre está estrechamente relacionada con la facilidad con que se preñan las vacas en la primera inseminación artificial realizada (Garverick et al., 2012; Lucy, et al 2014).

La mayor cantidad de glucosa que consume la vaca es transformada en distintos nutrientes por el aparato digestivo de la vaca, muy poca glucosa llega como tal a ser absorbida por el animal. La mayor parte de la glucosa circulando por el organismo proviene de neoglucogénesis llevada a cabo en el hígado a partir de precursores como el ácido propiónico, glicerol, lactato o aminoácidos (Reynolds, 2005).

La reducción en el consumo de materia seca y los altos requerimientos de glucosa que evidencia todo el organismo de la vaca hacen que el animal tenga una demanda de glucosa que muchas veces no puede ser satisfecha. Es por esto que utilizar glucosa protegida podría beneficiar a la vaca en transición aportando glucosa como nutriente para mejorar la performance y el bienestar del animal.

4.4 Materiales y métodos

4.4.1 Instalaciones

El ensayo se realizó en la EEA Manfredi del INTA durante los meses de julio, agosto y septiembre del 2010. Se armaron 6 corrales de tierra con 10 mts de comedero de plástico cada uno y bebidas compartidas cada 2 corrales. Los procedimientos de manejo y bienestar animal que se usaron fueron los sugeridos por (FASS, 2010.).

4.4.2 Animales y Tratamientos

Veintisiete vacas multíparas se seleccionaron 21 días antes del parto y se alimentaron en grupo hasta el parto.

Las vacas se seleccionaron por condición corporal no menos de 3 ni más de 4 en la escala de 1-5. Una vez paridas las vacas se asignaron al azar a 3 tratamientos, en 2 corrales por tratamiento, 4 vacas en un corral y 5 vacas en el otro procurando que la condición corporal promedio de los tratamientos fuera de $3,25 \pm 0,15$. Para medir el score corporal se utilizó el promedio de las observaciones de 3 técnicos entrenados.

Los tratamientos comenzaban apenas la vaca paría, se dejaba 4 horas calostroar el ternero e iniciaban el tratamiento durante 28d.

Los partos no fueron todos juntos así que la cantidad de vacas por corral variaba de acuerdo al momento en que hubiesen parido las vacas.

Los tratamientos fueron: 1) 2kg/d de suplemento (RPC-0), 2) 1 kg/d de suplemento y 1 kg/d RUPCA (RPC- 1.0), 3) 2kg/d de RUPCA (RPC-2.0).

El objetivo fue alimentar 0, 360 y 720g de dextrosa protegida para los tratamientos RPC-0, RPC-1.0 y RPC-2.0 respectivamente (Tabla 9).

4.4.3 Alimentación

Las vacas se alimentaron una vez al día por la mañana con una dieta base a voluntad. Una vez repartida la dieta base y de acuerdo al tratamiento se le adicionaba y mezclaba a mano

RUPCA o el suplemento. El suplemento o RUPCA presentaban la misma composición, la diferencia entre ambos es el grado de protección del azúcar (Tabla 9).

La dieta final en el comedero fue en materia seca (MS%) de 31,4% silo de maíz, 19,4% heno de alfalfa, 22,8% grano de maíz, 7,4% soja poroto, 4% extrusado de soja, 4,3% minerales y vitaminas; y 10,7% del suplemento y/o RUPCA (Tabla, 10).

La composición de la dieta base, RUPCA y el suplemento y sus respectivos análisis químicos se muestran en la Tabla 9. Cabe destacar que por más que RUCPA y el suplemento poseen la misma composición química, el análisis muestra distintas fracciones de FDN y FDA debido al proceso de protección (Tabla 10).

Cuando se comparan los análisis químicos de las dietas completas utilizadas para los tratamientos (Tabla 10), la PB resultó ser similar para los tres tratamientos en porcentaje. PB, RPC-0 16,2%, RPC-1.0 16,04% y RPC-2.0 15,96%. Lo mismo sucedió para EE, 3%, 2,7% y 3,2% para RPC-0, RPC1.0 y RPC2.0 respectivamente y Cenizas %, RPC-0 7,4% RPC-1.0 7,5% y RPC-2.0 7,67%. Sin embargo el contenido de FDA, y FDN osciló entre los tratamientos registrándose mayores porcentajes en los tratamientos que utilizaron RUPCA. El contenido de FDA aumentó 18,42%, 19,08% y 19,8% con la mayor inclusión de RUPCA, RPC-0, RPC-1.0 y RPC-2.0 respectivamente. Lo mismo pasó con FDN, RPC-0 32,95% RPC-1.0 33,77% y RPC-2.0 34,65% (Tabla 10).

4.4.4 Consumo de materia seca (CMS)

El consumo de materia seca por corral se midió diariamente. Al fluctuar la cantidad de vacas por corral, ya que los partos no fueron todos juntos, el consumo fue ponderado midiendo el consumo de MS por corral todos los días, dividido por la cantidad de vacas presentes en el corral en el momento de la medición. Antes de ofrecer la comida nueva del día se pesaba el remanente del día anterior y una vez por semana se ajustaban los consumos para que sobrara el 5% de lo ofrecido.

4.4.5 Producción y composición de leche

La producción de leche se midió diariamente en cada ordeño (AM & PM) desde el parto hasta los 28 días posparto. Dos veces por semana en días no consecutivos se tomaron muestras de leche AM & PM mezclándose en partes iguales para análisis de composición química.

Las muestras AM-PM se tomaron en tubos de 50ml con una pastilla de dicromato de potasio y se mantuvieron en heladera para su posterior análisis.

Para el análisis de la producción de leche se corrigieron los valores a leche 3,5% de grasa y en energía neta (ENI) utilizando las formulas sugeridas por el NRC (2001).

4.4.6 Composición química

La composición química de la leche se evaluó por NIRS situado en el laboratorio FUNESIL de Villa María, Córdoba. Se determinó grasa, proteína, lactosa y urea en leche.

4.4.7 Muestras de sangre

Una vez por semana se midió la concentración de glucosa en sangre utilizando un glucómetro (Optimum Xceedt, ABBOTT Lab Argentina).

4.4.8 Peso vivo y condición corporal (CC)

Todos los animales se pesaron una vez por semana. Una semana antes del parto, e inmediatamente después del parto y luego una vez por semana hasta el fin del ensayo.

Los animales se pesaron antes de la comida de la mañana y después del ordeño, o sea, lo mas desbastados posible. Simultáneamente se tomó condición corporal de cada animal en escala 1-5, utilizando el promedio de la observación de tres técnicos entrenados.

4.4.9 Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando un modelo mixto de SASS 9., Cuando no había interacción entre tratamiento \times día la separación de medias se realizó utilizando contrastes ortogonales comparando primero control vs el agregado de RUPCA y luego comparando las distintas dosis de RUPCA entre ellas. El diseño del experimento fue completamente aleatorizado con mediciones repetidas en el tiempo, donde se usó la producción y composición química de la leche de la lactancia previa como *covariables*.

4.5 Resultados

Cuando se analiza el consumo de materia seca (CMS) (Tabla 11) se puede detectar una interacción tratamiento \times día ($P=0,05$) (Figura 12) donde RPC-2.0 es el tratamiento que inicia el experimento consumiendo menos comida, en la primera semana registrando los menores consumos sobre todo los días 5 y 6 ($P=0,05$) y a partir de la segunda semana comienza a aumentar el CMS hasta que en la última semana es el tratamiento que registra mayor CMS, sobre todo los días 21 y 25 ($P=0,05$) (Figura 12).

En lo que respecta a la producción de leche corregida al 3,5% de grasa o en forma de Energía neta de lactación (ENI) los tratamientos alimentados con RUPCA tendieron a mostrar una mayor producción que el control, $=0,10$ y $P=0,07$ para RPC-1 y RPC-2.0 respectivamente. Los valores reportados por RPC-1 y RPC-2.0, fueron de 40,5 y 45,9 litros corregidos al 3,5% de grasa por día y 31,2 y 35,3 Mcal ENI por día vs el control que reportó 37.0 litros corregidos al 3,5% de grasa por día y 27,6 Mcal ENI día.

En cuanto a la composición de la leche medida como porcentaje, el único parámetro que no presentó diferencias significativas entre RUPCA y control fue el porcentaje de grasa ($P=0,40$). El porcentaje de proteína fue significativamente diferente entre los tratamientos que utilizaron RUPCA y el control ($P=0,03$), siendo los porcentajes mayores para RPC-1.0 (3,48%) y RPC-2.0 (3,48%) que para RPC-0 (3,38%). El % de lactosa también mostró diferencias significativas entre RUPCA y el control ($P < 0,001$) siendo RPC-1.0 4,95% y RPC-2.0 4,88% mayores que para RPC-0 4,71%. El % de sólidos totales también presentó diferencias significativas entre los tratamientos que utilizaron RUPCA y el control ($P < 0,01$), siendo RPC-1.0 13,31% y RPC-2.0 13,32% vs 12,9% de RPC-0. La concentración de urea en leche no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0,54$) (Tabla 11).

La composición de leche medida en kg por día reportó los siguientes valores. La grasa fue mayor y significativamente diferente para los tratamientos que usaron RUPCA vs control

($P=0,05$), RPC-1.0 1,76 kg-d y RPC-2.0 2,04 kg-d vs RPC-0 1,52 kg-d. Los valores de proteína no resultaron ser significativamente diferentes ($P=0,30$). Tanto los valores reportados de lactosa como los de sólidos totales de los tratamientos que recibieron RUPCA resultaron ser más altos y significativamente diferentes que el control, $P<0,001$ y $P<0,01$ respectivamente. RPC-1.0 reportó 1,92 kg-d de lactosa y 5,49kg-d de sólidos totales y RPC-2.0 2,11 kg-d de lactosa y 6,24kg-d de sólidos totales vs RPC-0 con 1,73 kg-d de lactosa y 4,82 kg-d de sólidos totales (Tabla 11).

El peso y la condición corporal (CC) medida una vez por semana presentaron diferencias significativas entre los tratamientos que utilizaron RUPCA y el control ($P<0,01$ y $P<0,001$ respectivamente). Tanto en peso como en CC el tratamiento RPC-2.0 fue el de mayor peso 800kg y su CC de 3,57, seguido por el RPC-1.0 con un peso de 742kg y una CC de 742kg y por último el RPC-0 con un peso de 661kg y una CC de 3,03 (Tabla 12).

La concentración de glucosa en sangre de los tratamientos que utilizaron RUPCA aumentó significativamente ($P<0,05$). RPC-1.0 presentó la mayor concentración 45,28 mg-dl seguido por RPC-2.0 42,36 mg-dl y RPC-0 con 39,3 mg-dl (Tabla 12)

4.6 Discusión

Las dietas se diseñaron para ser iso-energéticas e iso-proteicas. Analizando la concentración proteica de las mismas el 16,2% de promedio para todos los tratamientos parece ser adecuada, un poco más baja de lo recomendado por el NRC 2001, pero aceptable (NRC, 2001). En cuanto al aporte de energía, las mediciones de FDN, FDA y LDA varían entre los tratamientos. En este sentido los parámetros antedichos no estarían mostrando distintos aportes de energía de las dietas ya que los ingredientes usados para todos los tratamientos fueron iguales, sino distinta degradabilidad.

