

Efectos de la inclusión de granos de destilería secos de maíz y rastrojo
picado de trigo en la alimentación de terneros Holando lactantes

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,
Área Producción Animal*

Georgina Paola Frossasco

Ingeniera Agrónoma - Universidad Nacional de Villa María - 2012

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Estación Experimental Agropecuaria
Manfredi



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía – Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad de Buenos Aires

COMITÉ CONSEJERO

Director de Tesis

Jorge Martínez Ferrer

Ingeniero Agrónomo (FCA - UNC)

Magister en Ciencias Agropecuarias Mención: Producción Animal (FCA- UNC)

Co-director de Tesis

Rafael Alejandro Palladino

Ingeniero Agrónomo (FAUBA)

Philosophie doctor in Animal Science (University College Dublin, Republica de Irlanda)

JURADO DE TESIS

JURADO

Fernando Bargo

Ingeniero Agrónomo (Fac. de Agronomía - UBA)

Magister Scientiae en Producción Animal (Fac. de Cs. Agrarias – UNMDP)

Ph.D. in Animal Science (The Pennsylvania State University, USA)

JURADO

Gladys Noemí Bilbao

Médico Veterinario (Fac. de Cs. Veterinarias - UNCPBA)

Magister Scientiae en Producción Animal (Fac. de Cs. Agrarias – UNMDP)

Doctora en Ciencia Animal (Fac. de Cs. Veterinarias – UNCPBA)

JURADO

María Paula Turiello

Ingeniera Agrónoma (Fac. de Agronomía y Veterinaria - UNRC)

Doctora en Ciencias Biológicas (Fac. de Cs. Exactas Físico Químicas y Naturales - UNRC)

Fecha de defensa de la tesis: 31 de agosto de 2018

DEDICATORIA

Les dedico esta tesis a mi familia por inculcarme los valores del trabajo, estudio, honestidad y la permanente superación, y a mi novio por acompañarme incondicionalmente para poder concretar este sueño.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, en especial a la Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, por permitir y financiar mi capacitación de postgrado. A la Asociación Cooperadora INTA Manfredi por brindarnos los terneros y los alimentos necesarios para realizar el ensayo.

A Jorge Martínez Ferrer y Rafael Alejandro Palladino por guiarme, formarme, aconsejarme, por todo el tiempo que me han dedicado y su muy buena predisposición.

A los docentes de la Maestría de Producción Animal de la Universidad de Buenos Aires por la formación recibida.

Al tribunal evaluador por la calidad de sus aportes, reflexiones y sugerencias que permitieron mejorar esta tesis.

A Marta Terré Trulla, María Devant, María Vidal y demás integrantes del Departamento de Producción de Rumiantes del Instituto de Investigaciones y Tecnologías Agroalimentarias (IRTA) de Caldes de Montbui (Barcelona), por brindarme la oportunidad de capacitarme junto a ellos, su cordialidad y por sus valiosos aportes y sugerencias realizados a la tesis.

A Germán Antúnez y Muhammad Ahangarani por permitirme participar en sus ensayos de crianza y compartir sus conocimientos.

A Ricardo Giacinti, Gustavo Leguizamón Adrián Bordese, Alberto Bordese y Marcelo Gersicich, por la colaboración que me han brindado en el manejo, cuidado y alimentación de los terneros.

A María Alejandra Brunetti, Laura Gálvez, María Carolina Scorcione Turcato, Silvia Olivo, Florencia García y Carla Rodríguez por su colaboración en las tareas de laboratorio.

A Gabriela Molina y Eva Mamani por guiarme en el análisis estadístico de los datos.

A los alumnos de la carrera de Ing. Agronómica de la Universidad Nacional de Villa María, Nicolás Urseler y Federico Berazategui, por su participación en la etapa experimental.

A mi novio Pablo, a mis padres Noemí y Jorge, a mis hermanos Osmar y Verónica, y a mis amigas por acompañarme, alentarme y apoyarme incondicionalmente.

A mis compañeros del postgrado, en especial a Yaliska, Jesica, Valeria, Gabriela, Margarita y Fernanda, por el tiempo compartido, el aliento y el afecto recibido.

DECLARACIÓN

Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.

Georgina Paola Frossasco

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción general	1
1.1.2. Inclusión de granos destilados en el alimento balanceado iniciador.....	2
1.1.3. Provisión de forraje en la dieta de crianza	4
1.2. Objetivos	7
1.2.1. Objetivo general.....	7
1.2.2. Objetivos específicos	7
1.3. Hipótesis de trabajo.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
2.1. Sitio experimental	9
2.2. Animales, tratamientos y alimentación	9
2.3. Determinaciones.....	11
2.3.1. Consumo	11
2.3.2. Crecimiento y conversión alimenticia.....	11
2.3.3. Digestibilidad y ambiente ruminal	11
2.3.4. Variables hematológicas	11
2.3.5. Efectos residuales en la recría	11
2.4. Análisis químicos	12
2.5. Análisis estadístico.....	13
RESULTADOS.....	14
3.1. Respuesta animal en la etapa de crianza	14
3.1.1. Consumo de alimentos	14
3.1.2. Evolución del peso vivo, altura a la cruz y conversión alimenticia	14
3.2. Digestibilidad aparente de las dietas de crianza.....	18
3.3. Concentración de metabolitos y hormonas	19
3.4. Caracterización del ambiente ruminal.....	22
3.5. Efectos residuales en la etapa de recría.....	22
DISCUSIÓN	28
4.1. Efectos de la inclusión de granos destilados secos de maíz en el alimento balanceado sobre la digestión y respuesta animal.....	28
4.2. Efectos de la provisión de rastrojo de trigo en la dieta de crianza sobre la digestión y respuesta animal	31
4.3. Efectos de la interacción entre la inclusión de granos destilados secos de maíz y rastrojo de trigo en la dieta de crianza	38
CONCLUSIONES GENERALES	39
BIBLIOGRAFÍA	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Composición química (base seca) de los alimentos suministrados a terneros durante la etapa de crianza y recría	10
Cuadro 2.2. Ingredientes (% tal cual) de los alimentos balanceados suministrados en la etapa de crianza	10
Cuadro 3.1. Respuesta animal en terneros lactantes consumiendo alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT) durante la etapa de crianza (día 14 al 54 del ensayo)	17
Cuadro 3.2. Digestibilidad aparente de los nutrientes (desde el día 60 al 63 del ensayo) en terneros alimentados con balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT).....	18
Cuadro 3.3. Consumo medio de nutrientes (desde el día 60 al 63 del ensayo) en terneros alimentados con balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT)	19
Cuadro 3.4. Parámetros sanguíneos en terneros consumiendo alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT) durante la etapa de crianza (día 14 al 54 del ensayo)	20
Cuadro 3.5. Caracterización del ambiente ruminal (al día 63 del ensayo) en terneros consumiendo alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT), al día 63 del ensayo.	22
Cuadro 3.6. Respuesta animal durante la etapa de recría (día 65 al 110 del ensayo) en terneros que previamente consumieron alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT) durante la crianza	24
Cuadro 3.7. Digestibilidad aparente de los nutrientes (desde el día 60 al 63 del ensayo) en terneros consumiendo una única dieta de recría, previamente alimentados con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT).....	25
Cuadro 3.8. Consumo medio de nutrientes (desde el día 60 al 63 del ensayo) en terneros alimentados con una única dieta de recría, que previamente consumieron alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT).....	26
Cuadro 3.9. Digestibilidad aparente de los nutrientes (desde el día 90 al 93 del ensayo) en terneros consumiendo una única dieta de recría, previamente alimentados con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT).....	26
Cuadro 3.10. Consumo medio de nutrientes (desde el día 90 al 93 del ensayo) en terneros alimentados con una única dieta de recría, que previamente consumieron alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT)	27
Cuadro 3.11. pH ruminal (al día 63 y 93 del ensayo) en terneros consumiendo una única dieta de recría, previamente alimentados con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT) ...	27

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 3.1.** Evolución del consumo de alimento balanceado (A), rastrojo de trigo (B), dieta sólida (C) y total (D) durante la etapa de crianza, en terneros consumiendo alimento balanceado control (sin granos destilados; GDS0) o con el 28% de granos destilados secos de maíz (GDS28) y con (CRT) o sin (SRT) oferta de rastrojo de trigo 15
- Figura 3.2.** Consumo de materia seca total (A) y dieta sólida (B) durante los días 50 al 54 del ensayo, en terneros alimentados con balanceado control (GDS0) o con el 28% de granos destilados secos de maíz (GDS28) y con (CRT) o sin (SRT) oferta de rastrojo de trigo (RT) 16
- Figura 3.3.** Evolución del aumento diario de peso vivo (A) y altura a la cruz (B) durante la etapa de crianza, en terneros consumiendo alimento balanceado control (sin granos destilados; GDS0) o con el 28% de granos destilados secos de maíz (GDS28) y con (CRT) o sin (SRT) oferta de rastrojo de trigo 16
- Figura 3.4.** Concentración sérica de glucosa (A), urea (B), triglicéridos (C), hormona de crecimiento (D) y factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I; E) e insulina (F) en terneros consumiendo alimento balanceado control (sin granos destilados; GDS0) o con el 28% de granos destilados secos de maíz (GDS28) y con (CRT) o sin (SRT) oferta de rastrojo de trigo 21
- Figura 3.5.** Evolución del consumo de heno de alfalfa (A) y total (B) durante la etapa de recría, en terneros que previamente consumieron alimento balanceado control (sin granos destilados; GDS0) o con el 28% de granos destilados secos de maíz (GDS28) y con (CRT) o sin (SRT) oferta de rastrojo de trigo 23

ABREVIATURAS

ADALT: Aumento diario de altura a la cruz
ADPV: Aumento diario de peso vivo
AG: Ácidos grasos
AGV: Ácidos grasos volátiles
ALT: Altura a la cruz
ALTd: Altura a la cruz al desleche
ALTi: Altura a la cruz inicial
ANOVA: Análisis de la varianza
AT: Afrechillo de trigo
BAL: Alimento balanceado
CA: Conversión de los alimentos
CBAL: Consumo de alimento balanceado
CDS: Consumo de dieta sólida
CHA: Consumo de heno de alfalfa
CMS: Consumo de materia seca
CMST: Consumo de materia seca total
CR: Consumo de rastrojo de trigo
CRT: Con oferta de rastrojo de trigo
CSL: Consumo de sustituto lácteo
Cz: Cenizas
DA: Digestibilidad aparente
EE: Extracto etéreo
ES: Expeler de soja
FDA: Fibra detergente ácido
FDN: Fibra detergente neutro
GD: Granos de destilería de maíz con solubles condensados
GDS: Granos de destilería secos de maíz con solubles condensados
GDS0: Alimento balanceado control (sin granos de destilería)
GDS28: Alimento balanceado con el 28% de granos destilados secos de maíz (con el agregado de 0,3% de lisina)
GLU: Glucosa
GM: Grano de maíz entero
HA: Heno de alfalfa
HC: Hormona de crecimiento
IGF-I: Factor de crecimiento insulínico tipo I
INS: Insulina
LDA: Lignina en detergente ácido
MO: Materia orgánica
MS: Materia seca
PB: Proteína bruta
PV: Peso vivo
PVd: Peso vivo al desleche

PVi: Peso vivo inicial
RIA: Radioinmunoensayo
RT: Rastrojo de trigo picado
SL: Sustituto lácteo
SRT: Sin oferta de rastrojo de trigo
T: Tiempo
TG: Triglicéridos
URE: Urea

RESUMEN

Escasas investigaciones evalúan la incorporación de granos destilados secos de maíz (GDS) en la dieta de terneros lactantes y por otra parte existen controversias sobre la conveniencia de suministrar forraje a temprana edad. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos a corto (día 0-54) y largo plazo (hasta el día 110) del consumo pre-desleche de GDS y rastrojo picado de trigo (RT) sobre la respuesta animal. Se asignaron aleatoriamente 32 terneros Holando Argentino (3 ± 1 día de edad) a 1 de 4 tratamientos, con arreglo factorial 2×2 . Factor GDS: 0 (GDS0) y 28% (GDS28) en el balanceado; a voluntad. Factor RT: sin (SRT) o con (CRT) provisión. Desde el día 14, se evaluó el consumo de materia seca (CMS), aumento de peso vivo (ADPV), altura (ALT), conversión alimenticia (CA), metabolitos y hormonas en sangre. Luego del desleche, se estimó la digestibilidad aparente (DA) de los nutrientes, se caracterizó el ambiente ruminal y se les ofreció una dieta de recría (expeler de soja, grano de maíz y heno de alfalfa) para analizar potenciales incidencias residuales. No se detectaron interacciones significativas entre los factores, excepto $GDS \times RT \times$ tiempo para CMS total ($P < 0,05$; mayor en GDS0:CRT y GDS28:CRT) en la semana previa al desleche. El ADPV, ALT, CA, concentración de ácidos grasos volátiles, hormonas y metabolitos sanguíneos resultaron similares entre los tratamientos. La DA de la fibra fue mayor en GDS28 y el pH ruminal tendió ($P < 0,10$) a ser superior en CRT. En la recría, CRT presentó mayor consumo de heno y ALT. Resulta factible incorporar GDS sin generar efectos negativos. La provisión de RT incrementó el CMS próximo al desleche, disminuyó el riesgo de acidosis y, en la recría, estimuló el consumo de forraje y aumentó la ALT.

Palabras clave: granos de destilería, rastrojo de trigo, crianza de terneros, forraje, respuesta animal, ambiente ruminal.