De acuerdo al NRC 2001 el aporte de carbohidratos no estructurales y solubles como la dextrosa se degrada íntegramente en el rumen sin que haya posibilidad de que llegue nada de ella al intestino. En nuestro experimento esto es lo que pasa con los 760 g de dextrosa del tratamiento RPC-0, por el contrario en el tratamiento RPC-2.0 los 760g de dextrosa están protegidos de la degradación ruminal y aportarían glucosa como nutriente lista para ser absorbida en el intestino. Esto provoca una diferencia fundamental en la forma de aportar energía al organismo. En el tratamiento RPC-0 la energía la aportan los AGV y fundamentalmente el ácido propiónico producido por la fermentación ruminal (Van Soest, 1994) y en RPC-2.0 la aporta la glucosa como nutriente absorbida desde el intestino.

El consumo de materia seca registró diferencias significativas en la interacción tratamiento × día marcando comportamientos ingestivos diferentes en las vacas de los distintos tratamientos. Los consumos menores registrados al principio por RPC-2.0 podrían deberse a la adaptación a la dieta ya que RPC-0 recibió 760g de dextrosa sin protección provocando que la primera semana hubiera algún efecto de adaptación y mayor consumo de comida. Una vez superada esta etapa en la última semana se invirtieron los consumos y RPC-2.0 fue el que mayor consumo registró cuando ya los animales estaban adaptados.

En las vacas en transición después del parto el consumo de materia seca está afectado por distintos factores, CC en el preparto, dieta de preparto y postparto entre otros (Grummer y Rastani, 2003; Janovick y Drackley, 2010). En nuestro caso la condición corporal promedio de los tratamientos al parto fue similar 3,25, y la curva de aumento de consumo promedio para los tratamientos fue similar a otros ensayos (Cardoso et al., 2013). A diferencia de otros ensayos de infusión donde el aporte de entre 1kg y 1,5kg de glucosa disminuyó el consumo de las vacas recién paridas (Larsen y Kristensen 2009; Nichols et al., 2016), el tratamiento con mayor aporte de dextrosa protegida 760g, RPC-2.0, fue el que registró mayor consumo a lo largo de todo el experimento. Esto se pudo deber a las diferentes dosis utilizadas entre nuestro experimento y los otros experimentos. De acuerdo a los cálculos hechos por Bell (1995), la insuficiencia de glucosa en el periodo post parto sería de unos 500g. En experimentos de infusión a la vena yugular directamente con dextrosa, los niveles de glucosa en sangre se estabilizaron y dejaron de subir con las infusiones de entre 500 y 1000g (Lucy et al., 2013), la dosis seleccionada por nosotros fue de 760g. Quizás la dosis más alta en los experimentos de infusión al abomaso sumados a un desbalance en el aporte de proteína de la dieta hizo bajar producción y desató la cascada de señales producidas en el hígado para inhibir el consumo descrita en la teoría hepática oxidativa (HOT) (Allen et al., 2009).

En lo que respecta a producción de leche, tanto expresada en energía como expresada en litros corregidos al 3,5% de grasa, los tratamientos que utilizaron RUPCA tendieron a tener mayor producción. Evidentemente por más que se hayan usado las mismas materias primas en todos los tratamientos, el sistema de protección utilizado para fabricar RUPCA afectó la forma en que el animal absorbe y particiona la misma. La alimentación ofrecida a la vaca puede hacer variar la composición de la leche (Grummer, 1991, Sutton, 1989), en este caso los tratamientos que utilizaron RUPCA aumentaron la concentración de lactosa, proteína, grasa y sólidos totales en leche. Estos efectos fueron muy similares a los obtenidos en

distintos ensayos de infusión de glucosa o almidón salvo por la concentración de grasa que registró menores porcentajes en estos ensayos que en el nuestro (Nichols et al., 2016; Reynolds et al., 2001).

Es importante marcar la diferencia en capacidad de utilización de glucosa absorbida en los distintos momentos productivos de las vacas. En vacas atravesando la mitad de la lactancia la infusión de hasta 2kg de almidón en el abomaso no causó aumento de producción sino mejor condición corporal (Reynolds et al., 2001). En el periodo de transición los animales están en un estado de necesidad de glucosa como nutriente y sus tejidos están insensibilizados a la insulina permitiendo que cualquier aporte de glucosa pueda ser aprovechado por los tejidos que más lo necesitan, como el aparato reproductivo o la glándula mamaria misma (Bell, 1995), algo similar a lo que pasa cuando están estresados por calor (Baumgard y Rhoads, 2012).

En lo que respecta a condición corporal y peso, los experimentos hechos en vacas atravesando la mitad de la lactancia con infusiones de almidón aumentaron su condición corporal (Reynolds et al., 2001) y lo mismo pasó cuando infundieron glucosa en vacas recién paridas (Nichols et al., 2016; Larsen y Kristensen, 2009). En nuestro experimento las vacas perdieron menor condición corporal y peso, algo similar a lo que pasó en estos experimentos.

Una de las formas para saber si la glucosa es absorbida es midiendo la concentración de la misma en sangre. Varios trabajos en novillos muestran aumentos de la concentración de glucosa en sangre cuando son infundidos al abomaso con glucosa (Kreikemeier y Harmon 1995; McLeod et al., 2007b) y en vacas de leche ocurre lo mismo (Larsen y Kristensen 2009; Nichols et al., 2016). El metabolismo de glucosa es uno de los más regulados del organismo y en el periodo de transición más aun. Al haber resistencia a insulina en los tejidos periféricos la concentración de glucosa en sangre debería variar (Bell, 1995). En nuestro

caso, utilizar RUPCA aumentó la concentración de glucosa en sangre con respecto al control, aunque los valores fueron más bajos que los registrados en los experimentos mencionados antes (39,3 mg-dl a 45mg-dl), quizás por haber utilizado una metodología diferente ya que en los otros experimentos se midió glucosa en plasma y nosotros la medimos directamente en sangre.

El aumento registrado de glucosa en sangre y de lactosa en leche estarían demostrando la mayor disponibilidad de glucosa en los animales a los que se les suministra RUPCA, y en este sentido podría aumentar el éxito de preñez en vacas (Garverick et al., 2012) o ayudar con la inflamación sub aguda y abastecer la necesidad de glucosa del sistema inmune (Bradford et al., 2015). Aunque este experimento no se diseñó para medir efectos en el sistema inmune ni reproductivo de la vaca en transición hay suficientes evidencias en la bibliografía de que la glucosa sería beneficiosa en este sentido (Lucy et al., 2013; Lucy et al., 2014; Bradford et al., 2015)

Así, y viendo los datos obtenidos, se concluye que RUPCA aporta glucosa pasante que es absorbida por el animal y permitiría mejorar la producción y evitar la pérdida de peso en el periodo de transición en vacas lecheras.

Capitulo 5 **Conclusión**

Los distintos modelos de animales elegidos para los experimentos fueron seleccionados particularmente porque su homeostasis estaba o iba a ser desafiada durante el experimento. En el caso de las terneras por el destete precoz realizado en ellas y el acostumbramiento al corral, en las vacas en transición por razones fisiológicas y en novillos de terminación sometidos a estrés por calor por razones ambientales.

Con respecto al diseño de los experimentos todos se pensaron para ser comparables y en las mismas condiciones, con un control donde se alimentó a los animales con glucosa sin proteger vs los tratamientos con distintas dosis de RUPCA (glucosa protegida). Este diseño experimental probablemente enmascaró muchos de los efectos de RUPCA ya que la fermentación ruminal de la glucosa alimentada sin proteger a los controles seguramente produjo más energía como AGV y mas proteína microbiana mejorando la performance del control.

En el aspecto productivo y a pesar de los controles positivos, RUPCA resultó ser beneficioso en todos los experimentos traduciéndose en mejor eficiencia de conversión en los experimentos de carne o menor pérdida de peso y diferente composición de leche en el experimento de leche.

En el aspecto metabólico y los análisis de sangre, RUPCA demostró en los experimentos de carne y leche mayores concentraciones de glucosa o insulina en sangre, particularmente cuando se midió en el momento en que el animal presentaba estrés.

Cuando la homeostasis se ve desafiada y los sistemas inmune, reproductivo y productivo comienzan a competir por recursos pareciera ser que la glucosa es el nutriente clave y necesario que conecta todos los sistemas y por el cual compiten. Es importante entender el concepto de "inanición de glucosa"(glucose starvation) porque, a pesar de que en todos los modelos se alimentaron con cantidad suficiente de precursores de glucosa para ser

utilizados en neoglucogénesis por el hígado, cuando se utilizó RUPCA y se alimentó glucosa protegida el efecto productivo fue positivo, paliando ese afán del organismo por glucosa como nutriente.

El estado del arte hoy no nos permite saber cuál es el sistema neuroendocrino que regula el uso de la glucosa por los distintos tejidos, y por qué se pudo haber cambiado el uso de la glucosa al utilizar RUPCA pero está claro que la glucosa como nutriente tiene un rol para jugar en el futuro como parte del paquete tecnológico para alimentar los animales de alta producción.

Capitulo 6 **Bibliografia**

- Allen, M. S., B. J. Bradford & M. Oba. 2009. BOARD-INVITED REVIEW: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants¹. *J Anim Sci*, 87.
- Asplund, J. M., E. R. Ørskov, B. H. De, F. D., & N. A. MacLeod. 1985. The effect of intragastric infusion of glucose, lipids or acetate on fasting nitrogen excretion and blood metabolites in sheep. . *Br. J. Nutr.* , 54, 189–195.
- Awawdeh, M. S., E. C. Titgemeyer, G. F. Schroeder & D. P. Gnad. 2006. Excess amino acid supply improves methionine and leucine utilization by growing steers. *J Anim Sci*, 84, 1801-1810.
- Baldwin, R. L..1968. Estimation of theoretical calorific relationships as a teaching technique. A review. *Journal of Dairy Science*, 51, 104-111.
- Baldwin, R. L., K. R. McLeod, J. P. McNamara, T. H. Elsasser & R. G. Baumann. 2007. Influence of abomasal carbohydrates on subcutaneous, omental, and mesenteric adipose lipogenic and lipolytic rates in growing beef steers. *J. Anim. Sci.*, 85, 2271-2282.
- Baumgard, L. H. & R. P. Rhoads. 2012. RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM: Ruminant Production and Metabolic Responses to Heat Stress¹². *J. Anim. Sci.*, 90, 1855-1865.
- Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Anim Sci*, 73, 2804-2819.
- Bevan, P. 2001. Insulin signalling. *Journal of Cell Science*, 114, 1429-1430.
- Blouin, J. P., J. F. Bernier, C. K. Reynolds, G. E. Lobley, P. Dubreuil & H. Lapierre. 2001. Effect of Supply of Metabolizable Protein on Splanchnic Fluxes of Nutrients and Hormones in Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 85, 2618-2630.
- Bossaert, P., J. L. M. R. Leroy, S. De Campeneere, S. De Vliegher & G. Opsomer. 2009. Differences in the glucose-induced insulin response and the peripheral insulin

- responsiveness between neonatal calves of the Belgian Blue, Holstein-Friesian, and East Flemish breeds. *J Dairy Sci*, 92, 4404-4411.
- Bradford, B. J., K. Yuan, J. K. Farney, L. K. Mamedova & A. J. Carpenter. 2015. Invited review: Inflammation during the transition to lactation: New adventures with an old flame. *J Dairy Sci*, 98, 6631-6650.
- Branco, A. F., D. L. Harmon, D. W. Bohnert, B. T. Larson & M. L. Bauer. 1999. Estimating true digestibility of nonstructural carbohydrates in the small intestine of steers. *J Anim Sci*, 77, 1889-1895.
- Broderick, G.A., Kang, J.H. 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *J. Dairy Sci.* 63:64–75.
- Campbell, R. G., M. R. Taverner & D. M. Curic. 1985. The influence of feeding level on the protein requirement of pigs between 20 and 45 kg live weight. *Animal Science*, 40, 489-496.
- Cardoso, F. C., S. J. LeBlanc, M. R. Murphy & J. K. Drackley. 2013. Prepartum nutritional strategy affects reproductive performance in dairy cows. *J Dairy Sci*, 96, 5859-5871.
- Cleale, R. M., T. J. Klopfenstein, R. A. Britton, L. D. Satterlee & S. R. Lowry. 1987. Induced Non-Enzymatic Browning of Soybean Meal. I. Effects of Factors Controlling Non-Enzymatic Browning on In Vitro Ammonia Release¹. *J Anim Sci*, 65, 1312-1318.
- Crouse, J. D., S. B. Smith & R. L. Prior. 1984. Bovine Muscle Glycogen as Affected by Fasting and Refeeding^{1,2}. *J. Anim. Sci.*, 59, 384-387.
- Chiba, L. I., A. J. Lewis & E. R. Peo. 1991. Amino acid and energy interrelationships in pigs weighing 20 to 50 kilograms: II. Rate and efficiency of protein and fat deposition. *J Anim Sci*, 69, 708-718.
- Diaz-Torga, G. S., M. E. Mejia, A. Gonzalez-Iglesias, N. Formia, D. Becu-Villalobos & I. M. Lacau-Mengido. 2001. Metabolic cues for puberty onset in free grazing Holstein heifers naturally infected with nematodes. *Theriogenology*, 56, 111-22.