ABSTRACT

A limited number of trials evaluated the inclusion of corn distillers dried grains (GDS) in young dairy calves and also some controversy exists about the suitability of offering forage at early age. The objective of this study was to evaluate short (0-54 days) and long-term (55-110 days) effects of GDS and chopped wheat straw (RT) intake during the pre-weaning on animal performance. Thirty-two Holando Argentino calves (3 ± 1 days old) were randomly assigned to 1 of 4 treatments, with a factorial arrangement 2×2 . Corn distillers dried grains factor: 0 (GDS0) and 28% in starter; *ad libitum*. Chopped wheat straw factor: without (SRT) or with (CRT) provision. Dry matter intake (CMS), average daily gain of body weight (ADPV), wither height (ALT), gain-to-feed ratio (CA), blood metabolites and hormones were evaluated from day 14. After weaning, apparent digestibility of the nutrients was estimated, rumen environment was characterized and post-weaning diet (soybean expeler, corn grain and alfalfa hay) was offered to analyze potential residual incidences. No significant interactions between factors were detected, except $GDS \times RT \times time$ for total CMS ($P < 0.05$; greater in GDS0:CRT and GDS28:CRT) in the week before weaning. The ACPV, ALT, CA, volatile fatty acids, hormones and metabolites concentrations were similar among treatments. Fiber DA was greater in GDS28 and ruminal pH tended ($P < 0.10$) to be higher in CRT. In post-weaning, CRT showed greater hay intake and ALT. It is possible to incorporate GDS without producing negative effects. The provision of RT increased CMS close to weaning, decreased acidosis risk and stimulated forage intake and increased ALT at post-weaning.

Keywords: Distillers grains, wheat straw, calves rearing, forage, animal performance, ruminal environment.

INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción general

La crianza de terneras es una etapa generalmente relegada en los establecimientos lecheros, pese a definir en gran medida el crecimiento futuro de la producción. Las tasas de mortandad en crianza en nuestro país generalmente comprometen el crecimiento del rodeo, al afectar la reposición del sistema. Asimismo, disminuyen las posibilidades de selección de vaquillonas. Según relevamientos de establecimientos lecheros realizados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en el período 2012-2013 la mortandad promedio en crianza fue del 10% (Gastaldi et al., 2015). Similar porcentaje (15%) fue obtenido a través del Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT) de la empresa láctea Sancor, actualizado a agosto de 2016.

Para disminuir el alto riesgo de morbilidad y mortalidad que conlleva la etapa de crianza y de transición pos-desleche (Drackley, 2008), resulta primordial implementar un programa de alimentación que satisfaga adecuadamente las demandas de mantenimiento, crecimiento y desarrollo de los terneros (Baldwin et al., 2004). Durante las primeras semanas de vida, estas deberán ser cubiertas fundamentalmente por el consumo de leche o sustituto lácteo, dado a que nacen con un rumen física y metabólicamente no funcional (Relling y Mattioli, 2002; Khan et al., 2016). Luego, comienza un proceso de transición en el cual se produce un aumento progresivo en el consumo de alimentos sólidos, la microbiota ruminal se establece, los órganos del tracto gastrointestinal van aumentando su tamaño y funcionalidad, las papilas ruminales se diferencian y crecen, la fermentación ruminal se estabiliza, las glándulas salivares y las vías metabólicas y de absorción de nutrientes se desarrollan; hasta finalmente alcanzar el comportamiento de un rumiante adulto (Huber, 1968; Baldwin et al., 2004; Khan et al., 2016). Estos cambios físicos y metabólicos que ocurren durante la transición de pre-rumiante a rumiante funcional deben ser sostenidos y estimulados por el consumo de nutrientes proveniente principalmente de los alimentos sólidos (Khan et al., 2016).

Los gastos que se generan en la etapa de crianza y recría representan hasta un 20% de los costos directos de los establecimientos lecheros en nuestro país (AACREA, 2013), considerándose como el tercer costo de producción después de la alimentación y la mano de obra (Berra y Osacar, 2012), mientras que, en EEUU estos constituyen el segundo mayor costo después de la alimentación de las vacas en ordeño (Akins y Hagedorn, 2015). Una forma de reducirlos es mediante una adecuada nutrición que permita adelantar la edad a servicio y parto, disminuyendo así los requerimientos totales de alimentos y superficie (Glauber, 2007). Además, durante los primeros meses de vida el aumento en el nivel de consumo de materia seca, tasa de crecimiento y altura a la cruz impactan positivamente en la primera lactancia, lo cual implica una oportunidad para potenciar la producción futura (Shamay et al., 2005; Heinrichs y Heinrichs, 2011; Bach, 2012; Soberon et al., 2012; Van De Stroet et al., 2016; Gelsinger et al., 2016).

Considerando el impacto económico y productivo que genera la etapa de crianza en el sistema lechero, es necesario lograr un óptimo crecimiento y desarrollo de los terneros a un costo redituable. Esto implica que los terneros alcancen su potencial genético con el menor uso de recursos y con buen estado sanitario (Bach et al., 2007), siendo clave el período de transición de la alimentación líquida (leche o sustituto lácteo) a sólida (granos y forrajes) para minimizar el porcentaje de morbilidad y mortalidad e incrementar las ganancias de peso (Drackley, 2008). Surge entonces la necesidad de

analizar la inclusión de alimentos que permitan estimular la performance de los terneros y/o reemplacen a otros de mayor valor económico sin causar efectos negativos. Entre ellos, se puede mencionar la incorporación de co-productos industriales como los granos de destilería de maíz con solubles condensados (GD) en el alimento balanceado. Por otra parte, existen evidencias que la provisión de fibra de baja calidad en niveles bajos de inclusión podría mejorar la respuesta animal.

1.1.2. Inclusión de granos destilados en el alimento balanceado iniciador

Los GD son co-productos de la molienda seca del maíz para la producción de etanol, que puede utilizarse como una fuente alternativa de proteína y energía para la alimentación animal. Debido a que durante el proceso industrial se extrae casi la totalidad del almidón (97-99%; Blasi et al., 2001), presenta los restantes componentes del grano original (fibras, proteínas, cenizas, aceite) concentrados cerca de 3 veces (Erickson et al., 2005; Makkar, 2012). Posee aproximadamente 30% de proteína bruta (PB), del cual 45-63% no es degradable a nivel ruminal (Erickson et al., 2005), 32-49% de fibra detergente neutro (FDN; Al-Suwaiegh et al., 2002; Spiehs et al., 2002; Anderson et al., 2006) y 11-18% de fibra detergente ácido (FDA; Spiehs et al., 2002; Kleinschmit et al., 2007). Su aporte de energía digestible y metabolizable es similar o incluso superior a la del grano de maíz (Makkar, 2012), debido a la alta digestibilidad de su FDN (62 - 71%; Birkelo et al., 2004; Vander Pol et al., 2009) y su elevada concentración de extracto etéreo (7-14%; Spiehs et al., 2002; MacDonald et al., 2007; Walter et al., 2010). Además, su bajo contenido de almidón podría contribuir a reducir los problemas de acidosis que comúnmente se dan con dietas ricas en granos (Klopfenstein et al., 2008; Schingoethe et al., 2009).

Dos de las principales limitantes de la inclusión de GD en la dieta de los animales son su elevado contenido de fósforo y azufre. La concentración del primero varía entre 0,89 - 1,02% (NRC, 2001; Spiehs et al., 2002; Mjoun et al., 2008), el cual se encuentra biológicamente disponible en un 90% (Whitney et al., 2001). En tanto, el S suele hallarse en una concentración de 0,5 - 0,7% (Schingoethe et al., 2008), dependiendo del contenido presente en el grano de maíz y de la cantidad de ácido sulfúrico que utilice la industria en los procesos de limpieza y control del pH durante la fermentación (Schingoethe et al., 2009). El exceso de este mineral en la dieta sólida y/o agua de bebida afecta la salud (Gould, 1998), el consumo y las ganancias de peso de los animales (Sarturi et al., 2013). Puede causar graves trastornos como la poliencefalomalacia, debido a la propia inhalación de gases ruminales con alto contenido de ácido sulfhídrico, deficiencia en la absorción de cobre y selenio, reducción de la microflora que produce tiamina y disminución del pH ruminal debido a la formación de sulfuro (Vanness et al., 2009). En investigaciones locales se han encontrado elevados niveles de este mineral en GD (incluso superiores al 1%; Brunetti et al., 2015).

Otro componente importante que condiciona la inclusión de GD en la dieta de rumiantes es su alto contenido de lípidos, ya que se recomienda que la concentración de la materia grasa no sea excesiva ($\leq 10 - 12\%$) para no afectar el consumo voluntario, la eficiencia alimenticia y la digestibilidad de la fibra (Haaland et al., 1981; Zinn, 1994; Hess et al., 2008). Además, por tratarse de un co-producto originado del grano de maíz presenta baja concentración de lisina, entre 2,24% (NRC, 2001) y 3,15% (University of Minnesota, Department of Animal Science, 2009) y su biodisponibilidad puede reducirse significativamente si la temperatura de secado fue excesiva durante el proceso industrial (Boucher et al., 2009). Esto se debe a que es el aminoácido más sensible al daño por calor (Cromwell et al., 1993; Stein et al., 2006), mientras que el resto de los

aminoácidos de los GD poseen, en condiciones de secado estándar, 10% menos de digestibilidad comparado con el grano original (Arroquy et al., 2014). Por lo tanto, en categoría de animales con altos requerimientos de lisina resulta necesario suplementar con otras fuentes proteicas (Schroeder, 2010).

Sin embargo, la composición química y perfil nutricional de los GD es variable dependiendo de múltiples factores como el tipo y calidad de grano, proceso de molienda, condiciones de secado, cantidad de solubles incorporados, entre otros (Singh y Graeber, 2005; Sharma et al., 2007; Belyea et al., 2010). En nuestro país, Brunetti et al. (2015) encontraron una gran variación en calidad de GD secos (GDS) y húmedos en una misma planta industrial a lo largo de 70 semanas de evaluación, siendo estos principalmente causados por cambios en el proceso de secado. Por lo que se recomienda evaluar periódicamente su composición para poder ajustar la formulación de las dietas.

En los últimos años, la incorporación de los GD en la dieta de distintos tipos y categorías de animales se ha incrementado notablemente a nivel internacional y nacional, debido a un aumento en la producción de bioetanol y a su atractivo precio relativo de mercado. Es importante considerar que por cada litro de bioetanol producido se genera aproximadamente 0,75 kg de GD, en base seca (Bragachini et al., 2014; Calzada y Frattini, 2015). En la Argentina la producción de este co-producto comenzó en el año 2012 con 18 mil t mientras que en el 2015 alcanzó 340 mil t (USDA, 2016). Se estima que cuando las industrias alcancen su pleno funcionamiento esta será de alrededor de 450 mil t (Calzada y Frattini, 2015). En tanto, se predice que la producción mundial de etanol aumente de 116 (en 2015) a 128,4 millones de litros en 2025 (OECD - FAO, 2016). Por lo que, se prevé que los GD continúen disponibles a un menor precio que otros *commodities* (Schingoethe et al., 2009; Suarez-Mena et al., 2011). Sin embargo, el uso de los co-productos de la molienda seca en nuestro país es aún incipiente y está principalmente circunscripto a áreas cercanas a las plantas de producción (Arroquy et al., 2014).

Como resultado, hubo un aumento considerable de investigaciones que evalúan la utilización de los GD en la alimentación del ganado bovino. En lechería, se han realizado más de 24 publicaciones sobre el efecto de su incorporación en dietas de vacas en ordeño entre 1982-2005 (Schingoethe et al., 2009). Estos estudios recomiendan un nivel de inclusión de alrededor del 20% de la dieta en base seca (Nichols et al., 1998; Anderson et al., 2006; Kleinschmit et al., 2006), aunque también se han alcanzado buenas respuestas productivas con más del 30% (Schingoethe et al., 2009). Mientras que, un menor número de investigaciones se llevaron a cabo en vaquillonas de reposición de sistemas lecheros (Anderson et al., 2009; Suarez-Mena et al., 2015; Schroer et al., 2014; Anderson et al., 2015). La sugerencia para esta categoría es incorporarlos en una proporción de la dieta que permita alcanzar una tasa de crecimiento adecuada (Schingoethe et al., 2009), de alrededor de 0,8 kg de peso vivo/día (Zanton y Heinrichs, 2005).

En tanto, existen escasas investigaciones que evalúen el efecto de la incorporación de granos destilados en la formulación de alimentos balanceados para terneros lactantes (Suarez-Mena et al., 2011). En general, estas concluyen que la participación elevada de GDS en la dieta de crianza va en desmedro de la respuesta animal, pero existen controversias en el nivel máximo que se puede incluir sin generar efectos negativos. Thomas et al. (2006 a,b) no obtuvieron diferencias en el consumo de materia seca total (CMST), aumento diario de peso vivo (ADPV), altura a la cadera ni concentración ruminal de ácidos grasos volátiles (AGV) entre los terneros que consumieron balanceado sin o con el 28 y 56 % GDS (en base seca), en reemplazo

parcial del grano de maíz, avena y harina de soja. Pero, la eficiencia de conversión de los alimentos (CA), el pH del fluido ruminal, el peso vacío del rumen, y el tamaño y superficie individual de las papilas ruminales fue menor en los tratamientos con inclusión de GDS. En tanto, Chestnut y Carr (2007) concluyen que balanceados iniciadores con 20% de GDS generan similar ADPV que uno tradicional texturizado. De manera similar, Suarez-Mena et al. (2011) recomiendan no exceder este porcentaje de inclusión en reemplazo parcial de la harina de soja y maíz rolado para no afectar el CMST, ADPV, CA ni el desarrollo ruminal de terneros menores a dos meses de edad.

1.1.3. Provisión de forraje en la dieta de crianza

La transición de pre-rumiante a rumiante funcional es un proceso complejo, altamente dependiente de la cantidad y naturaleza (forma física y composición química) de los alimentos sólidos ofrecidos (Baldwin et al., 2004; Khan et al., 2011, 2016). La ingestión de estos debe favorecer la fermentación ruminal y la producción de AGV, para estimular el desarrollo del epitelio ruminal (Sander et al., 1959; Baldwin et al., 2004). Además, el bolo de material ingerido debe inducir el crecimiento de la capacidad del rumen, el desarrollo de la musculatura y los movimientos ruminales (Beharka et al., 1998). El tipo y régimen de alimentación en conjunto con factores relacionados al manejo (ej. crianza individual o colectiva, desleche gradual o brusco) también influyen en la adquisición y el establecimiento de la microbiota ruminal (Khan et al., 2016). Sin embargo, existen controversias en la bibliografía sobre el tipo de alimentos que resulta más conveniente suministrar durante la etapa de crianza (Coverdale et al., 2004; Castells et al., 2012; Khan et al., 2016).