- Drackley, J. K.. 1999. Biology of Dairy Cows During the Transition Period: the Final Frontier? *J Dairy Sci*, 82, 2259-2273.
- FASS. 2010. Guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching. 3rd ed. Accessed May 2, 2014.).
- France, J. & R. C. Siddons. 1993. Volatile fatty acid production. In: Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. CH5 pg 107-121. ed. J. M. F. J. France. New York: CAB International,.
- Galindo, C., M. Larsen, D. R. Ouellet, G. Maxin, D. Pellerin & H. Lapierre. 2015. Abomasal amino acid infusion in postpartum dairy cows: Effect on whole-body, splanchnic, and mammary glucose metabolism. *J Dairy Sci*, 98, 7962-7974.
- Garverick, H. A., M. N. Harris, R. Vogel-Bluel, J. D. Sampson, J. Bader, W. R. Lamberson, J. N. Spain, M. C. Lucy & R. S. Youngquist. 2012. Concentrations of nonesterified fatty acids and glucose in blood of periparturient dairy cows are indicative of pregnancy success at first insemination. *J Dairy Sci*, 96, 181-188.
- Gaughan, J. B., S. Bonner, I. Loxton, T. L. Mader, A. Lisle & R. Lawrence. 2010. Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers¹. *J. Anim. Sci.*, 88, 4056-4067.
- Gaughan, J. B. & T. L. Mader. 2009. Effects of sodium chloride and fat supplementation on finishing steers exposed to hot and cold conditions. *J. Anim. Sci.*, 87, 612-621.
- Gerrits, W. J., G. H. Tolman, J. W. Schrama, S. Tamminga, M. W. Bosch & M. W. Verstegen. 1996. Effect of protein and protein-free energy intake on protein and fat deposition rates in preruminant calves of 80 to 240 kg live weight. *J Anim Sci*, 74, 2129-2139.
- Gilbert, M. S., A. J. Pantophlet, J. J. G. C. van den Borne, W. H. Hendriks, H. A. Schols & W. J. J. Gerrits (Article in press 2016) Effects of replacing lactose from milk replacer by glucose, fructose, or glycerol on energy partitioning in veal calves. *J Dairy Sci*.
- Grummer, R. R. 1991. Effect of Feed on the Composition of Milk Fat. *J Dairy Sci*, 74, 3244-3257.

- Grummer, R. R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J Anim Sci*, 73.
- Grummer, R. R. & R. R. Rastani. 2003. When Should Lactating Dairy Cows Reach Positive Energy Balance? *The Professional Animal Scientist*, 19, 197-203.
- Harmon, D. L. 1992. Dietary influences on carbohydrases and small intestinal starch hydrolysis capacity in ruminants. *J Nutr*, 122, 203-10.
- Harmon, D. L. & K. R. McLeod. 2001. Glucose uptake and regulation by intestinal tissues: Implications and whole-body energetics. *J Anim Sci*, 79, E59-E72.
- Hubbard, K. G., D. E. Stooksbury, G. L. Hahn & T. L. Mader. 1999. A Climatological Perspective on Feedlot Cattle Performance and Mortality Related to the Temperature-Humidity Index. *jpa*, 12, 650-653.
- Hungate, R. E. 1966. *The rumen and its microbes*. New York,: Academic Press.
- Huntington, G. B., D. L. Harmon & C. J. Richards. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *J Anim Sci*, 84 Suppl, E14-24.
- Janovick, N. A., Y. R. Boisclair & J. K. Drackley. 2011. Parturient dietary energy intake affects metabolism and health during the periparturient period in primiparous and multiparous Holstein cows¹. *J Dairy Sci*, 94, 1385-1400.
- Janovick, N. A. & J. K. Drackley. 2010. Parturient dietary management of energy intake affects postpartum intake and lactation performance by primiparous and multiparous Holstein cows¹. *J Dairy Sci*, 93, 3086-3102.
- Krehbiel, C. R., R. A. Britton, D. L. Harmon, J. P. Peters, R. A. Stock & H. E. Grotjan. 1996. Effects of varying levels of duodenal or midjejunal glucose and 2-deoxyglucose infusion on small intestinal disappearance and net portal glucose flux in steers. *J Anim Sci*, 74, 693-700.
- Kreikemeier, K. K. & D. L. Harmon. 1995. Abomasal glucose, maize starch and maize dextrin infusions in cattle: small-intestinal disappearance, net portal glucose flux and ileal oligosaccharide flow. *Br J Nutr*, 73, 763-72.

- Kreikemeier, K. K., D. L. Harmon, R. T. Brandt, Jr., T. B. Avery & D. E. Johnson. 1991. Small intestinal starch digestion in steers: effect of various levels of abomasal glucose, corn starch and corn dextrin infusion on small intestinal disappearance and net glucose absorption. *J Anim Sci*, 69, 328-38.
- Larsen, M. & N. B. Kristensen. 2009. Effect of abomasal glucose infusion on splanchnic and whole-body glucose metabolism in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci*, 92, 1071-1083.
- Larsen, M., A. E. Relling, C. K. Reynolds & N. B. Kristensen. 2009. Effect of abomasal glucose infusion on plasma concentrations of gut peptides in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci*, 93, 5729-5736.
- Liao, S. F., D. L. Harmon, E. S. Vanzant, K. R. McLeod, J. A. Boling & J. C. Matthews. 2010. The small intestinal epithelia of beef steers differentially express sugar transporter messenger ribonucleic acid in response to abomasal versus ruminal infusion of starch hydrolysate. *J Anim Sci*, 88, 306-14.
- Lucy, M. C., S. T. Butler & H. A. Garverick. 2014. Endocrine and metabolic mechanisms linking postpartum glucose with early embryonic and foetal development in dairy cows. *animal*, 8, 82-90.
- Lucy, M. C., R. C. Escalante, D. H. Keisler, W. R. Lamberson & D. J. Mathew. 2013. *Short communication:* Glucose infusion into early postpartum cows defines an upper physiological set point for blood glucose and causes rapid and reversible changes in blood hormones and metabolites. *J Dairy Sci*, 96, 5762-5768.
- Mader, T. L. 2003. Environmental stress in confined beef cattle¹. *animasci*, 81, E110-E119.
- Mader, T. L. & M. S. Davis. 2004. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake¹. *J. Anim. Sci.*, 82, 3077-3087.
- Mader, T. L., M. S. Davis & T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle¹². *J. Anim. Sci.*, 84, 712-719.

- Mader, T. L., L. J. Johnson & J. B. Gaughan. 2010. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals¹. *J. Anim. Sci.*, 88, 2153-2165.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, J. B. Morgan, L. A. Sinclari & R. G. Wilkinson. 2010. *Animal nutrition*. Harlow, Essex. New York: Longman; Copublished in the U.S. with J. Wiley.
- McLeod, K. R., R. L. Baldwin, M. B. Solomon & R. G. Baumann. 2007a. Influence of ruminal and postruminal carbohydrate infusion on visceral organ mass and adipose tissue accretion in growing beef steers¹. *J. Anim. Sci.*, 85, 2256-2270.
- McLeod, K. R., R. L. t. Baldwin, M. B. Solomon & R. G. Baumann. 2007b. Influence of ruminal and postruminal carbohydrate infusion on visceral organ mass and adipose tissue accretion in growing beef steers. *J Anim Sci*, 85, 2256-70.
- Nichols, K., J. J. M. Kim, M. Carson, J. A. Metcalf, J. P. Cant & J. Doelman. 2016. Glucose supplementation stimulates peripheral branched-chain amino acid catabolism in lactating dairy cows during essential amino acid infusions. *J Dairy Sci*, 99, 1145-1160.
- NRC. 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle 7th Revised Edition*. Washington, D.C: National Academy Press.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Revised Edition*. Washington D.C: National Accademy Press.
- O'Brien, M. D., R. P. Rhoads, S. R. Sanders, G. C. Duff & L. H. Baumgard. 2010. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domest Anim Endocrinol*, 38, 86-94.
- O'Brien. M. D, W. J. B., Baumgard. L.H. , Rhoads. L.H. , Duff. G.C., Bilby, T.R. , Collier. R.J. , and Rhoads R.P. 2008. The Effects of Heat Stress on Production, Metabolism and Energetics of Lactating and Growing Cattle. *Florida Ruminant Nutrition Symposium, Best Western Gateway Grand • Gainesville, FL.*

- Orskov, E. R., D. E. Meehan, MacLeod N. A. & D. J. Kyle. 1999. Effects of glucose supply on fasting nitrogen excretion and effect of level and type of volatile fatty acid on response to protein infusion in cattle. . *Br. J. Nutr*, 389–393.
- Overton, T. R. & M. R. Waldron. 2004. Nutritional Management of Transition Dairy Cows: Strategies to Optimize Metabolic Health. *J Dairy Sci*, 87, E105-E119.
- Owens, F. N. & R. A. Zinn. 2005. Corn grain for cattle: Influence of processing on site and extent of digestion. In *Grain processing conference*, 86-112. Southwest Nutrition Conference: Caabi.
- Relling, A. E & G. Mattioli. 2013. Fisiología digestiva y metabólica de los Rumiantes. Impreso en Argentina. CCB Academic Press.
- Relling, A. E., L. A. Crompton, S. C. Loerch & C. K. Reynolds. 2014. Short communication: Plasma concentration of glucose-dependent insulintropic polypeptide may regulate milk energy production in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 97, 2440-2443.
- Reynolds, C. K. 2005. Glucose Balance In Cattle. In *Florida Ruminant Nutrition Symposium*. Best Western Gateway Grand, Gainesville, Florida.
- Reynolds, C. K., S. B. Cammell, D. J. Humphries, D. E. Beever, J. D. Sutton & J. R. Newbold. 2001. Effects of Postrumen Starch Infusion on Milk Production and Energy Metabolism in Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 84, 2250-2259.
- Rhoades, R. D., J. E. Sawyer, C. H. Ponce, D. K. Lunt & S. B. Smith. 2009. Substrate utilization and dose response to insulin by subcutaneous adipose tissue of Angus steers fed corn- or hay-based diets. *J. Anim. Sci.*, 87, 2338-2345.
- Rhoads, M. L., J. W. Kim, R. J. Collier, B. A. Crooker, Y. R. Boisclair, L. H. Baumgard & R. P. Rhoads. 2010. Effects of heat stress and nutrition on lactating Holstein cows: II. Aspects of hepatic growth hormone responsiveness. *J Dairy Sci*, 93, 170-9.
- Rhoads, M. L., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, R. J. Collier, S. R. Sanders, W. J. Weber, B. A. Crooker & L. H. Baumgard. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on

- lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J Dairy Sci*, 92, 1986-97.
- Rhoads, R. P., L. H. Baumgard & J. K. Suagee. 2013. 2011 AND 2012 EARLY CAREERS ACHIEVEMENT AWARDS: Metabolic priorities during heat stress with an emphasis on skeletal muscle¹². *J. Anim. Sci.*, 91, 2492-2503.
- Rodriguez, S. M., K. C. Guimaraes, J. C. Matthews, K. R. McLeod, R. L. t. Baldwin & D. L. Harmon. 2004. Influence of abomasal carbohydrates on small intestinal sodium-dependent glucose cotransporter activity and abundance in steers. *J Anim Sci*, 82, 3015-23.
- Russell, J. B., J. D. O'Connor, D. G. Fox, P. J. Van Soest & C. J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J Anim Sci*, 70, 3551-61.
- Schroeder, G. F., E. C. Titgemeyer, M. S. Awawdeh, J. S. Smith & D. P. Gnad. 2006a. Effects of energy level on methionine utilization by growing steers. *J Anim Sci*, 84, 1497-504.
- Schroeder, G. F., E. C. Titgemeyer, M. S. Awawdeh, J. S. Smith & D. P. Gnad. 2006b. Effects of energy source on methionine utilization by growing steers. *J Anim Sci*, 84, 1505-11.
- Schroeder, G. F., E. C. Titgemeyer & E. S. Moore. 2007. Effects of energy supply on leucine utilization by growing steers at two body weights¹. *J Anim Sci*, 85.
- Sibbald, I. R. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. 1976. *Poultry Science* 55:303-308.
- Smith, S. B. & J. D. Crouse. 1984 Relative contributions of acetate, lactate and glucose to lipogenesis in bovine intramuscular and subcutaneous adipose tissue. *J Nutr*, 114, 792-800.

- Suryawan, A., R. A. Orellana, M. L. Fiorotto & T. A. Davis. 2011. TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM: Leucine acts as a nutrient signal to stimulate protein synthesis in neonatal pigs. *J Anim Sci*, 89, 2004-2016.
- Sutton, J. D. 1989. Altering Milk Composition by Feeding. *J Dairy Sci*, 72, 2801-2814.
- Swanson, K. C., J. A. Benson, J. C. Matthews & D. L. Harmon. 2004. Pancreatic exocrine secretion and plasma concentration of some gastrointestinal hormones in response to abomasal infusion of starch hydrolyzate and/or casein. *J Anim Sci*, 82, 1781-7.
- Titgemeyer, E. C. 2003. Amino acid utilization by growing and finishing ruminants. In *Amino Acids in Animal Nutrition 2nd ed* ed. J. P. F. D'Mello, 329–346 Wallingford, UK.: CAB International.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Comstock Pub.
- Vazquez-Añon, M., S. Bertics, M. Luck, R. R. Grummer & J. Pinheiro. 1994. Peripartum Liver Triglyceride and Plasma Metabolites In Dairy Cows. *J Dairy Sci*, 77, 1521-1528.
- Walker, J. A. & D. L. Harmon. 1995. Influence of ruminal or abomasal starch hydrolysate infusion on pancreatic exocrine secretion and blood glucose and insulin concentrations in steers. *J Anim Sci*, 73, 3766-3774.
- Wertz-Lutz, A. E., T. J. Knight, R. H. Pritchard, J. A. Daniel, J. A. Clapper, A. J. Smart, A. Trenkle & D. C. Beitz. 2006. Circulating ghrelin concentrations fluctuate relative to nutritional status and influence feeding behavior in cattle. *J Anim Sci*, 84, 3285-3300.
- Wheelock, J. B., R. P. Rhoads, M. J. Vanbaale, S. R. Sanders & L. H. Baumgard. 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J Dairy Sci*, 93, 644-55.

Capítulo 7 Tablas y Figuras

7.1 Tablas

Tabla 1: Composición química de la dieta basal y los carbohidratos protegidos de degradación ruminal (RUPCA) o el suplemento y la dieta final al comedero para terneras en crecimiento alimentadas con dietas bajas en concentración proteica (todos los valores están en base seca).	70
Tabla 2: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS), peso corporal (PC), ganancia de peso diaria (GPD), eficiencia de conversión (G:F), tasa de engrasamiento (TE) y espesor de grasa dorsal en la doceava costilla medida el día 84 (EGD) para terneras en crecimiento alimentadas con dietas bajas en concentración proteica.	71
Tabla 3: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de glucosa en sangre y la concentración en plasma de insulina, NEFA y urea para terneras en crecimiento alimentadas con dietas bajas en concentración proteica.	72
Tabla 4: Composición química de la dieta basal y los carbohidratos protegidos de degradación ruminal (RUPCA) o el suplemento en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano (todos los valores están en base seca). ...	73
Tabla 5: Composición química de las dietas experimentales obtenidas de muestreos de comedero de los diferentes tratamientos en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano.	74
Tabla 6: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el índice de jadeo promedio cuando el ITH > 70, en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano.	75
Tabla 7: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS), peso corporal (PC), ganancia de peso diaria (GPD), eficiencia de conversión (G:F), espesor de grasa dorsal en la doceava costilla medida el día 62 (EGD) y el área de ojo de bife medida el día 62 (AOB) para novillos en terminación sometidos a condición de estrés por calor en verano.	76
Tabla 8: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de glucosa en sangre y la concentración en plasma de insulina, ácidos grasos no esterificados (NEFA) y urea, en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en el verano.	77
Tabla 9: : Composición química de la dieta basal y los carbohidratos protegidos de degradación ruminal (RUPCA) o el suplemento (todos los valores están en base seca). en vacas de leche alimentadas durante un periodo de 28d después del parto (todos los valores están en base seca).	78
Tabla 10: Composición química de las dietas experimentales obtenidas de muestreos de comedero de los diferentes tratamientos en vacas de leche alimentadas durante un periodo de 28d después del parto.	79
Tabla 11: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS), energía neta de lactación (Enl), litros de leche corregidos al 3,5%, % y kg de grasa, % y kg de proteína, % y kg de lactosa y % y kg de sólidos totales en vacas de leche alimentadas durante un periodo de 28d después del parto.	80

Tabla 12: : Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el peso, condición corporal, y glucosa en sangre en vacas de leche alimentadas durante un periodo de 28d después del parto 81

Tabla 1: Composición química de la dieta basal y los carbohidratos protegidos de degradación ruminal (RUPCA) o el suplemento y la dieta final al comedero para terneras en crecimiento alimentadas con dietas bajas en concentración proteica (todos los valores están en base seca).

Ingredientes	Dieta Basal	Suplemento/ RUPCA ¹		Dieta Final a comedero
Silo de maíz, %	47,13			38,8
Maíz partido seco, %	50,43			41,5
Harina de girasol, %				
Harina de soja, %		58,1		10,01
Dextrosa, %		38,9		6,88
Urea, %		2,8		0,33
Vitaminas y Minerales ² , %	2,2			2
Sales minerales ³ , %		1,2		0,48
Total	100	100		100
Dieta MS, %	49,1	90,3	85,7	49,1
PB, % MS	7	28,3	27,8	11
FDA, % MS	18	5,7	14,4	16
FDN, % MS	30	15,4	28,8	28
EE, % MS	3	2,3	2,8	3
CENIZAS, % MS	6	5,4	4,5	6

¹: El suplemento y RUPCA difieren en el procesado del carbohidrato (ej., protegido o no de degradación ruminal). La diferencia en los valores de análisis químico es debido a la protección ruminal.

²:Minerales : Ca 27.74%, Mg 0.62%, Na 9.26% , Co 6.17 ppm, Cu 555 ppm, I 30,86 ppm, Mn 2037 ppm ,Se 18,52 ppm, Zinc 2592 ppm, Monensin 1,03%

³: Sales Minerales : Bicarbonato de Na 35g, K₂HPO₄ 6g, KH₂PO₄ 4.5g, (OH)Na 10g.

Tabla 2: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS), peso corporal (PC), ganancia de peso diaria (GPD), eficiencia de conversión (G:F), tasa de engrasamiento (TE) y espesor de grasa dorsal en la doceava costilla medida el día 84 (EGD) para terneras en crecimiento alimentadas con dietas bajas en concentración proteica.

Item	RPC-0	RPC-0.5	RPC-1.0	EEM	Valores P		
					Trt	día	Trt×d
CMS, kg-d	6,86a	5,89b	6,82a	0,062	<0,0001	<0,0001	0,02
Peso Inicial, kg-anim	136,6	136,3	136,3				
Peso d 21, kg-anim	162,1	156,6	157,4				
Peso d 42, kg-anim	186,7	188,3	191,2	0,78	0,04	<0,0001	0,19
Peso d 63, kg-anim	212,2	209,7	215,4				
Peso Final, kg-anim	236,1	232,8	237,0				
ADG, kg-d	1,18	1,13	1,19	0,03	0,21	<0,0001	<0,0001
G:F, kg-kg	0,160a	0,202b	0,177ab	0,01	0,0003	<0,0001	<0,0001
TE, mm-d	0,062	0,064	0,061	0,0025	0,68		
EGD día 84, mm	5,55	5,63	5,53	1,10	0,8		

Tabla 3: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de glucosa en sangre y la concentración en plasma de insulina, NEFA y urea para terneras en crecimiento alimentadas con dietas bajas en concentración proteica.

Item	RPC-0	RPC-0.5	RPC-1.0	EEM	Valores P		
					Trt	día	Trt×d
Glucosa, mg-dl	90,16	91,58	91,19	3,52	0,912	<0,0001	0,92
Insulina, µ-dl	0,264	0,263	0,236	0,0527	0,82	0,016	0,72
NEFA, mM	200,8	187,9	181,3	18,74	0,54	0,0025	0,42
Urea, g-l	0,15	0,13	0,15	0,010	0,36	<0,0001	0,39

Tabla 4: Composición química de la dieta basal y los carbohidratos protegidos de degradación ruminal (RUPCA) o el suplemento en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano (todos los valores están en base seca).

Ingredientes	Dieta Basal	Suplemento o RUPCA ¹
Silo de maíz, %	24,4	
Maíz partido seco, %	72,2	
Harina de girasol, %	0,7	
Harina de soja, %		58,1
Dextrosa, %		38,9
Urea, %	0,55	02,8
Vitaminas y Minerales ² , %	2,2	
Sales minerales ³ , %		1,2
Total	100	100
Dieta MS, %	57,5	85,7
PB, % MS		27,8
FDA, % MS	14,9	14,4
FDN, % MS	31,7	28,8
EE, % MS	2,9	04,5
CENIZAS, % MS	4,4	2,8

¹: El suplemento y RUPCA difieren en el procesado del carbohidrato (ej., protegido o no de degradación ruminal).

²:Minerales : Ca 27.74%, Mg 0.62%, Na 9.26% , Co 6.17 ppm, Cu 555 ppm, I 30,86 ppm, Mn 2037 ppm ,Se 18,52 ppm, Zinc 2592 ppm, Monensina 1,03%

³: Sales Minerales: Bicarbonato de Na 35g, K₂HPO₄ 6g, KH₂PO₄ 4.5g, Na(OH) 10g.

Tabla 5: Composición química de las dietas experimentales obtenidas de muestreos de comedero de los diferentes tratamientos en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano.