Los alimentos concentrados iniciadores contienen generalmente altos niveles de carbohidratos fácilmente fermentescible, los cuales facilitan la proliferación de la microbiota ruminal (Yáñez-Ruiz et al., 2015) y la producción de grandes cantidades de AGV, predominantemente butirato y propionato (Tamate et al., 1962; Khan et al., 2016). Lo cual estimula el crecimiento y desarrollo del epitelio ruminal (Sander et al., 1959; Lesmeister y Heinrichs, 2004; Drackley, 2008). Sin embargo, alimentar a los terneros únicamente con este tipo de alimentos puede causar reducción del pH ruminal (Beharka et al., 1998; Daneshvar et al., 2015; Khan et al., 2016) provocando disminución del flujo de sangre a la pared ruminal, pérdida de motilidad del rumen (Clarke y Reid, 1974), depresión del número de bacterias celulolíticas y protozoos (Franzolin y Dehority 1996; Beharka et al., 1998) e hiperqueratinización y paraqueratosis de las papilas ruminales (Bull et al., 1965; Khan et al., 2016).

En tanto, la introducción de alimentos fibrosos en la etapa de crianza ha sido muy discutida (Khan et al., 2016; Suarez-Mena et al., 2016). En nuestro país, generalmente se recomienda suministrar heno de alfalfa de muy buena calidad nutricional en pequeñas cantidades, a partir de los 20 - 30 días de vida (AACREA, 2013; Berra y Osacar, 2015). Sin embargo, muchos productores no ofrecen forraje durante la crianza y otros los proveen sin cuantificar la cantidad ni calidad del mismo. La metodología de crianza tradicional sugiere no incluir una fuente de forraje en la dieta antes del desleche (Davis y Drackley, 1998; NRC, 2001), debido a la baja densidad energética y digestibilidad de este tipo de alimento en comparación al concentrado iniciador (Stobo et al., 1966; Kertz et al., 1979; Hill et al., 2008a,b). Otra desventaja de la suplementación con forraje es que, a nivel ruminal, producen poca cantidad de AGV con una alta relación acético/propiónico. Lo cual retrasa la diferenciación papilar y, consecuentemente, disminuye la ganancia de peso vivo (Stobo et al., 1966; Hill et al., 2008a,b).

Sin embargo, estudios recientes indican que suplementar el balanceado iniciador con forraje en baja proporción de la dieta ($\leq 10\%$) permite mejorar la respuesta animal (Khan et al., 2011; Castells et al., 2012; Montoro et al., 2013; Beiranvand et al., 2014; Daneshvar et al., 2015; EbnAli et al., 2016). Al proveer heno o rastrojo picado de gramíneas durante la crianza se han hallado efectos positivos sobre el consumo de concentrado iniciador, CMST y ADPV (Coverdale et al., 2004; Khan et al., 2011; Castells et al., 2012 y 2015; Terré et al., 2013). Además, se obtuvieron mejoras en el pH ruminal (Khan et al., 2011; Castells et al., 2013; Terré et al., 2013 y 2015) y en el desarrollo del retículo rumen (Khan et al., 2011; Castells et al., 2013); sin afectar la digestibilidad (Castells et al., 2012 y 2015; Montoro et al., 2013; Movahedi et al., 2016) ni la eficiencia de conversión de la dieta en pre-desleche (Castells et al., 2012, 2013 y 2015; Terré et al., 2013 y 2015; Movahedi et al., 2016). Inclusive, en varios estudios el suministro de forraje generó un incremento en el tiempo de rumia de los animales y una reducción de la frecuencia con que los terneros lamen objetos, vocalizan y expresan comportamientos estereotipados (Phillips, 2004; Castells et al., 2012; Terré et al., 2013). También se registraron algunos efectos positivos residuales luego del desleche como un aumento en el consumo de forraje (Khan et al., 2012; Castells et al., 2015), probablemente debido a una mejor habilidad adquirida para ingerir y digerir el forraje, CMST y altura de las vaquillonas (Khan et al., 2012).

Investigaciones donde compararon fuentes de forrajes, ofrecidas *ad libitum*, generalmente hallaron mayores efectos positivos en terneros suplementados con forraje de gramíneas que con leguminosas. Así, Castells et al. (2012) al evaluar la provisión a libre elección y a consumo voluntario de henos picados de alfalfa (*Medicago Sativa* L.), raigrás (*Lolium multiflorum* L.), avena (*Avena sativa* L.), rastrojo de cebada (*Hordeum vulgare* L.), y ensilajes de maíz (*Zea mays* L.) y triticale (*Triticum aestivum* L.); obtuvieron un mayor nivel de consumo de concentrado iniciador y performance en los animales con acceso a gramíneas respecto al tratamiento con heno alfalfa y al control (sin forraje). De manera similar, Movahedi et al. (2016) registraron mayor CMST y eficiencia de conversión de la dieta con provisión de rastrojo de trigo (*Triticum aestivum* L.) vs. heno de alfalfa. Probablemente estas diferencias entre tipos de forrajes puedan atribuirse a características composicionales propias de cada especie, como alto contenido de pectinas y bajo porcentaje de hemicelulosa en las leguminosas (Moseley y Jones, 1979). Aunque también puede deberse a un mayor consumo de alfalfa con respecto a las gramíneas (15,8 vs. 3,9 - 8,1% de los alimentos sólidos consumidos en Castells et al., 2012 y 28,6% vs. 9,1% en Movahedi et al., 2016; respectivamente), que deprime el consumo del concentrado iniciador y, como consecuencia, las ganancias de peso vivo (Hill et al., 2008a,b). En general, a igual estado de madurez, es de esperar que el consumo voluntario de leguminosa sea superior al de las gramíneas (Colburn et al., 1968; Moseley y Jones, 1979). Además, el elevado contenido de FDN y FDA de los rastrojos de gramíneas puede limitar el consumo (Castells et al., 2012; Movahedi et al., 2016).

Los potenciales mecanismos que producirían los efectos positivos alcanzados con la inclusión de heno o rastrojo de gramíneas, en baja proporción de la dieta de crianza, aún no están dilucidados. Algunos autores explican el aumento del consumo de concentrado iniciador por una mejora en el ambiente ruminal con incremento del pH ruminal (Coverdale et al., 2004; Khan et al., 2011 y Castells et al., 2012). Esto último podría deberse a un mayor desarrollo de las glándulas salivares (Hodgson, 1971) y de los procesos de masticación y rumia (van Ackeren et al., 2009; Castells et al., 2012). Castells et al. (2013) sugieren dos posibles mecanismos que estarían involucrados en los

cambios observados. Por un lado, la baja concentración de AGV hallada podría asociarse a una mayor expresión del transportador monocarboxílico (MCT1) en la pared ruminal, involucrado en el transporte de lactato, acetato y protones desde el epitelio del rumen al torrente sanguíneo (Müller et al., 2002; Gäbel y Aschenbach, 2006; Kirat et al., 2006; Graham et al., 2007). Mientras que, el otro posible mecanismo estaría relacionado a un incremento de la tasa de pasaje ruminal obtenido al suplementar con heno de gramíneas, que reduce el tiempo de fermentación y, consecuentemente, disminuye la producción de AGV e incrementa el pH ruminal. Esto explicaría la mayor concentración de AGV encontrada en el ciego de los animales que consumieron heno de gramínea.

No obstante, existen controversias en los efectos encontrados al incluir forraje en la dieta de crianza. Si bien, los estudios anteriormente mencionados (Khan et al., 2011; Castells et al., 2012; Montoro et al., 2013; Beiranvand et al., 2014; Daneshvar et al., 2015; EbnAli et al., 2016) han obtenido un incremento en la performance de los terneros al ofrecer forraje, en otras investigaciones no se hallaron diferencias (Jahani-Moghamam et al., 2015; Mirzaei et al., 2015) o incluso se han registrado efectos negativos sobre la respuesta animal (Hill et al., 2008a, 2009, 2010). Probablemente, posibles limitaciones en el uso de la celulosa y, consecuente acumulación de material indigestible en el rumen podría causar disminución en el consumo de concentrados (Drackley, 2008), retardo en el desarrollo de las papilas ruminales (Tamate et al., 1962; Žitnan et al., 1998) y disminución de las ganancias de peso (Stobo et al., 1966; Kertz et al., 1979; Hill et al., 2008a) a medida que la cantidad de forraje consumido se incrementa. Además, el aumento de peso vivo que se puede llegar a encontrar en animales que consumen forraje podría ser atribuido a un incremento del peso del tracto gastrointestinal, debido a un mayor llenado intestinal (Hill et al., 2008a; Khan et al., 2011, 2016). Así por ejemplo, Stobo et al. (1966) limitaron el consumo de balanceado iniciador y ofrecieron 4 al 61% de heno en la dieta hallando un incremento del llenado intestinal del 24 al 33% del peso vivo (PV), respectivamente. Sin embargo, a bajos niveles de inclusión de forraje (menores al 4% de la dieta) este efecto ha resultado insignificante (Castells et al., 2013).

En tanto, en la revisión realizada por Suarez-Mena et al. (2016) se concluye que el forraje puede generar un efecto positivo sobre la respuesta animal cuando el consumo de concentrado produce riesgo de acidosis ruminal y negativo cuando tal riesgo no existe. La aparición del mismo está condicionada por múltiples factores como la edad de los terneros, el nivel de consumo, la composición nutricional de los alimentos, la tasa de fermentación de los carbohidratos (principalmente del almidón), la forma física y la palatabilidad del concentrado y del forraje ofrecido. Mientras que el meta-análisis realizado por Imani et al. (2017), a partir de 27 estudios (publicados entre 1998-2016) revela que la provisión de forraje mejora el consumo de concentrado iniciador, ADPV, PV final, pH ruminal, proporción molar de acético y relación acético/propiónico y tiene un efecto negativo sobre la eficiencia de conversión. La magnitud de estos efectos están modulados por el nivel (porcentaje de inclusión en la dieta) y fuente de forraje (gramínea o leguminosa), método de suministro (libre elección del forraje o como ración totalmente mezclada) y forma física del concentrado iniciador (molido, peleteado o texturizado).

Los antecedentes presentados anteriormente plantean la importancia de una adecuada nutrición a temprana edad, las controversias en los efectos hallados al incorporar GDS y heno de gramíneas en dietas de crianza y la escasa información nacional en esta temática, por lo que resulta necesario profundizar en su estudio.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de granos de destilería secos de maíz con solubles y rastrojo picado de gramínea (trigo) en la dieta de pre-desleche sobre la respuesta animal y ambiente ruminal durante la etapa de crianza y su incidencia residual en la recría.

1.2.2. Objetivos específicos

- 1) Evaluar la evolución del nivel de consumo, aumento de peso vivo y altura de los terneros bajo diferentes tratamientos dietarios en la etapa de crianza.
- 2) Estimar la conversión alimenticia y la digestibilidad aparente de las dietas de pre-desleche.
- 3) Analizar los efectos de los tratamientos impuestos sobre variables sanguíneas y del ambiente ruminal.
- 4) Determinar las potenciales incidencias residuales de los tratamientos sobre la digestibilidad aparente y respuesta animal durante la posterior etapa de recría.

1.3. Hipótesis de trabajo

1) Debido al elevado valor energético-proteico, bajo contenido de almidón y elevada digestibilidad de su fibra, los granos de destilería secos de maíz con solubles pueden ser incorporados en 25-30% de la formulación del balanceado iniciador, en reemplazo parcial de la proteína de soja, sin provocar efectos negativos en la digestibilidad, el ambiente ruminal ni la respuesta animal de los terneros durante su crianza.

2) La provisión *ad libitum* de rastrojo picado de trigo en la dieta de crianza estimula un mayor consumo de alimentos sólidos totales, debido a que mejora el ambiente ruminal al aportar una fuente de fibra efectiva, lo cual permite alcanzar una mayor tasa de crecimiento (en peso vivo y altura) de los terneros durante la etapa de crianza y recría.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Sitio experimental

El ensayo se llevó a cabo durante los meses de julio a noviembre de 2015 en la Estación Experimental Agropecuaria (E.E.A.) Manfredi del INTA. Esta se ubica sobre la ruta nacional N° 9 km 636, a 65 km al sudeste de la ciudad de Córdoba, en el departamento Río Segundo, provincia de Córdoba, Argentina (31° 49' 12" S y 63° 46' 00" O a 292 msnm).

2.2. Animales, tratamientos y alimentación

Treinta y dos terneros machos Holando Argentino ($39,1 \pm 5,2$ kg de peso vivo y 3 ± 1 días de vida) provenientes de un mismo establecimiento lechero fueron utilizados para este ensayo, siguiendo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2×2 ($n = 8$ terneros por combinación de factores). El primer factor contó con dos niveles de inclusión de GDS: 0% (**GDS0**- control) o 28% (**GDS28**) en el alimento balanceado (en reemplazo parcial de expeler de soja (ES) y afrechillo de trigo (AT), con el agregado de 0,3% de lisina; Cuadro 2.1). El segundo factor consistió en dos niveles de oferta de rastrojo de "trigo" (*Triticum aestivum* L.) picado (RT): sin oferta (**SRT**) o con RT a voluntad (**CRT**).

Los terneros se alojaron individualmente en un sistema de crianza de estaca con corredera, en condiciones similares a las habitualmente ofrecidas en los establecimientos lecheros comerciales de Argentina. Diariamente se les suministró dos tomas (8:00 y 15:00 h) de 2 l de sustituto lácteo (SL) al 12,5% sólidos, en baldes individuales, hasta los 50 días de vida. Posteriormente, se redujo a una sola toma (2 l/día a 8:00 h) hasta el desleche (día 54). Además, desde el primer día de ingreso al ensayo, se les ofreció agua, alimento balanceado (BAL) y/o RT (según tratamiento) a voluntad, en recipientes separados e individuales (Cuadro 2.1). Los BAL fueron formulados para contener similar concentración de energía y proteína (Cuadro 2.2). El RT fue picado con una máquina de moler forraje antes de ser ofrecido a los terneros, obteniéndose la siguiente distribución de tamaño de partícula: 26,2% > 19 mm, 34,1% 8 - 19 mm y 39,7% < 8 mm.

Finalizado el período de crianza, los terneros fueron alojados en corrales individuales hasta el día 110 de ensayo para evaluar potenciales incidencias residuales de los tratamientos. Durante esta etapa, a todos los terneros se les suministró una única dieta de recría (Cuadro 2.1). La misma estuvo compuesta por grano de maíz entero (GM; al 1,5% del PV ternero), ES (al 0,5% del PV ternero) y heno de alfalfa (megafardo con cutter- HA; consumo a voluntad).

Cuadro 2.1. Composición química (base seca) de los alimentos suministrados a terneros durante la etapa de crianza y recría

Ítem	Alimentos ¹						
	Crianza				Recría		
	SL	GDS0	GDS28	RT	GM	ES	HA
MS, ² %	96,4	89,1	89,8	88,1	93,4	95,0	91,2
Composición, % de MS ²							
PB ³	21,7	20,1	18,4	3,1	8,6	43,2	19,8
FDN ⁴		19,9	28,4	77,0	16,7	15,6	46,2
FDA ⁵		6,8	8,2	46,6	3,3	7,2	30,8
LDA ⁶		1,3	1,4	7,9	0,5	0,6	7,0
EE ⁷	12,1	4,1	5,1	1,0	4,2	7,2	1,7
Almidón		38,3	36,8				
Cenizas	1,6	7,4	6,7	14,0	1,5	6,5	10,1
Azufre		0,20	0,21				

¹ SL: sustituto lácteo; GDS0: alimento balanceado con 0% de granos destilados secos de maíz; GDS28: alimento balanceado con 28% de granos destilados secos de maíz (en reemplazo parcial de expeler de soja y afrechillo de trigo, con el agregado de 0,3% de lisina); RT: rastrojo de trigo picado; GM: grano de maíz entero; ES: expeler de soja; HA: heno de alfalfa (megafardo con cutter).

² Materia seca.

³ Proteína bruta.

⁴ Fibra detergente neutro.

⁵ Fibra detergente ácido.

⁶ Lignina en detergente ácido.

⁷ Extracto etéreo

Cuadro 2.2. Ingredientes (% tal cual) de los alimentos balanceados suministrados en la etapa de crianza

Ingredientes, % tal cual	GDS0 ¹	GDS28 ²
Grano de maíz	42	44
Afrechillo de trigo	30	16
Expeler de soja	25	8,2
GDS ³	0	28
Conchilla ⁴	2,5	2,3
Sal	0,4	0,4
Fosfato bicálcico	0	0,7
Lisina	0	0,3
Núcleo vitamínico ⁵	0,1	0,1

¹ Alimento balanceado con 0% de granos destilados secos de maíz.

² Alimento balanceado con 28% de granos destilados secos de maíz (en reemplazo parcial de expeler de soja y afrechillo de trigo, con el agregado de 0,3% de lisina).

³ Granos de destilería seco de maíz (composición nutricional: 94,7% MS, 29,2% PB, 59,8% FDN, 17,5% FDA y 2,2% cenizas)

⁴ Carbonato cálcico: Ca (CO)₃

⁵ Vitamina A, complejo B, D, E, K, ácido nicotínico, ácido fólico y colina.

2.3. Determinaciones

2.3.1. Consumo

A partir del día 14 del ensayo, se determinó diariamente el consumo de materia seca (CMS) de SL (CSL), BAL (CBAL) y RT (CR), por diferencia entre la cantidad ofrecida y el remanente, previa corrección por contenido de materia seca (MS) en estufa (105 °C, con circulación de aire forzado durante 24 h). El consumo de dieta sólida (CDS) se calculó por sumatoria del CBAL y CR mientras que el CMST contempló el CSL y CDS. Estadísticamente, se comparó la media semanal del consumo de cada alimento, CDS y CMST entre los tratamientos.

2.3.2. Crecimiento y conversión alimenticia

Los terneros se pesaron al inicio del ensayo y semanalmente con una balanza electrónica para hacienda (Hook modelo AT 457; capacidad: 0 a 4000 kg, división mínima: 1 kg) para estimar el ADPV. Además, en cada pesada se les midió la altura a la cruz (ALT; distancia entre el piso y la porción más sobresaliente de los cartílagos de las escápulas) mediante una regla métrica (división mínima: 1 cm) y una escuadra, para evaluar su evolución y aumento diario (ADALT). A partir de los datos de CMS y ADPV semanales se calculó la CA (ADPV/CMST).

2.3.3. Digestibilidad y ambiente ruminal

La semana posterior al desleche, la mitad de los terneros de cada tratamiento continuó con su ración sólida para determinar digestibilidad aparente (DA) de esta y caracterizar el ambiente ruminal. Para el análisis de digestibilidad, se le colocó a cada ternero un arnés con bolsa plástica en su interior para recoger las heces. Las bolsas se cambiaron diariamente durante 4 días consecutivos (desde el día 60 al 63 del ensayo), recolectando y pesando la totalidad de las excretas sólidas. Se estimó la DA de la MS, materia orgánica (MO), PB, FDN y FDA. Mientras que, para caracterizar el ambiente ruminal (pH, concentración y perfil de AGV) se extrajo por ruminocentesis dorsal una muestra individual de líquido ruminal (≈ 20 ml) al día 63. La punción se realizó inmediatamente después de la última medición de consumo y recolección de heces, para evitar interferencias en los resultados de consumo y digestibilidad por posible decaimiento en el estado de salud de los animales post-intervención.

2.3.4. Variables hematológicas

Adicionalmente, muestras de sangre (≈ 10 ml) de la vena yugular fueron extraídas en 4 terneros por tratamiento (seleccionados al azar) al ingreso del ensayo, a mitad de su crianza (27 ± 3 días) y al desleche (54 ± 2 días). Las mismas se obtuvieron antes de suministrar la alimentación de la mañana. Se colocaron en tubos de plásticos y posteriormente fueron centrifugadas (3000 rpm durante 20 min) para obtener el suero. Se conservaron en freezer a -20°C hasta ser enviados al laboratorio para cuantificar la concentración de glucosa (GLU), urea (URE), triglicéridos (TG), hormona de crecimiento (HC), factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I) e insulina (INS).

2.3.5. Efectos residuales en la recría

Posteriormente se analizaron potenciales incidencias residuales de los tratamientos sobre el período de recría (día 65 al 110 de ensayo). Para lo cual, cada ternero fue alojado en un corral individual donde una vez por día (8:30 h) se le suministró su ración. El GM y el ES se ofrecieron mezclados en un mismo comedero mientras que el HA desmenuzado fue provisto en un comedero contiguo.

Durante este periodo, se evaluó el CMS diario, ADPV, ALT y CA quincenal. Además, se determinó la DA de la MS, MO, PB, FDN y FDA de la dieta (días 60 - 63 y 90 - 93 del ensayo) y se midió el pH ruminal (al día 63 y 93), en los últimos cuatros terneros que fueron asignados a cada tratamiento; siguiendo el procedimiento descripto anteriormente.

2.4. Análisis químicos

Las muestras de alimentos fueron analizadas periódicamente en el Laboratorio de Forrajes y Nutrición Animal de la E.E.A. Manfredi del INTA, para determinar su composición química: MS (105°C durante 24 h; AOAC, 1990), PB mediante el método Kjeldahl, obteniendo nitrógeno y multiplicado por el coeficiente 6,25, en el analizador FOSS (Kjeltec 8400), FDN (con agregado de amilasa) y FDA acorde a la metodología de Van Soest et al. (1991), usando un analizador Ankom 220 Fiber analyzer (Ankom®, Tech. Co., Fairport, NY, USA), almidón a través del kit enzimático Megazyme – AA/AMG (Método 996.11 de la AOAC, 1990), extracto etéreo (EE) siguiendo el método 920.39 de la AOAC (1990) y cenizas (Cz; 550 °C durante 6 h; AOAC, 1990). El tamaño de la fibra del RT fue determinado mediante el separador de partículas, Penn State Separator, desarrollado por la Universidad de Pennsylvania (EEUU), siguiendo la metodología descripta por Lammers et al. (1996).

Para determinar la DA de los nutrientes, dos submuestras diarias de excretas sólidas fueron extraídas. Una se utilizó para cuantificar su contenido de MS (a 105° C durante 48 h) y otra para conformar una muestra compuesta de heces por ternero, previo acondicionamiento en estufa (55°C hasta peso constante). Esta última se molió mediante un molino Wiley (malla de 1 mm) y se almacenó a -20°C hasta ser analizada. Además, muestras compuestas de alimentos ofrecidos y rechazados durante el período evaluado fueron recolectadas para cuantificar su contenido de MS, PB, FDN, FDA y Cz empleando las técnicas mencionadas anteriormente.

Por otro lado, a las muestras de líquido ruminal inmediatamente después de haber sido extraídas se les determinó el pH mediante un pH-metro digital (Sartorius PT-10, electrodo HI1230 HANNA). La concentración de ácido acético, propiónico, butírico y AGV total fue determinada por el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires, mediante cromatografía gaseosa. Se utilizó un equipo Konik 5000B con automuestreador Robokrom GC y una columna capilar SGE BP21 (25 m × 0,22 mm i.d.), siguiendo la técnica descripta por Friggens et al. (1998) y el patrón de referencia Sigma Cat. Nro. 46975-U (AGV).

A todas las muestras de suero se les estimó la concentración de GLU, URE y TG mediante un analizador automático enzimático A25 BioSystems (Biosimex S.A., Barcelona, España), en el laboratorio Camperchioli (Villa María, provincia de Córdoba, Argentina). Las determinaciones de hormonas fueron enviadas al Instituto de Biología y Medicina Experimental del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET; Buenos Aires, Argentina). La concentración de HC fue determinada por radioinmunoensayo (RIA) con el kit provisto por Dr. Parlow del NIDDK (National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, Rockville, MD), usando anticuerpos anti-ovino. La INS fue medida por RIA utilizando anticuerpo de insulina anti-bovina (Sigma, St. Louis, Missouri, USA) e insulina humana estándar provista por Laboratorios Beta (Buenos Aires, Argentina). Mientras que, para la determinación de IGF-I por RIA, las muestras de suero y los estándares de IGF-I fueron sometidos a la técnica de crioprecipitación en medio ácido-etanol, previamente descripta por Breier et al. (1991). Se utilizó el anticuerpo (UB2-495) provisto por Hormone Distribution

Program de NIDDK, y se siguió el procedimiento mencionado por Lacau-Mengido et al. (2000).

2.5. Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de la varianza (ANOVA). Para las variables con mediciones repetidas en el tiempo se utilizaron modelos lineales mixtos, con arreglo factorial de los tratamientos evaluando efectos principales y su interacción.

Modelo experimental:

$$Y_{ijkl} = \mu + GDS_i + RT_j + T_k + (GDS \times RT)_{ij} + (GDS \times T)_{ik} + (RT \times T)_{jk} + (GDS \times RT \times T)_{ijk} + E_{ijkl}$$

donde, Y_{ijkl} = variable en estudio; μ = media general; GDS_i = nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz ($i = 2$); RT_j = oferta de rastrojo de trigo picado ($j = 2$); T = semana de ensayo (período de crianza, $k = 7$; período de recría, $k = 4$); todos los términos de interacción y E_{ijk} = error experimental.

Los factores GDS, RT, tiempo y sus interacciones fueron considerados como efectos fijos y el animal (unidad experimental; $n = 32$) como efecto aleatorio. Los valores p ajustados por la estructura de varianzas y covarianzas subyacentes fueron usados para evaluar la significancia estadística de los efectos de interés ($\alpha = 0,05$). Se seleccionó aquel modelo que presentó los menores valores de los criterios AIC y BIC. Para el análisis de los componentes de las varianzas y la obtención de las estimaciones apropiadas de medias y errores estándar de los tratamientos se utilizó el método REML, a través de una interface de InfoStat (Di Rienzo et al., 2016) con la plataforma R (DCOM). Las medias ajustadas y las diferencias entre ellas se compararon mediante el test LSD Fisher ($\alpha = 0,05$). Tendencias a diferencias entre las medias fueron determinadas con $0,05 < \alpha \leq 0,10$. Todos los valores de medias informados corresponden a medias cuadráticas mínimas (LSM: least squares means).

En la etapa de crianza, se utilizó como covariable el PV inicial (PVi) para las variables CMS y ADPV, y ALT inicial (ALTi) para ALT. Mientras que, en el período de recría estas variables fueron analizadas usando como covariable el PV y ALT al desleche (PVD y ALTd), respectivamente. La concentración sérica inicial (día 0 del ensayo) de GLU, URE, TG, HC, IGF-I e INS fue utilizada como covariable para el análisis de evolución de la concentración de dicho metabolito u hormona a lo largo de la crianza. Para todos los análisis estadísticos se utilizó el software InfoStat versión 2016 (Di Rienzo et al., 2016).

RESULTADOS

3.1. Respuesta animal en la etapa de crianza

3.1.1. Consumo de alimentos

El consumo de alimentos sólidos fue prácticamente nulo en las primeras dos semanas del ensayo, motivo por el cual se consideró este periodo como una etapa de acostumbramiento, analizándose los datos a partir del día 14. Durante la crianza, el CBAL y RT se incrementó desde el día 14 al 54 del ensayo ($P < 0,001$; Figura 3.1). La interacción GDS \times RT \times tiempo fue significativa para CDS y CMST ($P < 0,05$) y tendió a serlo ($P = 0,07$) para el CBAL. Las medias marginales de los terneros CRT tendieron ($P = 0,09$) a mostrar un mayor CDS (693 g MS/día) y CMST (1157 g MS/día) en comparación a SRT (599 y 1064 g MS/día, respectivamente) resultando esta diferencia significativa desde el día 43 al 54 (RT \times tiempo, $P < 0,05$; Cuadro 3.1).