	Tratamientos		
	RPC-0 ¹	RPC-0.5 ²	RPC- 1.0 ³
Dieta, % MS	57,2	58,3	57,1
PB % MS	9,8	10,5	10,1
FDA, % MS	14,9	13,4	15,5
FDN, % MS	31,7	30,2	32,3
EE, % MS	3,0	2,7	3,2
CENIZAS, % MS	4,1	4,7	4,5

¹ RPC-0: Novillos alimentados con dieta base + 1kg de suplemento (MS) (58.1% harina de soja, 38.9% dextrosa, 2% urea y 1% sales minerales, sin protección ruminal)

² RPC-0.5: Novillos alimentados con dieta base + 0,5kg de suplemento (MS) y 0,5kg de RUPCA

³ RPC-1.0: Novillos alimentados con Dieta basal + 1 kg de RUPCA (MS)

Tabla 6: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el índice de jadeo promedio cuando el ITH > 70, en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano.

Item	RPC-0	RPC-0.5	RPC-1	EEM	Valores P		
					Trt	día	Trt×d
Índice de Jadeo ¹ 0-4 THI> 70	1,14	1,17	1,13	0,015	0,14	<0,0001	0,98

¹ Índice de Jadeo:

0-Respiración Normal, entre 60 y 90 respiraciones por minuto

1-Respiración elevada, entre 80 y 110 respiraciones por minuto

2-Jadeo moderado y presencia de pequeño hilo de saliva que se nota en la boca, entre 100 y 130 respiraciones por minuto

3-Jadeo más pronunciado con la boca abierta con bastante saliva presente, 120 a 140 respiraciones por minuto

4-Jadeo excesivamente pronunciado, con la boca abierta, con la lengua afuera y cantidades profusas de saliva generalmente con el cuello extendido

Tabla 7: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS), peso corporal (PC), ganancia de peso diaria (GPD), eficiencia de conversión (G:F), espesor de grasa dorsal en la doceava costilla medida el día 62 (EGD) y el área de ojo de bife medida el día 62 (AOB) para novillos en terminación sometidos a condición de estrés por calor en verano.

Item	RPC-0	RPC-0.5	RPC-1.0	EEM	Valores P		
					Trt	día	Trt×d
CMS, kg-anim-d	9,9a	9,8a	10,0b	0,07	<0,01	<0,01	<0,01
Peso inicial, kg-anim	281	285	284				
Peso 15d, kg-anim	301	303	302	1,6	0,06	<0,01	0,76
Peso 39d, kg-anim	332	338	333				
Peso final 62d, kg-anim	350	355	352				
GPD, kg-d	1,00	1,11	1,07	0,065	0,38	<0,01	0,04
G:F, kg-kg	0,105	0,12	0,109	0,005	0,32	<0,01	<0,01
EGD (62d), mm	0,59	0,6	0,6	0,015	0,82		
AOB (62d), cm ²	57,39	54,56	56,56	0,967	0,15		

Tabla 8: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de glucosa en sangre y la concentración en plasma de insulina, ácidos grasos no esterificados (NEFA) y urea, en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en el verano.

Item	RPC-0	RPC-0.5	RPC-1.0	EEM	Valores P		
					Trt	día	Trt×d
Glucosa, mg-dl	88a	83b	83b	2,4	0,03	<0,0001	0,35
Insulina , μ -dl	0,62	0,68	0,68	0,056	0,69	0,0014	0,01
NEFA, mM	184	191	161	17,2	0,42	<0,0001	0,5
Urea, mg-dl	24	27	22	0,1	0,15	<0,0001	0,02

Tabla 9: : Composición química de la dieta basal y los carbohidratos protegidos de degradación ruminal (RUPCA) o el suplemento (todos los valores están en base seca). en vacas lecheras alimentadas durante un periodo de 28d después del parto (todos los valores están en base seca).

Ingredientes	Dieta Basal	Suplemento o RUPCA ¹	
Silo de Maíz, % MS	36		
Heno de Alfalfa, % MS	22,3		
Maíz molido, % MS	26,1		
Soja Poroto, % MS	8,5		
Extrusado de Soja, % MS	4,6		
Harina de Soja, % MS		58,1	
Dextrosa, % MS		38,9	
Urea, % MS		1,8	
Sales minerales, % MS			
Vitaminas y Minerales ² , % MS	2,5		
Sales Minerales ³ , % MS		1,2	
RUPCA/Suplemento, % MS			
Total	100	100	
Análisis Químico	Dieta Base	Suplemento	RUPCA
Dieta Ms, %	41,42	90,26	85,71
PB, % MS	14,29	28,3	27,85
FDN, % MS	34,7	15,38	28,79
FDA, % MS	19,28	5,69	14,35
LDA, %MS	3,58		
EE, % MS	7,37	2,25	2,85
Cenizas, % DM	8,03	5,4	4,52

¹: El suplemento y RUPCA difieren en el procesado del carbohidrato (ej., protegido o no de degradación ruminal).

²:Minerales : Ca 27.74%, Mg 0.62%, Na 9.26% , Co 6.17 ppm, Cu 555 ppm, I 30,86 ppm, Mn 2037 ppm ,Se 18,52 ppm, Zinc 2592 ppm, Monensina 1,03%

³: Sales Minerales : Bicarbonato de Na 35g, K₂HPO₄ 6g, KH₂PO₄ 4.5g, Na(OH) 10g

Tabla 10: Composición química de las dietas experimentales obtenidas de muestreos de comedero de los diferentes tratamientos en vacas lecheras alimentadas durante un periodo de 28d después del parto.

	Tratamientos		
	RPC-0 ¹	RPC-1.0 ²	RPC- 2.0 ³
Dieta ⁴ , % MS	49,2	50,08	49,38
PB % MS	16,13	16,04	15,96
FDA, % MS	18,42	19,08	19,8
FDN, % MS	32,95	33,77	34,65
EE, % MS	3,0	2,7	3,2
LDA, % MS	3,62	4,31	4,14
CENIZAS, % MS	7,44	7,5	7,67

¹ RPC-0: Vacas alimentadas con dieta base + 2kg de suplemento (58.1% harina de soja, 38.9% dextrosa, 2% urea and 1% sales minerales (base seca), sin protección ruminal)

² RPC-0.5: Vacas alimentadas con dieta base + 1kg de suplemento y 1kg de RUPCA

³ RPC-1.0: Vacas alimentadas con Dieta basal + 2 kg de RUPCA

⁴ La composición de la dieta a comedero fue silo de Maíz 31,4%, heno de Alfalfa 19,4%, maíz partido 22,8%, soja poroto 7,4%, extrusado de Soja 4%, minerales y vitaminas 4,3%, RUPCA o Suplemento 10,7%

Tabla 11: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS), energía neta de lactación (Enl), litros lecheras corregidos al 3,5%, % y kg de grasa, % y kg de proteína, % y kg de lactosa y % y kg de sólidos totales en vacas lecheras alimentadas durante un periodo de 28d después del parto.

	RPC-0	RPC-1.0	RPC-2.0	EEM	Valor-P			Contrastes	
					Trt	Día	Trt×d	T0 vs T1+T2	T1 vs T2
CMS, kg MS-d	18,95a	20,01b	20,88c	0,266	<0,001	<0,001	0,05	<0,001	0,02
Producción de Leche									
Enl, Mcal Enl-d	27,6	31,2	35,3	5,11	0,15	< 0,05	0,98	0,07	0,08
Litros 3,5%, l-vaca-d	37,0	40,5	45,9	6,46	0,17	0,36	0,99	0,1	0,06
Sólidos en Leche, %									
Grasa, %	4,07	4,15	4,21	0,116	0,64	0,001	0,98	0,4	0,7
Proteína, %	3,38	3,48	3,48	0,041	0,09	<0,001	0,97	0,03	0,07
Lactosa, %	4,71a	4,95b	4,88b	0,027	<0,001	0,02	0,97	<0,001	0,09
Sólidos Totales, %	12,90a	13,31b	13,32b	0,13	0,02	<0,001	0,98	< 0,01	0,99
Urea, mg-dl	21,95	21,66	21,18	0,748	0,73	< 0,01	0,94	0,54	0,64
Sólidos en Leche, kg									
Grasa, kg-d	1,52	1,76	2,04	0,324	0,11	0,08	0,966	0,05	0,06
Proteína, kg-d	1,20	1,26	1,36	0,175	0,49	0,3	0,99	0,3	0,27
Lactosa, kg-d	1,73	1,92	2,11	0,302	0,27	<0,001	0,99	<0,001	0,99
Sólidos Totales, kg-d	4,82a	5,49b	6,24b	0,649	0,02	<0,001	0,92	< 0,01	< 0,01

Tabla 12: : Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el peso, condición corporal, y glucosa en sangre en vacas lecheras alimentadas durante un periodo de 28d después del parto.

	RPC- 0	RPC- 1.0	RPC- 2.0	SEM	Valor-P			Contastes	
					Trt	día	Trt×d	T0 vs T1+T2	T1 vs T2
Peso, kg	661a	742b	800b	75	0,02	0,57	0,99	< 0,01	0,06
Condición Corporal, (escala1-5)	3,03a	3,38ab	3,57b	0,218	< 0,01	0,11	0,85	< 0,001	0,05
Sangre									
Glucosa, mg-dl	39,3	45,28	42,36	1,756	0,07	0,04	0,7	<0,05	0,23

7.2 Figuras

Figura 1: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS) en terneras en crecimiento sometidas a dietas bajas en concentración proteica.....	83
Figura 2: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la ganancia de peso diario (GPD) en terneras en crecimiento sometidas a dietas bajas en concentración proteica.....	84
Figura 3: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la eficiencia de conversión (G:F) medida como kg engordado dividido por comida consumida en terneras en crecimiento sometidas a dietas bajas en concentración proteica.	85
Figura 4: Índice de temperatura y humedad (ITH) durante los días que duró el experimento. Se muestra en la figura también el ITH=70 y los 3 periodos en los que se dividió el experimento para coincidir con los muestreos de peso y sangre junto con los ITH promedio, máximo, mínimo y la cantidad de días donde el ITH supero 70.....	86
Figura 5: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS) en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano..	87
Figura 6: : Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la ganancia de peso diaria (GPD) en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano	88
Figura 7: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la eficiencia de conversión (G:F) en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano	89
Figura 8: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de glucosa (mg-dl) en sangre en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano	90
Figura 9: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de insulina (ng-dl) en plasma en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano	91
Figura 10: : Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de urea (mg-dl) en plasma en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano	92
Figura 11: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de NEFA (mM) en plasma en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano	93
Figura 12: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS), en vacas de leche alimentadas durante 28d después del parto.	94

Figura 1: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS) en terneras en crecimiento sometidas a dietas bajas en concentración proteica. Los datos se presentan como medias mínimas significativas y EEM. *P<0.001.