Desde el momento que se redujo la oferta de SL hasta el desleche (día 50 al 54 del ensayo), la combinación de los factores GDS0: CRT y GDS28: CRT alcanzaron mayores valores de CDS y CMST, diferenciándose estadísticamente de GDS0: SRT (Figura 3.2). El CR no fue afectado por el nivel de GDS en el alimento balanceado ($P = 0,41$), y la participación del RT en la dieta sólida fue de 6,7% (Cuadro 3.1).

3.1.2. Evolución del peso vivo, altura a la cruz y conversión alimenticia

No hubo efecto del consumo de GDS, RT ni de su interacción sobre el ADPV ($P = 0,22, 0,17, 0,16$, respectivamente; Cuadro 3.1). El mismo fue variando a lo largo del período de crianza ($P < 0,001$; Figura 3.3), pero sin detectarse interacción del tiempo con los factores GDS ni RT ($P = 0,72$ y $0,35$). El PV al desleche (día 54) no fue afectado por los tratamientos dietarios ($P \geq 0,13$).

La ALT de los terneros a lo largo de la etapa de crianza (día 14 al 54), la ALTd y el ADALT arrojaron similares valores entre los niveles de cada factor ($P \geq 0,11$; Cuadro 3.1). Se detectó interacción entre RT \times tiempo para ALT ($P = 0,02$) y ADALT ($P = 0,03$). La ALT de los terneros CRT fue superior a SRT desde el día 28 al 35 del ensayo (Figura 3.3).

La CA (ADPV/CMST) fue similar entre los niveles de GDS, RT y su interacción ($P = 0,29, 0,94$ y $0,17$, respectivamente). El factor tiempo tuvo influencia sobre la CA ($P < 0,001$), sin detectarse interacciones dobles ni triple con los demás factores (Cuadro 3.1).

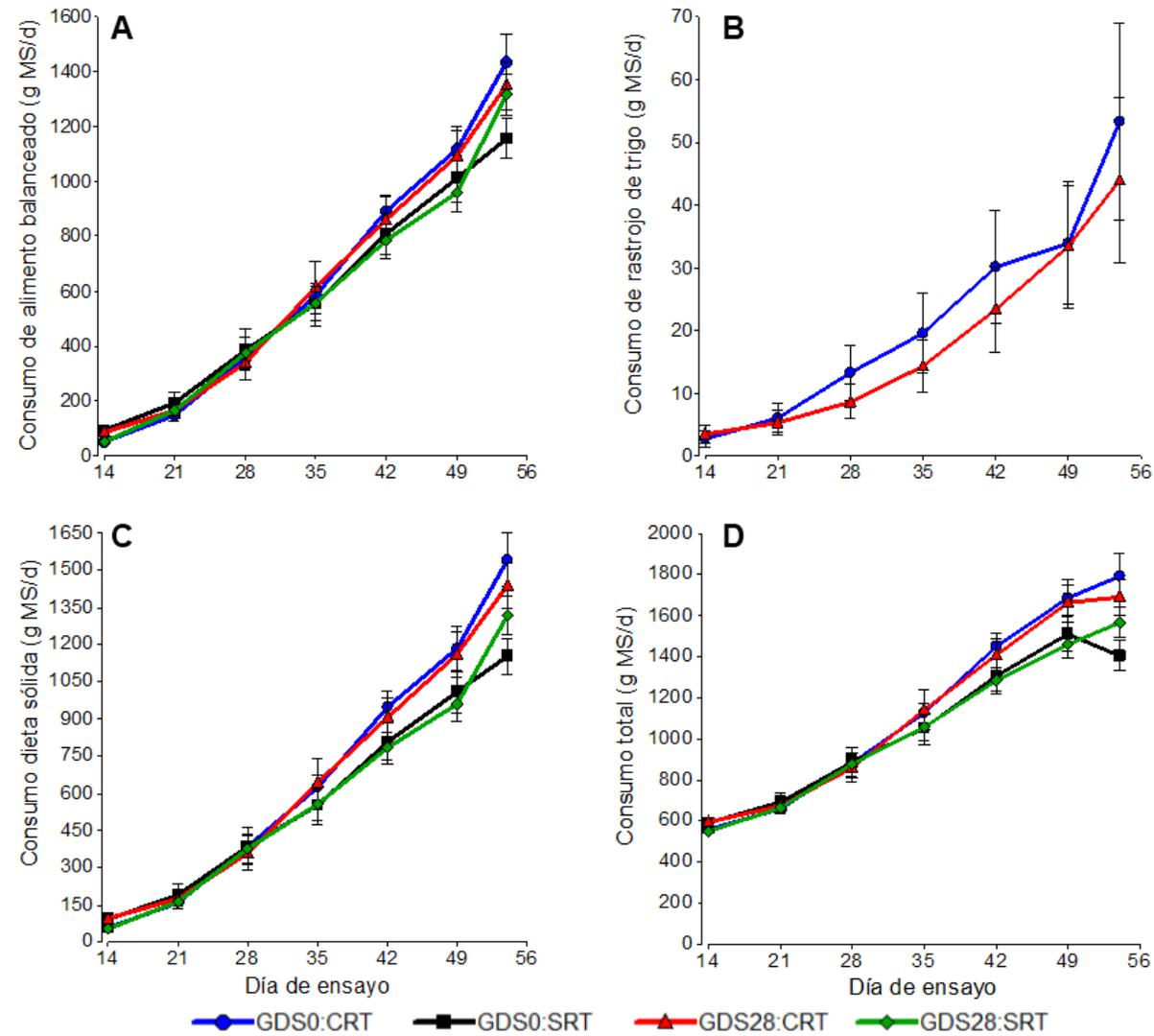


Figura 3.1. Evolución del consumo de alimento balanceado (A), rastrojo de trigo (B), dieta sólida (C) y total (D) durante la etapa de crianza, en terneros consumiendo alimento balanceado control (sin granos destilados; GDS0) o con el 28% de granos destilados secos de maíz (GDS28) y con (CRT) o sin (SRT) oferta de rastrojo de trigo. Las barras representan el error estándar.

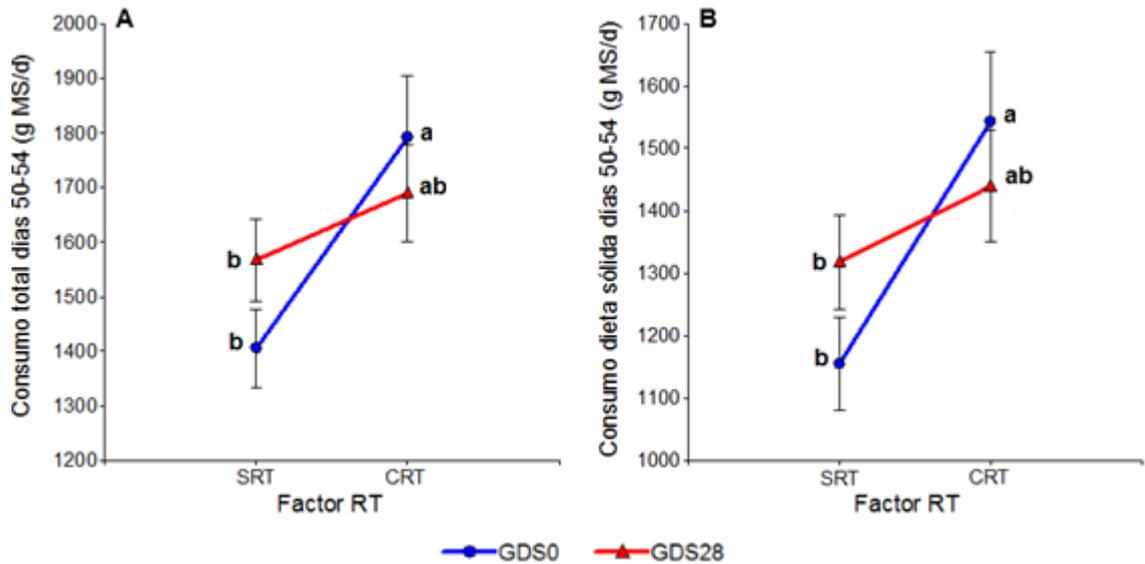


Figura 3.2. Consumo de materia seca total (A) y dieta sólida (B) durante los días 50 al 54 del ensayo, en terneros alimentados con balanceado control (GDS0) o con el 28% de granos destilados secos de maíz (GDS28) y con (CRT) o sin (SRT) oferta de rastrojo de trigo (RT). Letras diferentes denotan diferencias significativas. Test LSD Fisher ($P < 0,05$).

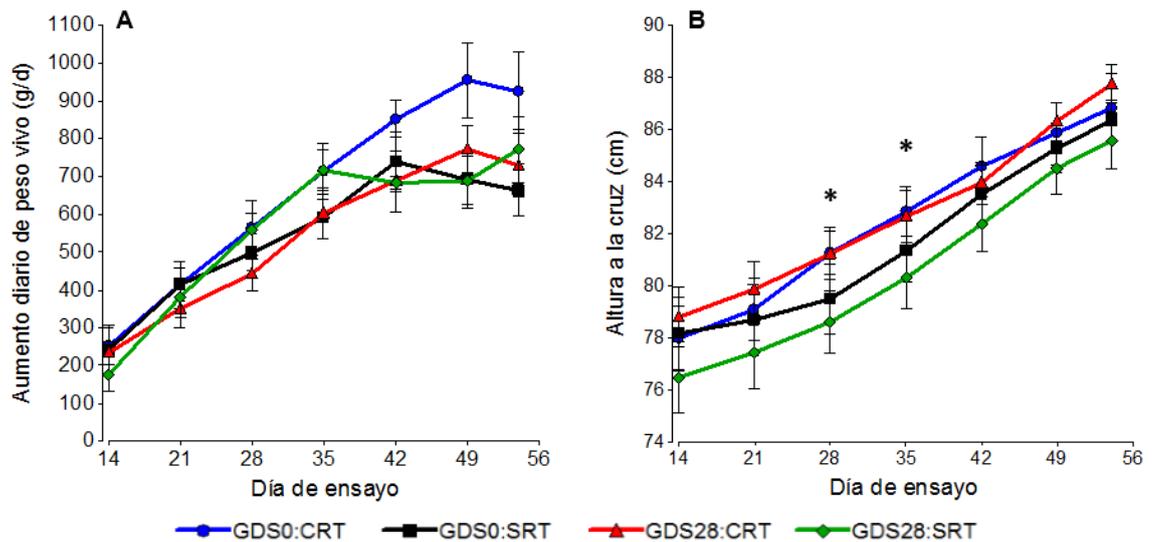


Figura 3.3. Evolución del aumento diario de peso vivo (A) y altura a la cruz (B) durante la etapa de crianza, en terneros consumiendo alimento balanceado control (sin granos destilados; GDS0) o con el 28% de granos destilados secos de maíz (GDS28) y con (CRT) o sin (SRT) oferta de rastrojo de trigo. Las barras representan el error estándar. Para cada punto de tiempo, * denota diferencias significativas (Test LSD Fisher $P < 0,05$) entre los tratamientos con vs. sin oferta de rastrojo de trigo picado.

Cuadro 3.1. Respuesta animal en terneros lactantes consumiendo alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT) durante la etapa de crianza (día 14 al 54 del ensayo)

Ítem	GDS ¹		RT ²			P- valor ³						
	0	28	SRT	CRT	EEM ⁴	GDS	RT	GDS × RT	T	GDS × T	RT × T	GDS × RT × T
Consumo, g MS/día												
Balanceado	627	624	599	651	37	0,964	0,332	0,998	< 0,001	0,534	0,241	0,066
Rastrojo de trigo	45	38	-	41	6	0,406	-	-	< 0,001	0,289	-	-
DS ⁵	649	643	599 ^y	693 ^x	38	0,910	0,091	0,946	< 0,001	0,639	0,044	0,048
CMST ⁶	1113	1107	1064 ^y	1157 ^x	38	0,913	0,091	0,946	< 0,001	0,642	0,042	0,049
CR:CDS, ⁷ %	6,69	6,69	-	6,73	0,98	0,998	-	-	0,060	0,397	-	-
PV inicial, kg	38,8	39,5	38,7	39,6	1,3	0,690	0,642	0,213	-	-	-	-
PV desleche, kg	68,0	65,8	65,5	68,3	1,3	0,240	0,131	0,180	-	-	-	-
ADPV, ⁸ g/día	606	559	556	609	27	0,224	0,172	0,156	< 0,001	0,715	0,354	0,433
CA, ⁹	0,546	0,509	0,526	0,529	0,024	0,285	0,937	0,174	< 0,001	0,882	0,691	0,839
ALT ¹⁰ inicial, cm	76,1	76,0	75,8	76,4	0,9	0,925	0,638	0,304	-	-	-	-
ALT ¹⁰ , cm	82,0	81,7	82,3	81,4	0,4	0,632	0,117	0,358	< 0,001	0,177	0,018	0,205
ALT ¹⁰ desleche, cm	86,6	86,7	86,1	87,1	0,5	0,843	0,188	0,871	-	-	-	-
ADALT, ¹¹ cm/día	0,21	0,21	0,20	0,21	0,01	0,792	0,518	0,841	< 0,001	0,124	0,026	0,524

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor oferta rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT).

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto de la oferta de rastrojo de trigo picado; GDS × RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la oferta de rastrojo de trigo picado; T: efecto de la semana de ensayo; GDS × T: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la semana de ensayo; RT × T: interacción entre la oferta de rastrojo de trigo picado y la semana de ensayo; GDS × RT × T: interacción entre nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz, la oferta de rastrojo de trigo picado y semana de ensayo. Test LSD Fisher ^{a,b} ($\alpha < 0,05$); ^{x,y} ($\alpha < 0,10$).

⁴ Error estándar medio.

⁵ Consumo dieta sólida (consumo de alimento balanceado y rastrojo de trigo picado).

⁶ Consumo de materia seca total (consumo de sustituto lácteo, alimento balanceado y rastrojo de trigo picado).

⁷ Relación consumo de rastrojo de trigo/consumo de dieta sólida.

⁸ Aumento diario de peso vivo.

⁹ Conversión alimenticia (aumento diario de peso vivo/consumo de materia seca total).

¹⁰ Altura a la cruz.

¹¹ Aumento diario de altura a la cruz.

3.2. Digestibilidad aparente de las dietas de crianza

Desde el día 60 al 63 del ensayo, se estimó la DA de los nutrientes de la dieta sólida de crianza en los primeros 4 terneros asignados a cada tratamiento al inicio del ensayo (Cuadro 3.2). El consumo de GDS y/o RT no afectaron la digestibilidad de la MS, MO ni PB ($P \geq 0,21$). Mientras que la DA de la FDN y FDA fue superior ($P = 0,04$ y $0,03$) en los terneros a los que se les suministró GDS28 en comparación con GDS0 (51,44 vs. 43,67% FDN y 42,50 vs. 31,96% FDA, respectivamente). Aunque para ambas determinaciones, la interacción GDS \times RT tendió a ser significativa ($P = 0,10$ y $0,07$; respectivamente), presentando los animales del tratamiento GDS0:SRT los menores valores.

El consumo medio de nutrientes durante los cuatro días de medición de la DA arrojó similares valores en MS, MO, PB y MS digestible entre los tratamientos ($P \geq 0,17$; Cuadro 3.3). Mientras que el consumo de FDN difirió entre GDS0 vs. GDS28 ($P < 0,01$), siendo superior en este último (440 vs. 665 g/día). En tanto, el consumo de FDA resultó mayor en los terneros alimentados con vs. sin GDS (198 vs. 150 g/día, $P = 0,03$) y con vs. sin oferta de RT (199 vs. 148 g/día, $P = 0,04$).

Cuadro 3.2. Digestibilidad aparente de los nutrientes (desde el día 60 al 63 del ensayo) en terneros alimentados con balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT)

Digestibilidad, %	GDS ¹		RT ²			P- valor ³		
	0	28	SRT	CRT	EEM ⁴	GDS	RT	GDS \times RT
MS ⁵	76,28	75,26	75,73	75,81	1,13	0,535	0,962	0,278
MO ⁶	78,47	76,69	77,81	77,35	0,96	0,213	0,740	0,406
PB ⁷	75,67	74,61	74,21	76,07	1,11	0,515	0,261	0,329
FDN ⁸	43,67 ^b	51,44 ^a	46,07	49,04	2,40	0,041	0,398	0,095
FDA ⁹	31,96 ^b	42,50 ^a	34,43	40,03	2,95	0,026	0,204	0,065

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor oferta de rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT).

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto de la oferta de rastrojo de trigo picado; GDS \times RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la oferta de rastrojo de trigo picado. Test LSD Fisher ^{a,b} ($\alpha < 0,05$); ^{x,y} ($\alpha < 0,10$).

⁴ Error estándar medio.

⁵ Materia seca.

⁶ Materia orgánica

⁷ Proteína bruta.

⁸ Fibra detergente neutro.

⁹ Fibra detergente ácido.

Cuadro 3.3. Consumo medio de nutrientes (desde el día 60 al 63 del ensayo) en terneros alimentados con balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT)

Consumo, g MS/día	GDS ¹		RT ²			P- valor ³		
	0	28	SRT	CRT	EEM ⁴	GDS	RT	GDS × RT
MS ⁵	1930	2159	1994	2095	126	0,204	0,606	0,963
MO ⁶	1786	2017	1862	1941	118	0,174	0,667	0,927
PB ⁷	380	392	383	390	23	0,710	0,850	0,882
FDN ⁸	440 ^b	665 ^a	514	591	38	0,001	0,207	0,905
FDA ⁹	150 ^b	198 ^a	148 ^b	199 ^a	14	0,028	0,035	0,878
MS ⁵ digestible	1476	1621	1515	1583	94	0,278	0,639	0,926

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor oferta de rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT).

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto de la oferta de rastrojo de trigo picado; GDS × RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la oferta de rastrojo de trigo picado. Test LSD Fisher ^{a,b} ($\alpha < 0,05$); ^{x,y} ($\alpha < 0,10$).

⁴ Error estándar medio.

⁵ Materia seca.

⁶ Materia orgánica

⁷ Proteína bruta.

⁸ Fibra detergente neutro.

⁹ Fibra detergente ácido.

3.3. Concentración de metabolitos y hormonas

No se detectaron interacciones triple ni dobles entre los factores para los metabolitos y hormonas evaluadas ($P \geq 0,12$; Cuadro 3.4). El efecto del tiempo no fue significativo excepto para URE ($P = 0,04$) y HC ($P = 0,001$) que alcanzaron mayores valores al desleche (día 54). Se registró una tendencia ($P = 0,07$) de mayor concentración de IGF-I a la mitad de la crianza (día 27).

Las concentraciones séricas preprandial de GLU, URE, TG, HC, IGF-I e INS no fueron afectadas por GDS ni RT ($P \geq 0,13$). En consecuencia, la relación INS/GLU resultó similar en ambos niveles de los factores. Sin embargo, las curvas de concentración de los parámetros sanguíneos no presentaron un patrón similar entre los tratamientos durante la crianza (Figura 3.4). Además, se observó una marcada dispersión de los valores dentro de cada tratamiento y momento de análisis.

Cuadro 3.4. Parámetros sanguíneos en terneros consumiendo alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT) durante la etapa de crianza (día 14 al 54 del ensayo)

Concentración sérica	GDS ¹		RT ²			P- valor ³						
	0	28	SRT	CRT	EEM ⁴	GDS	RT	GDS × RT	T	GDS × T	RT × T	GDS × RT × T
GLU ⁵ , mg/dl	50,52	50,67	51,14	50,05	3,46	0,975	0,832	0,615	0,296	0,648	0,282	0,799
URE ⁶ , mg/dl	12,56	11,31	12,41	11,47	1,18	0,476	0,581	0,201	0,036	0,554	0,506	0,308
TG ⁷ , mg/dl	29,48	24,07	24,38	29,17	3,28	0,175	0,226	0,237	0,500	0,253	0,852	0,188
INS ⁸ , ng/ml	1,39	1,45	1,45	1,40	0,09	0,654	0,729	0,830	0,421	0,571	0,826	0,188
HC ⁹ , ng/ml	42,55	69,06	60,31	51,29	13,67	0,127	0,586	0,307	0,001	0,115	0,660	0,134
IGF-I ¹⁰ , ng/ml	110,88	130,34	123,08	118,15	31,79	0,671	0,919	0,858	0,077	0,347	0,924	0,149
Relación INS/GLU ¹¹	2,79	3,00	2,77	3,02	0,30	0,627	0,569	0,878	0,128	0,416	0,456	0,147

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor oferta rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT).

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto de la oferta de rastrojo de trigo picado; GDS × RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la oferta de rastrojo de trigo picado; T: efecto de la semana de ensayo; GDS × T: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la semana de ensayo; RT × T: interacción entre la oferta de rastrojo de trigo picado y la semana de ensayo; GDS × RT × T: interacción entre nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz, la oferta de rastrojo de trigo picado y semana de ensayo. Test LSD Fisher ^{a,b} ($\alpha < 0,05$); ^{x,y} ($\alpha < 0,10$).

⁴ Error estándar medio.

⁵ Glucosa.

⁶ Urea.

⁷ Triglicéridos.

⁸ Insulina.

⁹ Hormona de crecimiento.

¹⁰ Factor de crecimiento insulínico tipo I.

¹¹ Relación insulina/glucosa, expresada como ng/dl de insulina sobre mg/dl de glucosa.

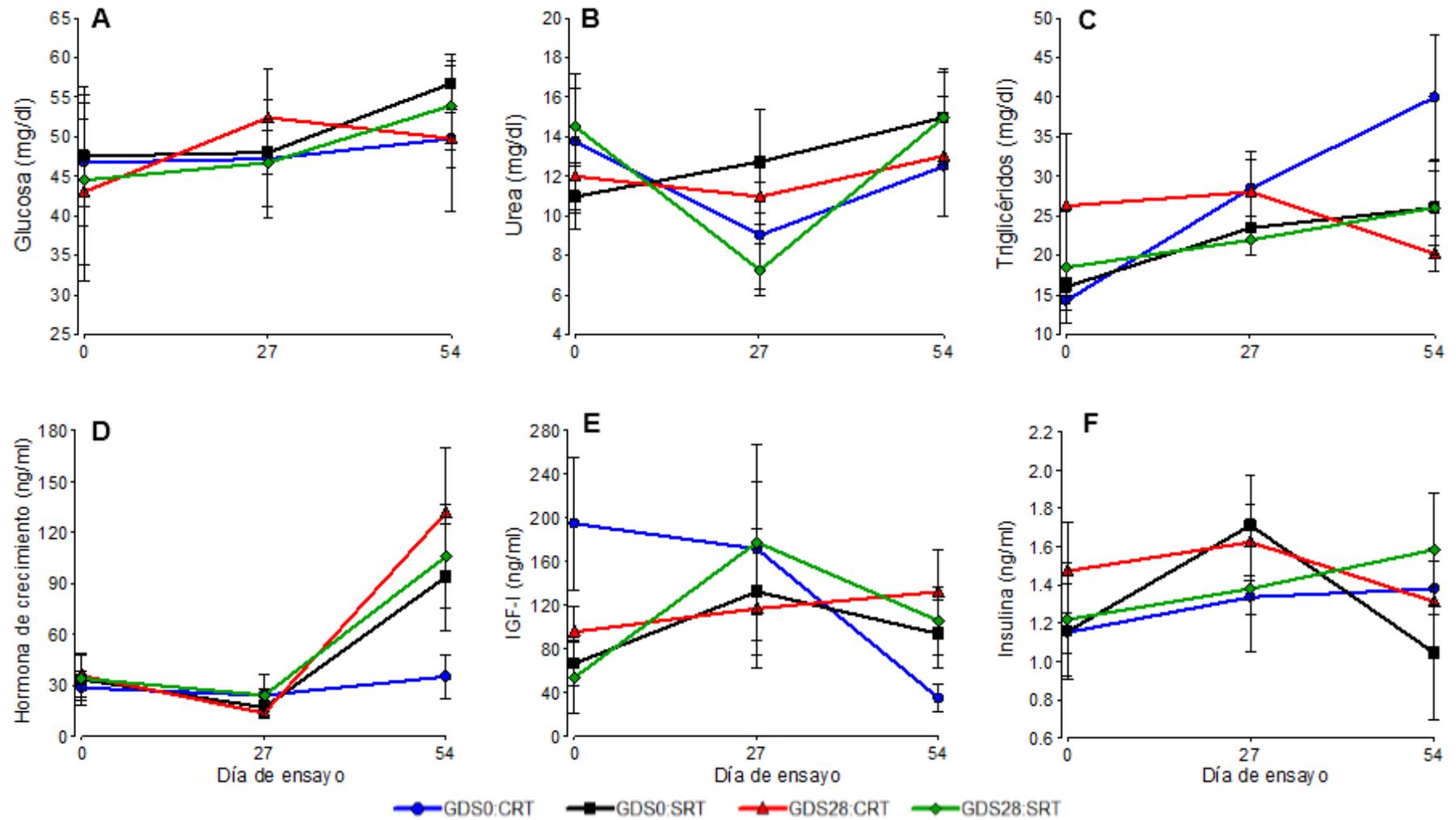


Figura 3.4. Concentración sérica de glucosa (A), urea (B), triglicéridos (C), hormona de crecimiento (D) y factor de crecimiento insulínico tipo I (IGF-I; E) e insulina (F) en terneros consumiendo alimento balanceado control (sin granos destilados; GDS0) o con el 28% de granos destilados secos de maíz (GDS28) y con (CRT) o sin (SRT) oferta de rastrojo de trigo. Las barras representan el error estándar.

3.4. Caracterización del ambiente ruminal

Como se mencionó en la sección de materiales y métodos, la caracterización del ambiente ruminal (pH y AGV) se llevó a cabo sobre muestras individuales de líquido ruminal extraídas, mediante la técnica de ruminocentesis dorsal, al día 63 del ensayo. Las punciones ruminales se realizaron sobre los primeros 4 terneros asignados por tratamientos, a los cuales se los continuó alimentando con la dieta sólida de crianza después del desleche.

Los resultados revelan una tendencia a mayor valor de pH ruminal ($P = 0,051$) en aquellos que consumieron RT (CRT: 6,41 vs. SRT: 5,63; Cuadro 3.5). Aunque también se detecta que este tiende a aumentar únicamente en GDS28 (GDS \times RT, $P = 0,07$). Mientras que, la concentración de AGV total tendió a ser superior en GDS0 vs. GDS28 (69,65 vs.46,04 mM/L; $P = 0,08$); no detectándose diferencias en la proporción de ácido acético, propiónico y butírico ni en la relación acético:propiónico entre los tratamientos ($P \geq 0,38$).

Cuadro 3.5. Caracterización del ambiente ruminal (al día 63 del ensayo) en terneros consumiendo alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT), al día 63 del ensayo.

Ítem	GDS ¹		RT ²			P- valor ³		
	0	28	SRT	CRT	EEM ⁴	GDS	RT	GDS \times RT
pH ruminal	5,95	6,09	5,63 ^x	6,41 ^y	0,25	0,707	0,051	0,074
AGV total, mM/L	69,65 ^x	46,04 ^y	49,51	66,18	8,74	0,080	0,202	0,300
Proporción de AGV, %								
Acético	47,66	46,56	46,56	47,66	1,09	0,491	0,491	0,520
Propiónico	44,18	44,85	45,23	43,80	1,22	0,702	0,423	0,378
Butírico	8,18	8,58	8,23	8,53	0,71	0,698	0,770	0,594
Acético:Propiónico	1,09	1,05	1,04	1,10	0,05	0,572	0,447	0,487

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT) suministro.