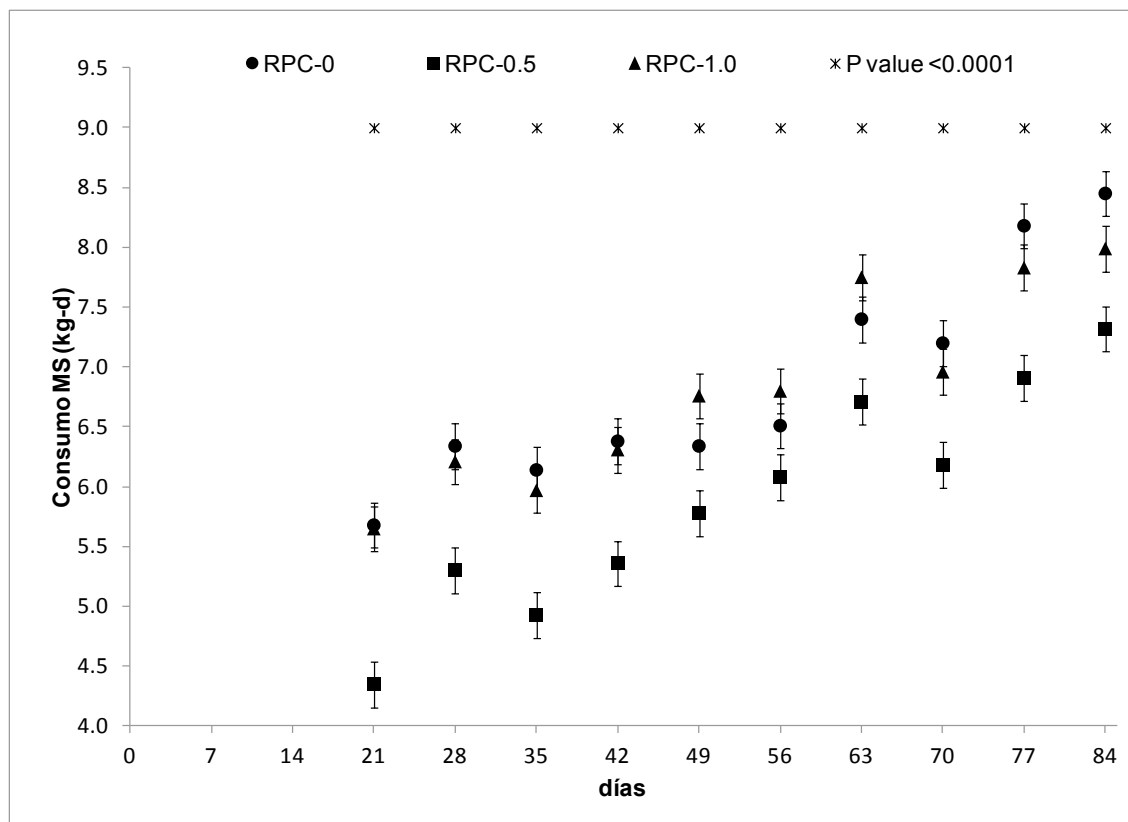


Figura 2: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la ganancia de peso diario (GPD) en terneras en crecimiento sometidas a dietas bajas en concentración proteica. Los datos se presentan como medias mínimas significativas y EEM. * P<0.001

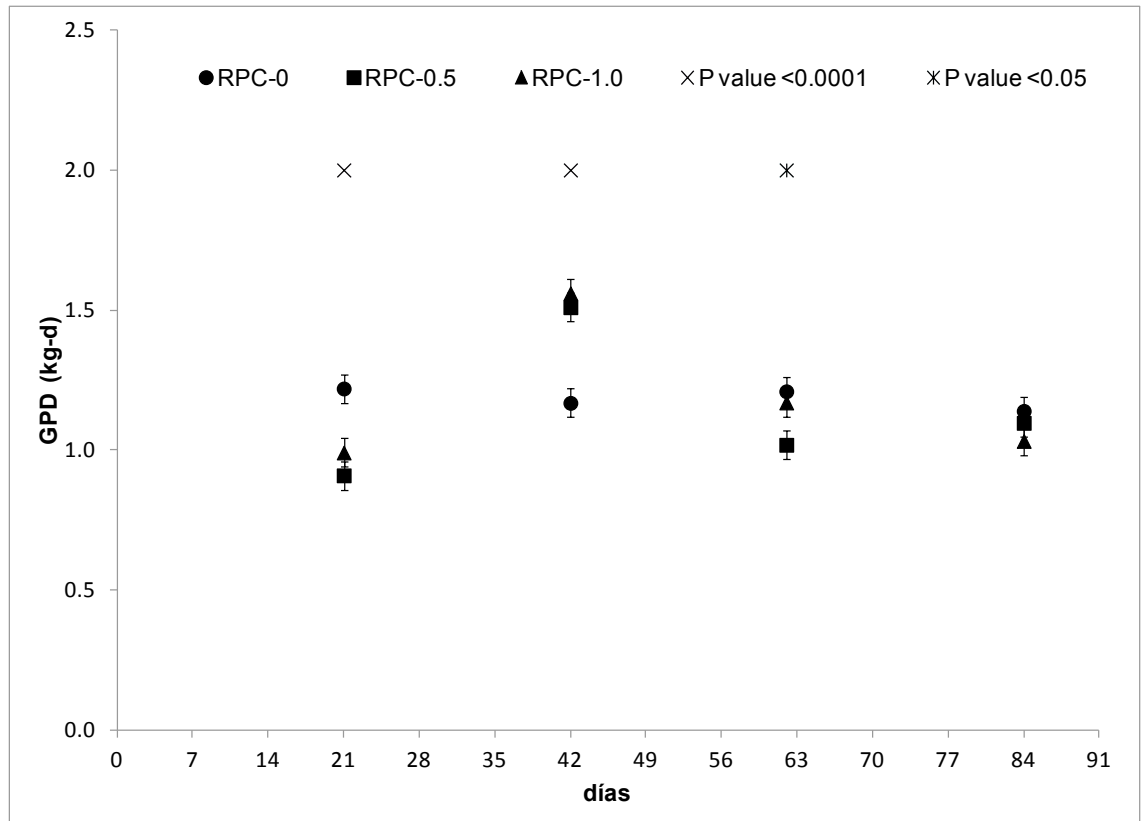


Figura 3: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la eficiencia de conversión (G:F) medida como kg engordado dividido por comida consumida en terneras en crecimiento sometidas a dietas bajas en concentración proteica. Los datos se presentan como medias mínimas significativas y EEM. × P<0.001

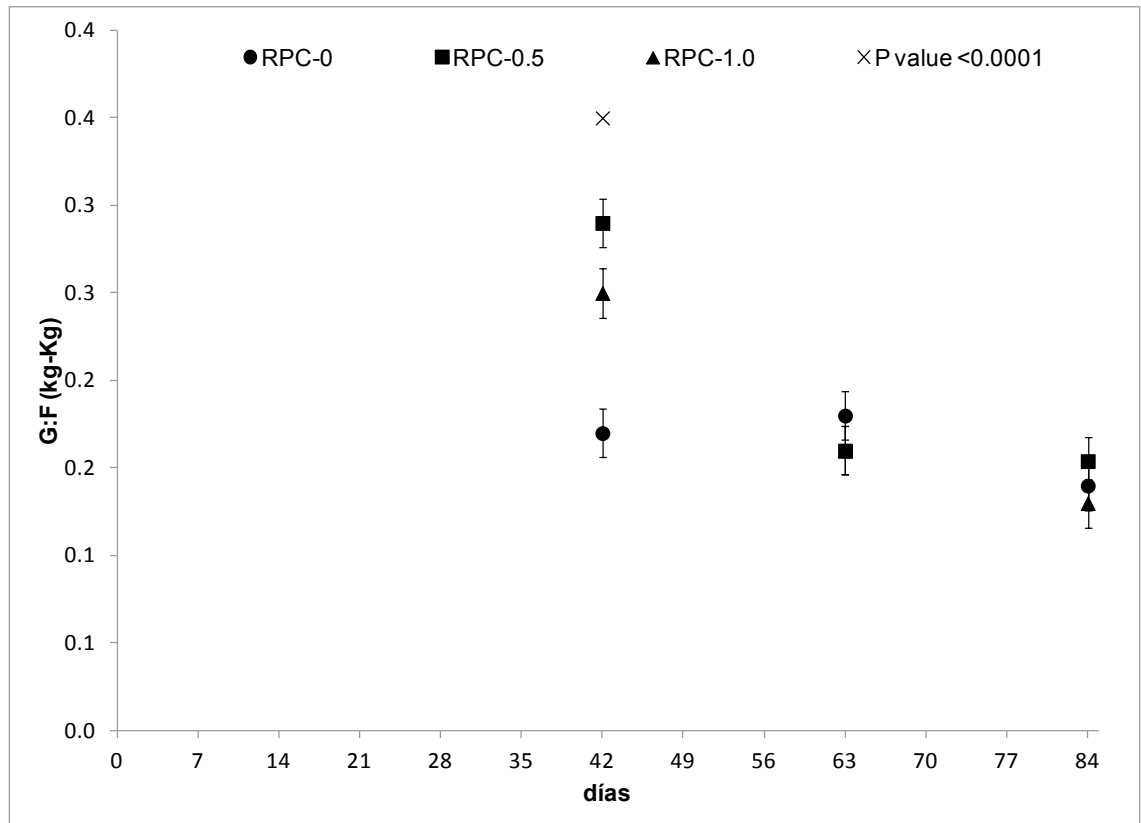


Figura 4: Índice de temperatura y humedad (ITH) durante los días que duró el experimento. Se muestra en la figura también el ITH=70 y los 3 periodos en los que se dividió el experimento para coincidir con los muestreos de peso y sangre junto con los ITH promedio, máximo , mínimo y la cantidad de días donde el ITH supero 70.

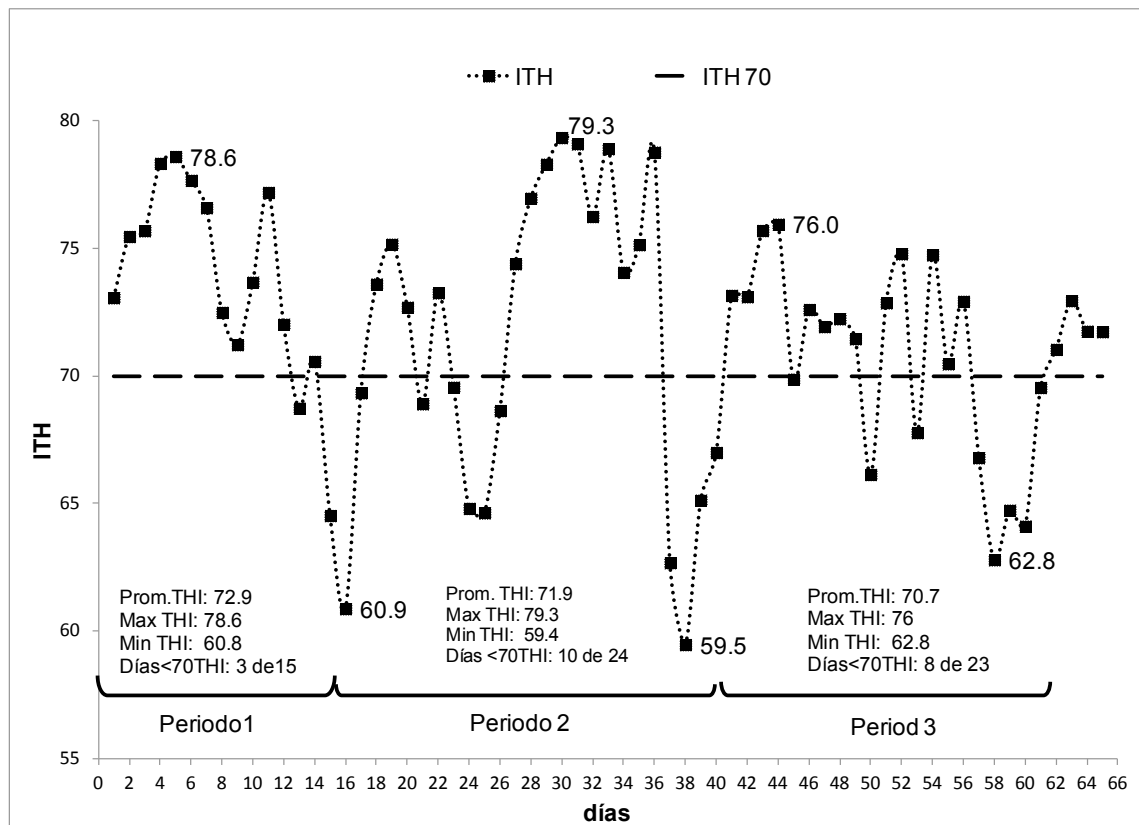


Figura 5: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS) en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano. Los datos se presentan como medias mínimas significativas y EEM. $P < 0.05$
 $*P < 0.001$

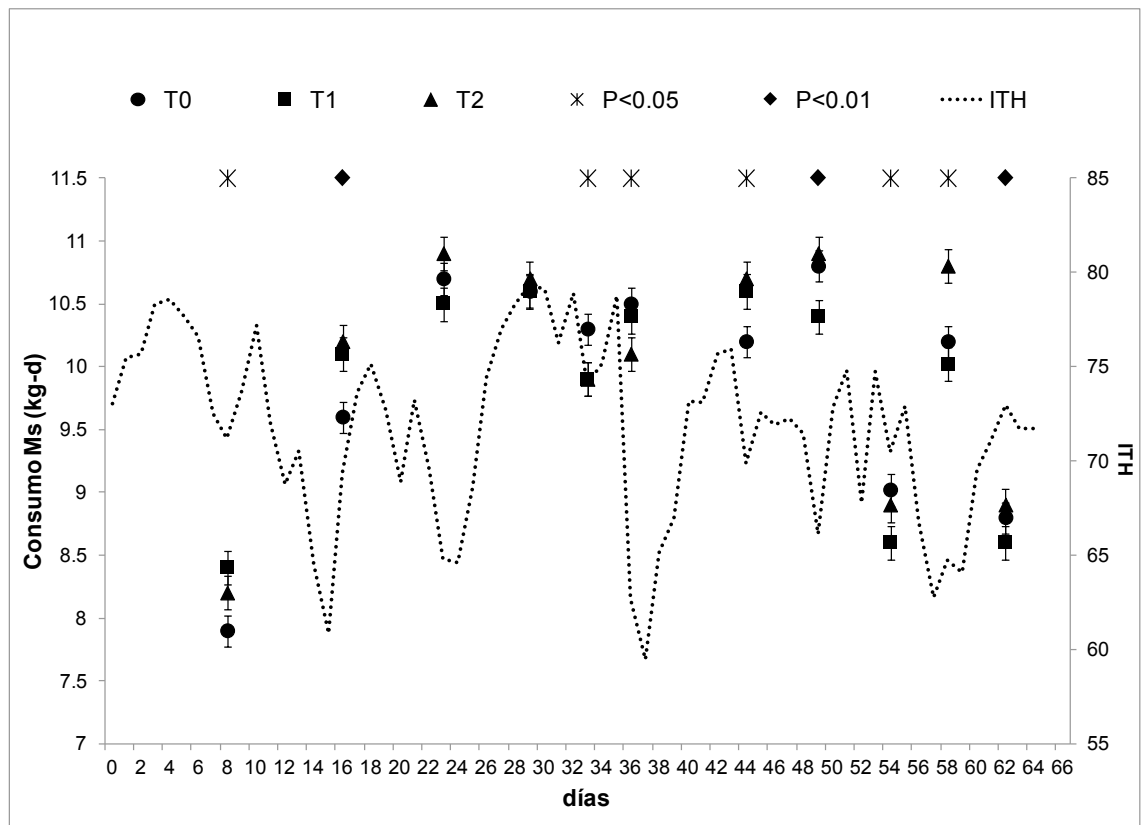


Figura 6: : Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la ganancia de peso diaria (GPD) en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano . La línea de puntos representa el ITH diario. Los datos se presentan como medias mínimas significativas y EEM. * P<0.05.

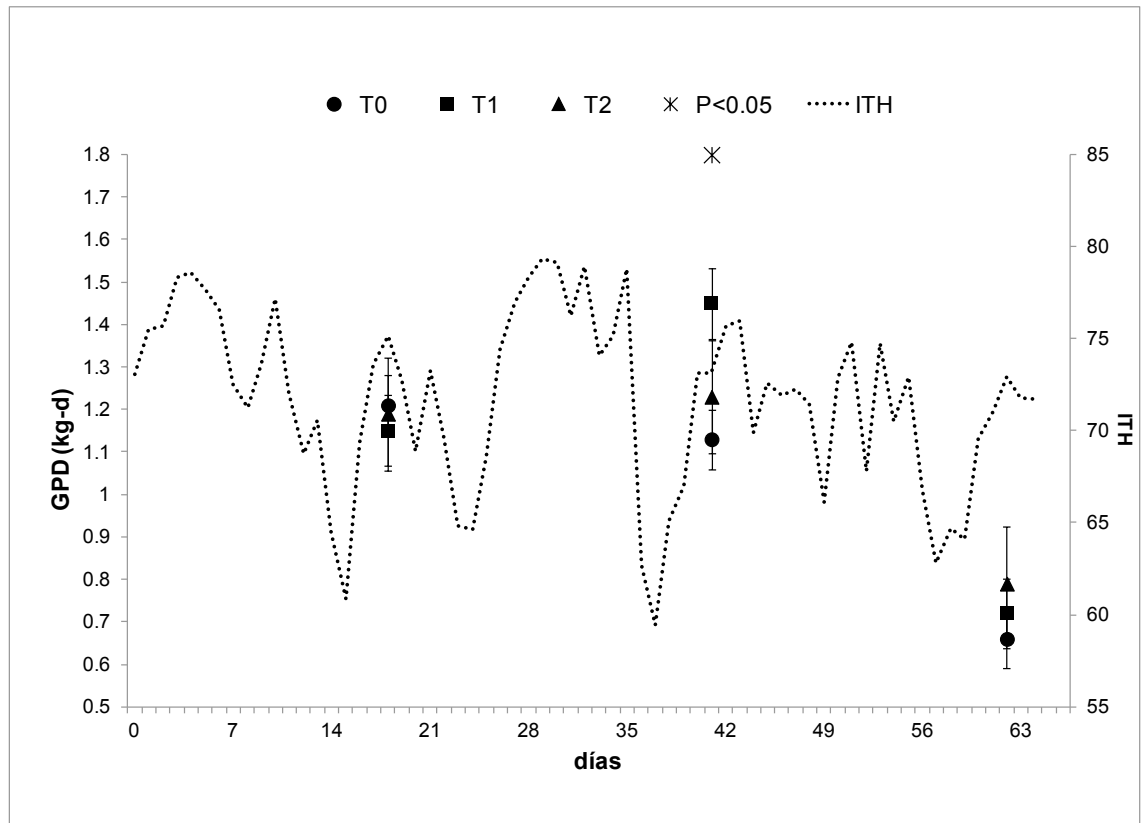


Figura 7: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la eficiencia de conversión (G:F) en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano . La línea de puntos representa el ITH diario. Los datos se presentan como medias mínimas significativas y EEM. * P<0.05.

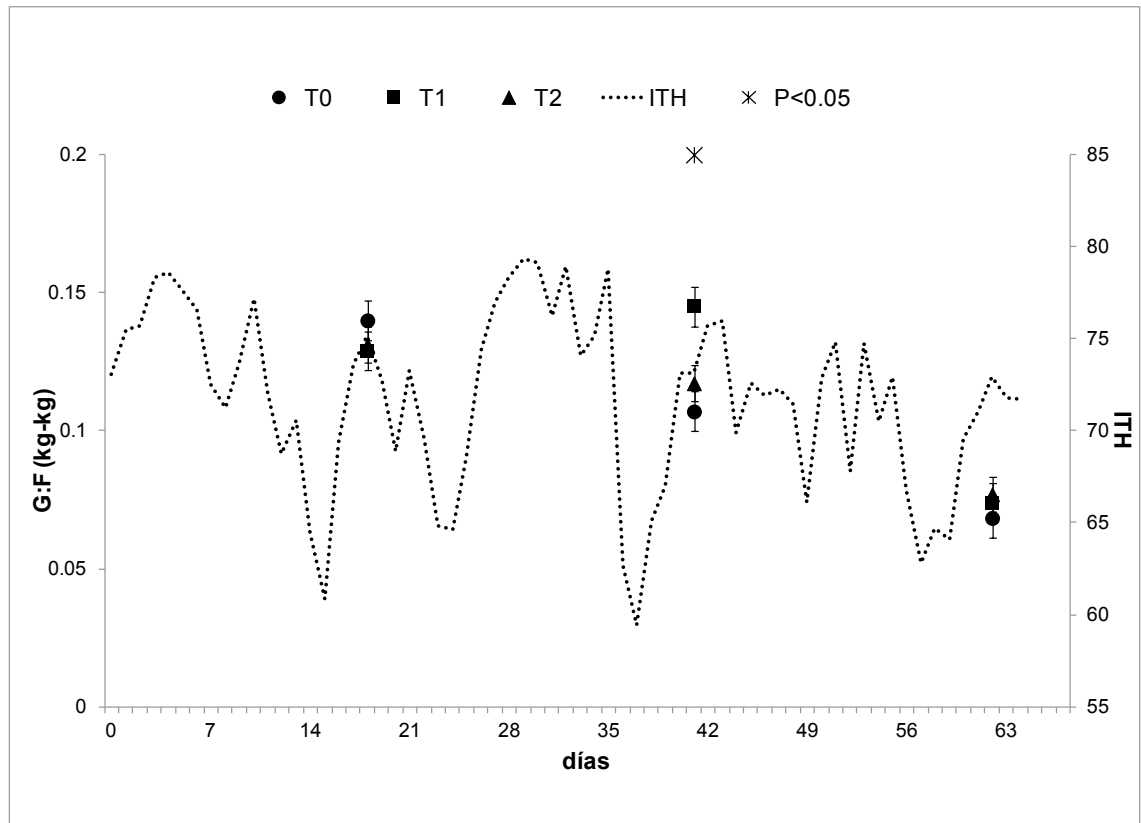


Figura 8: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de glucosa (mg-dl) en sangre en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano . La línea de puntos representa el ITH diario. Los datos se presentan como medias mínimas significativas y EEM. * P<0.05.