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto del rastrojo de trigo picado; GDS \times RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y rastrojo de trigo picado. Test LSD Fisher ^{a,b} ($\alpha < 0,05$); ^{x,y} ($\alpha < 0,10$).

3.5. Efectos residuales en la etapa de recría

Desde el día 65 al 110 del ensayo, se evaluaron potenciales incidencias residuales de los tratamientos dietarios de crianza sobre la respuesta animal y la digestibilidad aparente de terneros consumiendo una única dieta de recría (compuesta por GM al 1,5% del PV, ES al 0,5% del PV y HA *ad libitum*). Durante este período, se observó un efecto significativo del tiempo sobre todas las variables analizadas ($P \leq 0,03$) pero sin detectarse interacciones entre GDS \times RT \times tiempo ($P \geq 0,13$), GDS \times tiempo ($P \geq 0,50$), ni RT \times tiempo (excepto para la variable CMST, $P = 0,03$; Cuadro 3.6).

El consumo de HA (CHA) resultó superior en un 14,4% ($P = 0,04$) en aquellos terneros que habían consumido RT en la crianza (CRT: 1528 vs. SRT: 1336 g/día). Mientras que el consumo de concentrado fue similar entre los tratamientos ($P \geq 0,55$), aunque 4,8% inferior en aquellos previamente alimentados CRT (Cuadro 3.6). Por

consiguiente, el incremento en el CHA no repercutió en un mayor CMST en los terneros CRT vs. SRT (3039 vs. 2920 g/día, $P = 0,22$), excepto desde el día 96 al 110 del ensayo (3950 vs. 3640 g/día respectivamente, $RT \times tiempo P = 0,03$; Figura 3.5). El cual no implicó un aumento significativo en la relación CHA/CMST (49,3 vs. 44,9%, $P = 0,14$).

El ADPV y el PV al final del ensayo (día 110) fueron similares entre los tratamientos ($P \geq 0,34$; Cuadro 3.6). Consecuentemente, no se hallaron diferencias en la CA (media general 0,3 ADPV/CMST; $P \geq 0,42$). Por otro lado, el ADALT y la ALT final resultaron mayores en los terneros CRT ($P \leq 0,04$), aunque se detecta que este efecto tiende a ser significativo ($GDS \times RT$, $P \leq 0,10$) únicamente en los terneros alimentados con GDS0.

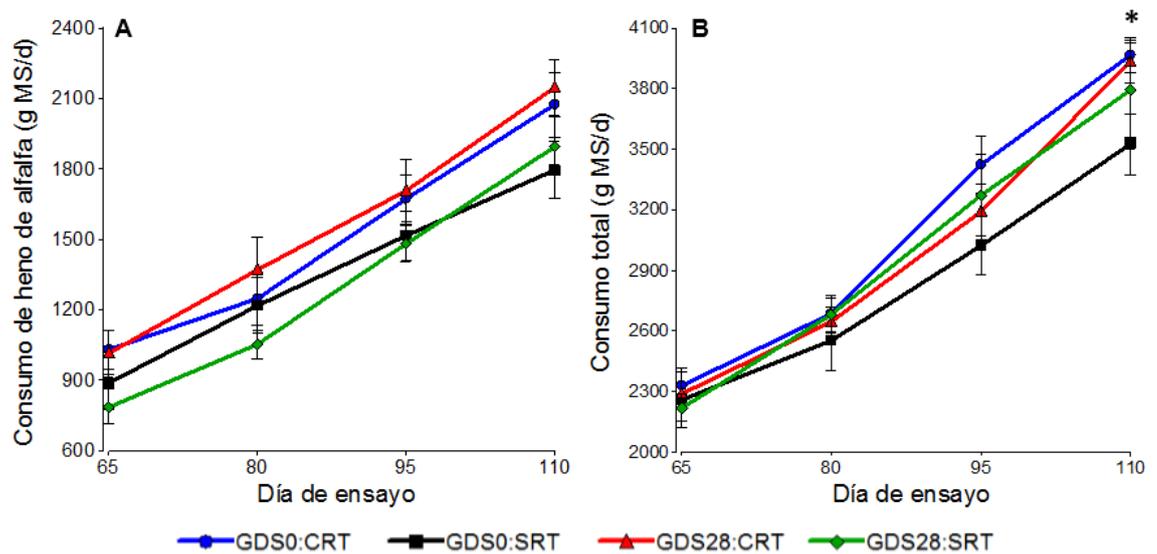


Figura 3.5. Evolución del consumo de heno de alfalfa (A) y total (B) durante la etapa de recría, en terneros que previamente consumieron alimento balanceado control (sin granos destilados; GDS0) o con el 28% de granos destilados secos de maíz (GDS28) y con (CRT) o sin (SRT) oferta de rastrojo de trigo. Las barras representan el error estándar. Para cada punto de tiempo, * denota diferencias significativas (Test LSD Fisher $P < 0,05$) entre los tratamientos con vs. sin oferta de rastrojo de trigo picado.

Cuadro 3.6. Respuesta animal durante la etapa de recría (día 65 al 110 del ensayo) en terneros que previamente consumieron alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT) durante la crianza

Ítem	GDS ¹		RT ²		EEM ⁴	P- valor ³							
	0	28	SRT	CRT		GDS	RT	GDS × RT	T	GDS × T	RT × T	GDS × RT × T	
Consumo, g MS/día													
Concentrado (MZ + ES) ⁵	1547	1559	1589	1516	84	0,924	0,547	0,172	< 0,001	0,863	0,209	0,131	
Heno de alfalfa	1438	1426	1336 ^b	1528 ^a	62	0,896	0,037	0,352	< 0,001	0,857	0,869	0,709	
CMST ⁶	2985	2974	2920	3039	66	0,905	0,215	0,379	< 0,001	0,616	0,031	0,682	
Relación CHA/CMST, ⁷ %	47,22	47,03	44,92	49,33	2,08	0,948	0,141	0,183	< 0,001	0,680	0,189	0,412	
ADPV, ⁸ g/día	854	898	869	883	32	0,336	0,776	0,789	< 0,001	0,911	0,985	0,970	
PV ⁹ final, kg	115,3	117,5	116,2	116,6	2,1	0,450	0,902	0,934	-	-	-	-	
CA, ¹⁰	0,292	0,303	0,304	0,292	0,010	0,433	0,420	0,656	0,005	0,918	0,950	0,918	
ALT ¹¹ final, cm	99,7	98,3	98,0 ^b	99,9 ^a	16,0	0,110	0,021	0,067	-	-	-	-	
ADALT, ¹² cm/día	0,23	0,21	0,20 ^b	0,23 ^a	0,01	0,239	0,036	0,103	0,027	0,500	0,746	0,680	

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT) suministro.

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto del rastrojo de trigo picado; GDS × RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y rastrojo de trigo picado; T: efecto de la semana de ensayo; GDS × T: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la semana de ensayo; RT × T: interacción entre el rastrojo de trigo picado y la semana de ensayo; GDS × RT × T: interacción entre nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz, rastrojo de trigo picado y semana de ensayo. Test LSD Fisher ^{a,b} ($\alpha < 0,05$); ^{x,y} ($\alpha < 0,10$).

⁴ Error estándar medio.

⁵ Consumo de concentrado (grano de maíz entero y expeler de soja).

⁶ Consumo de materia seca total (consumo de grano de maíz entero, expeler de soja y heno de alfalfa).

⁷ Relación consumo de heno de alfalfa/consumo de materia seca total.

⁸ Aumento diario de peso vivo.

⁹ Peso vivo de los terneros.

¹⁰ Conversión alimenticia (aumento diario de peso vivo/consumo de materia seca total).

¹¹ Altura a la cruz.

¹² Aumento diario de altura a la cruz.

La DA de la dieta de recría estimada en cuatro terneros/tratamiento desde el día 60 al 63 (Cuadro 3.7), arrojó una tendencia a menor valor de digestibilidad de la MO en los terneros previamente alimentados con RT en la etapa de crianza (CRT: 74,51 vs. SRT: 78,33%, $P = 0,053$). Además, la DA de la MS tendió a ser inferior (en 4,7%) en este grupo (73,12 vs. 76,58% respectivamente, $P = 0,09$). No se detectaron efectos de GDS ni de RT sobre la DA de la PB, FDN ni FDA ($P \geq 0,16$). El consumo medio de nutrientes durante los días de medición de la DA fue estadísticamente similar entre los tratamientos (Cuadro 3.8). Aunque, se detectó una tendencia en la interacción entre GDS \times RT ($P = 0,06$) para el consumo de MS y MO, siendo las medias marginales de los mismos superiores en GDS28:CRT y GDS0:CRT. Además, el consumo de PB tendió ($P = 0,09$) a ser mayor en los terneros CRT vs. SRT (434 vs. 381 g PB/día), al igual que la relación CHA/CMST registrada durante el período de medición (45,1 y 37,5% para CRT y SRT, $P = 0,09$).

Mientras que, en la segunda medición de DA de la dieta de recría (día 90 al 93) no se observaron efectos residuales de los factores GDS ni RT ($P \geq 0,15$, Cuadro 3.9). Durante esta determinación, los consumos medios de nutrientes ($P \geq 0,13$; Cuadro 3.10) y la relación CHA/CMST resultaron similares entre los tratamientos (CRT: 51,7 vs. SRT: 48,1%, $P \geq 0,29$).

Cuadro 3.7. Digestibilidad aparente de los nutrientes (desde el día 60 al 63 del ensayo) en terneros consumiendo una única dieta de recría, previamente alimentados con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT)

Digestibilidad, %	GDS ¹		RT ²		EEM ⁴	P-valor ³		
	0	28	SRT	CRT		GDS	RT	GDS \times RT
MS ⁵	75,85	73,84	76,58 ^x	73,12 ^y	1,33	0,305	0,090	0,978
MO ⁶	77,52	75,33	78,33 ^x	74,51 ^y	1,26	0,242	0,053	0,739
PB ⁷	75,22	75,91	75,23	75,90	1,33	0,720	0,726	0,144
FDN ⁸	58,06	51,14	55,65	53,55	3,29	0,163	0,659	0,490
FDA ⁹	56,76	49,51	54,65	51,62	5,50	0,370	0,704	0,721

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor oferta de rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT).

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto de la oferta de rastrojo de trigo picado; GDS \times RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la oferta de rastrojo de trigo picado. Test LSD Fisher ^{a,b} ($\alpha < 0,05$); ^{x,y} ($\alpha < 0,10$).

⁴ Error estándar medio.

⁵ Materia seca.

⁶ Materia orgánica

⁷ Proteína bruta.

⁸ Fibra detergente neutro.

⁹ Fibra detergente ácido.

Cuadro 3.8. Consumo medio de nutrientes (desde el día 60 al 63 del ensayo) en terneros alimentados con una única dieta de recría, que previamente consumieron alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT)

Consumo, g MS/día	GDS ¹		RT ²			P-valor ³		
	0	28	SRT	CRT	EEM ⁴	GDS	RT	GDS × RT
MS ⁵	1920	1914	1894	1941	70	0,952	0,658	0,065
MO ⁶	1785	1779	1774	1790	69	0,958	0,883	0,060
PB ⁷	405	410	381 ^y	434 ^x	20	0,881	0,088	0,900
FDN ⁸	561	552	522	591	39	0,865	0,230	0,296
FDA ⁹	308	306	281	334	29	0,961	0,224	0,395
MS ⁵ digestible	1458	1411	1440	1429	67	0,636	0,916	0,146

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor oferta de rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT).

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto de la oferta de rastrojo de trigo picado; GDS × RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la oferta de rastrojo de trigo picado. Test LSD Fisher ^{a,b} ($\alpha < 0,05$); ^{x,y} ($\alpha < 0,10$).

⁴ Error estándar medio.

⁵ Materia seca.

⁶ Materia orgánica

⁷ Proteína bruta.

⁸ Fibra detergente neutro.

⁹ Fibra detergente ácido.

Cuadro 3.9. Digestibilidad aparente de los nutrientes (desde el día 90 al 93 del ensayo) en terneros consumiendo una única dieta de recría, previamente alimentados con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT)

Digestibilidad, %	GDS ¹		RT ²			P-valor ³		
	0%	28%	SRT	CRT	EEM ⁴	GDS	RT	GDS × RT
MS ⁵	74,23	75,81	74,79	75,24	1,36	0,427	0,820	0,470
MO ⁶	75,21	76,61	75,64	76,18	1,32	0,469	0,777	0,482
PB ⁷	73,13	74,67	72,26	75,55	1,52	0,490	0,152	0,553
FDN ⁸	61,81	62,85	62,14	62,52	1,93	0,709	0,894	0,717
FDA ⁹	56,48	57,06	57,16	56,38	2,32	0,862	0,815	0,529

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor oferta de rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT).

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto de la oferta de rastrojo de trigo picado; GDS × RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la oferta de rastrojo de trigo picado. Test LSD Fisher ^{a,b} ($\alpha < 0,05$); ^{x,y} ($\alpha < 0,10$).

⁴ Error estándar medio.

⁵ Materia seca.

⁶ Materia orgánica

⁷ Proteína bruta.

⁸ Fibra detergente neutro.

⁹ Fibra detergente ácido.

Cuadro 3.10. Consumo medio de nutrientes (desde el día 90 al 93 del ensayo) en terneros alimentados con una única dieta de recría, que previamente consumieron alimento balanceado con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT)

Consumo, g MS/día	GDS ¹		RT ²			P- valor ³		
	0	28	SRT	CRT	EEM ⁴	GDS	RT	GDS × RT
MS ⁵	3435	3381	3312	3504	108	0,735	0,233	0,495
MO ⁶	3165	3086	3029	3223	98	0,590	0,185	0,306
PB ⁷	732	721	701	752	22	0,734	0,127	0,879
FDN ⁸	1067	1028	1010	1085	47	0,578	0,282	0,318
FDA ⁹	575	565	546	594	35	0,861	0,344	0,402
MS ⁵ digestible	2554	2566	2480	2641	111	0,940	0,322	0,798

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor oferta de rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT).