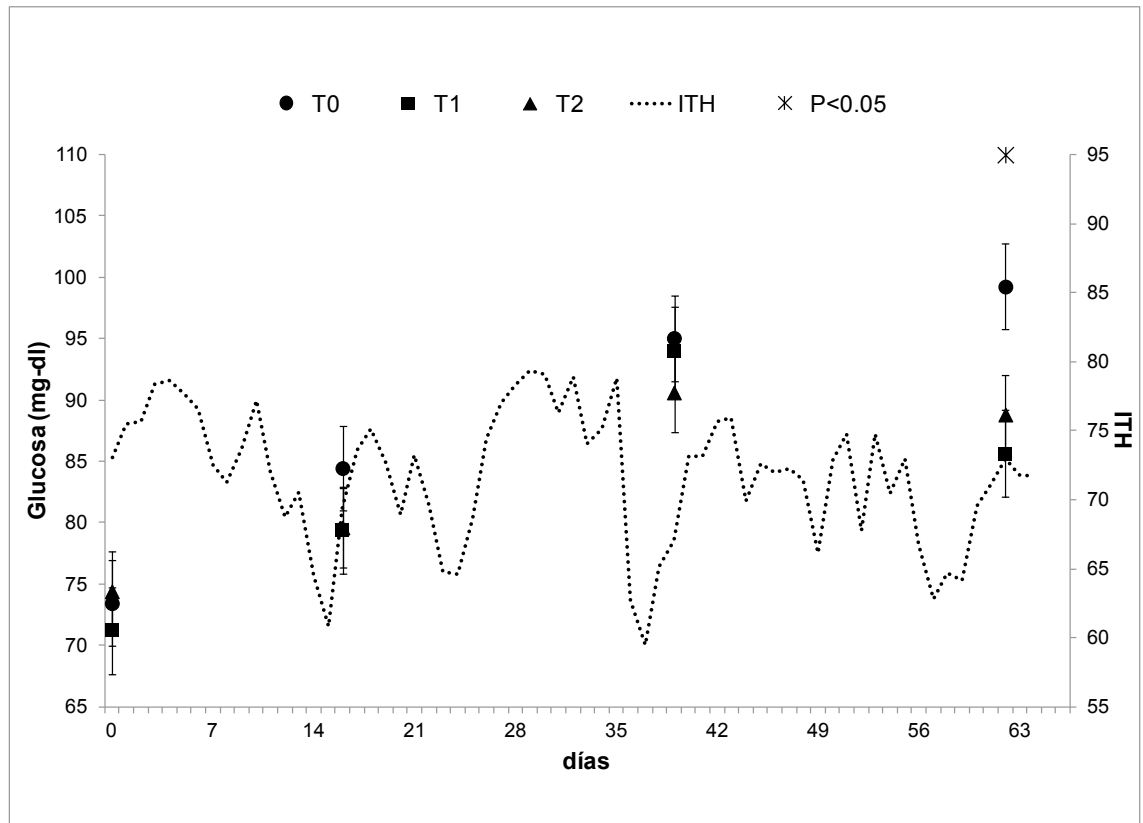


Figura 9: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de insulina (ng-dl) en plasma en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano . La línea de puntos representa el ITH diario. Los datos se presentan como medias mínimas significativas y EEM. * P<0.05.

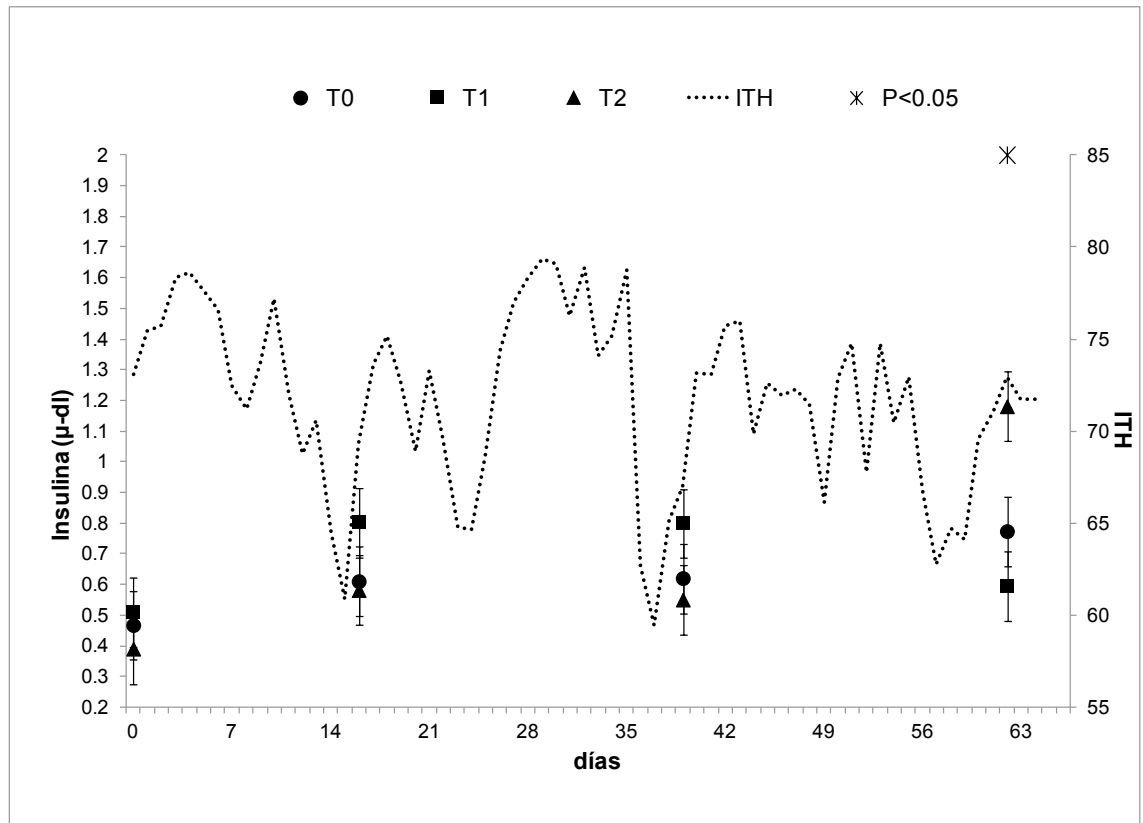


Figura 10: : Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de urea (mg-dl) en plasma en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano . La línea de puntos representa el ITH diario. Los datos se presentan como medias mínimas significativas y EEM. * P<0.05

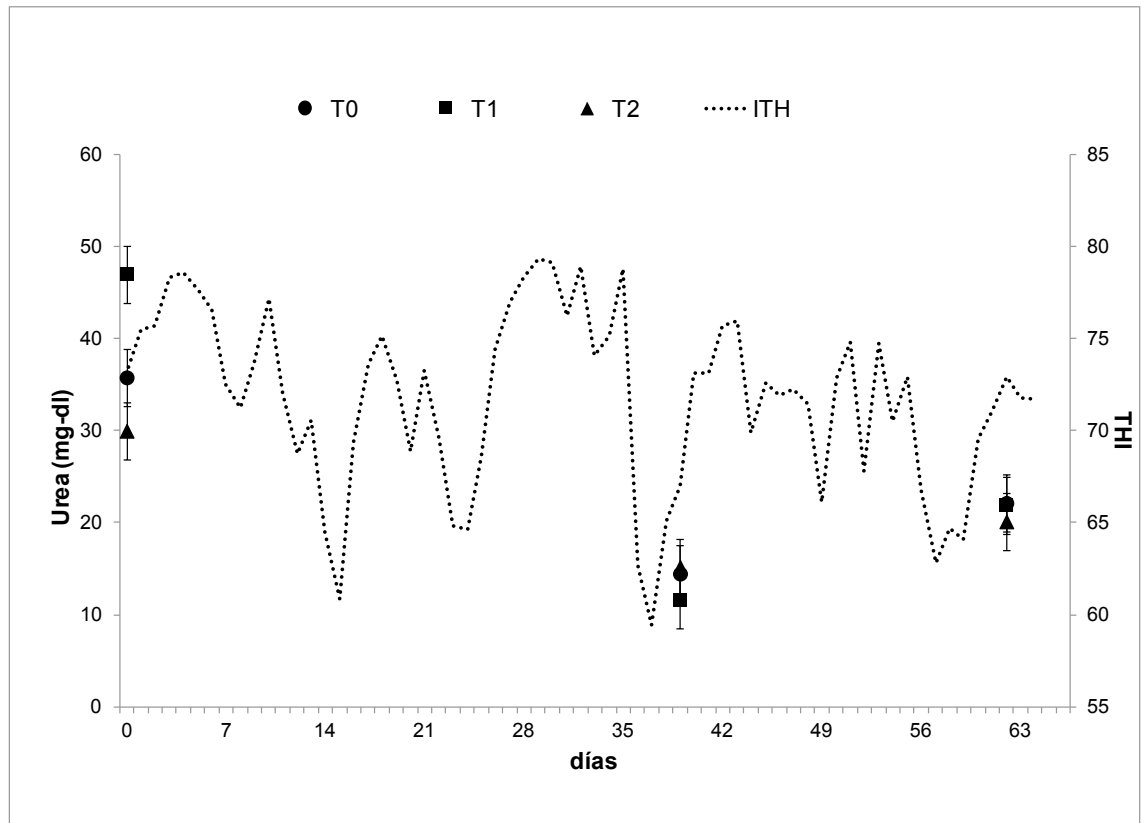


Figura 11: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre la concentración de NEFA (mM) en plasma en novillos de terminación sometidos a condiciones de estrés por calor en verano . La línea de puntos representa el ITH diario. Los datos se presentan como medias mínimas significativas y EEM. * P<0.05

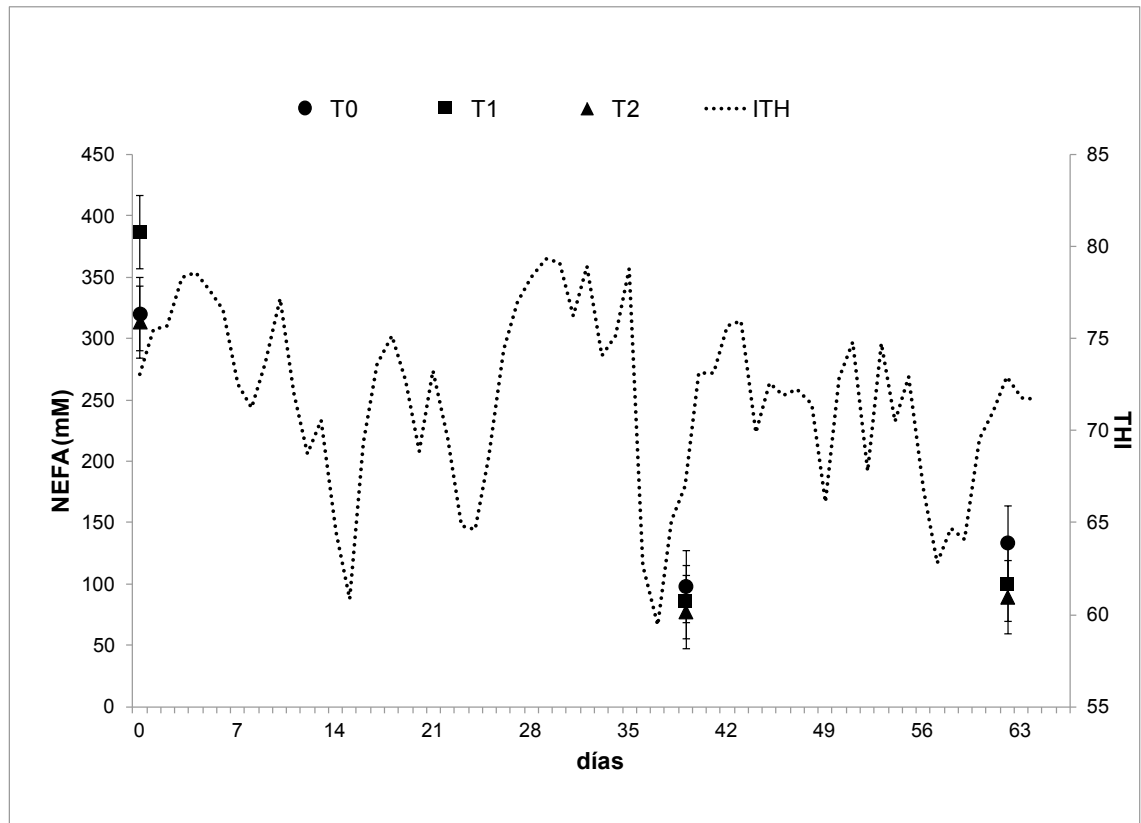


Figura 12: Efecto de la inclusión en la dieta de carbohidratos protegidos sobre el consumo de materia seca (CMS), en vacas lecheras alimentadas durante 28d después del parto. Los datos se presentan como medias mínimas significativas. * $P < 0.05$