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto de la oferta de rastrojo de trigo picado; GDS × RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y la oferta de rastrojo de trigo picado. Test LSD Fisher ^{a,b} ($\alpha < 0,05$); ^{x,y} ($\alpha < 0,10$).

⁴ Error estándar medio.

⁵ Materia seca.

⁶ Materia orgánica

⁷ Proteína bruta.

⁸ Fibra detergente neutro.

⁹ Fibra detergente ácido.

Los resultados de pH ruminal obtenidos en la primera ruminocentesis (día 63 del ensayo) realizada en terneros que se hallaban consumiendo la dieta de recría desde el desleche, revelan valores superiores en aquellos alimentados previamente con GDS28 vs. GDS0 (7,0 vs. 6,7; $P = 0,03$) y similares entre SRT y CRT ($P = 0,15$). En tanto, en la segunda determinación (día 93 del ensayo) no se detectaron efectos residuales de los tratamientos dietarios de crianza sobre esta variable ($P \geq 0,40$; Cuadro 3.11).

Cuadro 3.11. pH ruminal (al día 63 y 93 del ensayo) en terneros consumiendo una única dieta de recría, previamente alimentados con o sin granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado y con o sin oferta de rastrojo de trigo picado (RT)

pH ruminal	GDS ¹		RT ²			P- valor ³		
	0	28	SRT	CRT	EEM ⁴	GDS	RT	GDS × RT
Día 63	6,72 ^b	7,00 ^a	6,77	6,95	0,08	0,033	0,145	0,793
Día 93	6,68	6,53	6,53	6,67	0,12	0,400	0,440	0,937

¹ Factor nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz (GDS) en el alimento balanceado: 0 y 28%.

² Factor rastrojo de trigo picado (RT): sin (SRT) o con (CRT) suministro.

³ GDS: efecto del nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz; RT: efecto del rastrojo de trigo picado; GDS × RT: interacción entre el nivel de inclusión de granos destilados secos de maíz y rastrojo de trigo picado. Letras diferentes indican diferencias significativas. Test LSD Fisher ($\alpha < 0,05$).

DISCUSIÓN

La escasa información disponible sobre los efectos de la incorporación de GDS en la dieta de terneros lactantes y las controversias que existen sobre la conveniencia de suministrar forraje a temprana edad merecen ser estudiadas en profundidad. El ensayo planteado en esta tesis trata de responder estos dos interrogantes. La falta de antecedentes para esta categoría de animales en cuanto algún posible efecto de diferencias en degradación ruminal de las proteínas de los suplementos utilizados (ES vs. GDS) sobre la digestibilidad de la fibra y el consumo de forraje y/o total requiere un abordaje cuyo análisis permita dirimir la existencia o no de interacciones entre los factores de estudio. Los resultados obtenidos, como era esperado, no muestran la existencia de interacciones significativas entre la inclusión de GDS en el alimento balanceado y la oferta de RT para las distintas variables evaluadas. Con excepción de CDS y CMST durante los días previos al desleche, que serán analizadas en detalle. Para las demás variables, se discuten los efectos de los factores principales de forma independiente.

4.1. Efectos de la inclusión de granos destilados secos de maíz en el alimento balanceado sobre la digestión y respuesta animal

La composición química de los balanceados, a pesar de haber sido formulados iso energéticos-proteicos, fue similar pero no resultó la misma. El alimento balanceado GDS28 presentó menor contenido de PB (18,4 vs. 20,1%) y almidón (36,8 vs. 38,3%), y mayor FDN (28,4 vs. 19,9%), FDA (8,2 vs. 6,8%) y EE (5,1 vs. 4,1%), con respecto al balanceado sin GDS. Estas diferencias composicionales no afectaron el CBAL, CDS ni CMST, pero se reflejaron en un mayor consumo de fibra (FDN y FDA) durante la determinación de DA de la dieta de crianza (día 60 al 63 del ensayo). En coincidencia, Thomas et al. (2006a) encontraron similar nivel de consumo en terneros menores a 2 meses de edad alimentados con concentrados iniciadores que contenían 0, 28 y 56% de GDS (en base seca), en reemplazo parcial de grano de maíz, avena y harina de soja. De igual manera, en los ensayos de crianza (0-56 días de vida) de Suarez-Mena et al. (2011) no se detectaron diferencias en consumo al comparar niveles de incorporación de GDS de 0, 10 y 20% o de 0 vs. 49% en sustitución parcial de harina de soja y maíz rolado.

La mayor DA de la FDN y FDA de la dieta sólida de crianza alcanzada en GDS28 puede atribuirse a que los GD contienen grandes cantidades de FDN (32-49%; Al-Suwaiegh et al., 2002; Spiehs et al., 2002; Anderson et al., 2006), pero baja concentración de lignina, por lo que resulta alta la digestibilidad de su fibra (62-71%; Birkelo et al., 2004; Vander Pol et al., 2009). En cambio, el alimento balanceado GDS0 estuvo conformado por un mayor porcentaje de AT (30 vs. 16%), el cual se caracteriza por contener similar porcentaje de FDN ($42,2 \pm 9,5\%$; Gaggiotti et al., 2008) que los GD pero presenta una baja digestibilidad de su pared celular (53,4%, Salado et al., 2005).

Suarez-Mena et al. (2011) observó una disminución del 10% de la DA de la MS en terneros alimentados con 49 vs. 0% GDS. Sin embargo, en ese estudio el contenido de lípidos del concentrado con GDS prácticamente duplicó al del control (7,0 vs. 3,2%), pudiendo haber afectado la fermentación ruminal y por ende, la digestibilidad de la MS (NRC, 2001). Además, altos niveles de materia grasa en el concentrado iniciador pueden afectar negativamente el consumo y la respuesta animal (Miller et al., 1959). En

coincidencia, Kuehn et al. (1994) al evaluar dos niveles de contenido de grasa en el iniciador (7,3 vs. 3,7%) registraron un menor PV al finalizar el período de crianza y una depresión en el CMS después del desleche en los terneros alimentados con el iniciador alto en grasa.

La inclusión de GDS en el alimento balanceado no afectó el ADPV durante la etapa de crianza. Thomas et al. (2006a) encontraron similitud entre los tratamientos 0, 28 y 56% de GDS sobre el PV (75,8, 75,1 y 75,2 kg PV; respectivamente) y ADPV (820, 810 y 810 g/día; respectivamente). En concordancia, Suarez-Mena et al. (2011) al incluir 0, 10, 20% de GDS en el concentrado iniciador de terneros alimentados con baja o alta cantidad de SL (670 o 1072 g/día) hallaron similares ADPV entre los niveles de GDS (590, 570 y 630 g/día; respectivamente) durante la crianza (día 0 al 56). Sin embargo, los mismos autores en otro ensayo informaron que la inclusión del 49% de GDS redujo la ganancia de peso en un 6% desde el día 28 al 56 de vida con respecto al tratamiento control (0%). Chestnut y Carr (2007) encontraron que la incorporación de hasta un 20% de GDS en el concentrado iniciador (con el agregado de 0,1 % de L-lisina HCl) no afectó el ADPV.

Dado a que no se hallaron diferencias en el consumo ni en ADPV, la CA (ADPV/CMST) de estos resultó similar independientemente si los terneros consumieron alimento balanceado con o sin GDS. En coincidencia, Suarez-Mena et al. (2011) no encontraron efectos sobre la conversión al incorporar hasta un 49% de GDS en el concentrado iniciador en terneros menores a 2 meses de edad. En tanto, Thomas et al. (2006a) hallaron una disminución de la misma a medida que se incrementó el nivel de inclusión (evaluando 0, 28 y 56% de GDS). No obstante, al comparar los resultados de estos ensayos no sólo se debe considerar el porcentaje de participación de los GDS, sino también la composición química de este y el tipo y calidad nutricional de los alimentos que se sustituyeron para su incorporación. En el presente estudio, los GDS utilizados tuvieron un valor similar de PB que el empleado por Suarez-Mena et al. (2011; 29,2 y 30,2%, respectivamente), pero presentaron un mayor contenido de FDN (59,8 vs. 26,5%) y FDA (17,5 vs. 11,0%). En los resúmenes publicados por Thomas et al. (2006ab) y Chestnut y Carr (2007) no se detalla la composición nutricional de los mismos. Además, en la actual investigación, los GDS se incorporaron en reemplazo del 67% del ES y el 47% del AT del alimento balanceado control, mientras que Suarez-Mena et al. (2011) sustituyeron hasta el 100% del grano de maíz rolo y el 38% de la harina de soja para incluirlo. Thomas et al. (2006ab) mencionan el reemplazo parcial del grano de maíz, avena y harina de soja por GDS, en dietas formuladas con 22% de PB, pero no detallan el porcentaje de sustitución de cada uno de ellos. De igual manera, Chestnut y Carr (2007) no informan los porcentajes de participación de los alimentos en los concentrados iniciadores evaluados.

La curva de crecimiento, determinada mediante la evolución de la ALT, no fue afectada por la incorporación de GDS en el alimento balanceado. Thomas et al. (2006a) no hallaron efectos para esta variable (registrada desde el nacimiento a la semana 12 de vida) utilizando el mismo nivel de inclusión, pero registraron una media inferior al incorporarlo en un mayor porcentaje (56% de GDS). Aunque, esta diferencia no se detectó en otras variables como la altura a la cadera ni la circunferencia al tórax.

La concentración media de los metabolitos y hormonas, analizada a la mitad y final de la crianza, resultó similar entre los tratamientos. Esta respuesta está en concordancia con la ausencia de diferencias significativas entre los tipos de balanceados evaluados sobre variables asociadas a la performance animal. Los resultados de URE sérica y DA de la PB indicaría que los GDS (con el agregado de mínimas cantidades de

lisina) pueden sustituir parcialmente la proteína proveniente del ES, sin generar efectos adversos. No obstante, estos resultados deberían corroborarse con un mayor número de terneros por tratamiento al utilizado en este ensayo ($n = 4$). Suarez-Mena et al. (2011) no encontraron diferencias en la concentración de URE ni proteína total en plasma entre los terneros alimentados con distintos porcentajes (0, 10 y 20%) de GDS. Asimismo, no hallaron efectos sobre el CMS, ADPV, CA, peso de los órganos del tracto gastrointestinal ni desarrollo de las papilas ruminales.

El pH del líquido ruminal de los terneros que consumieron la dieta sólida de crianza (medida al día 63 del ensayo) resultó similar entre GDS0 y GDS28 (5,95 y 6,09). Thomas et al. (2006b), al momento del sacrificio (12 semanas de vida), no obtuvieron diferencias entre los tratamientos 0 y 28% (5,38 y 5,28), pero sí entre 0 y 56% de GDS (5,38 y 5,14). Esto se atribuye a que, si bien los GD pueden contribuir a reducir los problemas de acidosis cuando se los utiliza para reemplazar alimentos ricos en almidón (Klopfenstein et al., 2008; Schingoethe et al., 2009), una alta participación de estos en la dieta puede generar la formación excesiva de sulfuro de hidrógeno a nivel ruminal (especialmente en GD con elevado S), disminuyendo así el pH (Vanness et al., 2009). En el presente trabajo, los alimentos balanceados evaluados tuvieron similar contenido de almidón (GDS0: 38,3 y GDS28: 36,8%), debido a que la inclusión de GDS sustituyó parcialmente el ES y el AT, pero no el grano de maíz del control. Además, el porcentaje de S de estos fue prácticamente el mismo (GDS0: 0,20 y GDS28: 0,21%). Por lo que, era de esperar que no se generara un efecto sobre pH ruminal.

La concentración total de AGV tendió a ser menor en GDS28, sin detectarse diferencias en el perfil de los ácidos. Esta tendencia puede atribuirse a que, en general, solo alrededor del 50% de la MS de los GDS es degradada a nivel ruminal. Cao et al. (2009) al evaluar GDS con diferentes porcentajes de incorporación de solubles condensados (0, 23, 27 y 40%) obtuvieron una media de degradabilidad ruminal de la MS de 48,6% (43,4, 45,8, 49,6 y 55,6%, respectivamente) en bovinos adultos. En coincidencia, Maxin et al. (2013) hallaron una degradabilidad efectiva del 55,5% de la MS y Gao et al. (2015) informaron que aproximadamente la mitad de la muestra original de GDS se degradó a las 64 h de incubación en el rumen de ovejas (50,2% de la MS y 49,6% de la MO). Además, alrededor del 45-63% de la PB de los GDS no está disponible para la microbiota ruminal (Erickson et al., 2005).

En las investigaciones consultadas, la degradabilidad ruminal del ES en rumiantes adultos ha sido superior al de los GDS. Por ejemplo, Brunetti et al. (2016) informaron un rango de degradación ruminal de la MS de 81,9 a 95,5% y de PB de 73,1 a 95,6% en ES expuestos a diferentes temperaturas de extrusión (110 a 150°C). Por lo tanto, se deduce que posiblemente el balanceado GDS0 aportó más nutrientes a nivel ruminal que el GDS28, lo cual se vio reflejado en una tendencia de mayor concentración de AGV. Por otro lado, se considera poco probable que haya existido un efecto relevante de la composición lipídica diferencial de los alimentos sobre la fermentación ruminal debido a la baja concentración de EE de ambos balanceados (GDS0: 4,1 y GDS28: 5,1%).

En terneros (de 12 semanas de edad), Thomas et al. (2006b) hallaron similar concentración de AGV en el fluido ruminal entre los distintos niveles de inclusión de GDS (0, 28 y 56%). Incluso aquellos que consumieron GDS registraron mayor número de papilas por superficie de tejido ruminal en comparación al tratamiento control. Sin embargo, este efecto positivo fue contrarrestado por un menor tamaño y superficie individual de las papilas. Suarez-Mena et al. (2011) no encontraron efectos de la inclusión de GDS (10 o 20%) sobre el desarrollo del rumen (largo y ancho de las papilas

y espesor de la pared ruminal) ni el peso de los órganos (retículo, rumen, omaso, abomaso e hígado) de terneros de 35 días de vida. Estos resultados indicarían que si bien los GDS son deficitarios en almidón ($\leq 5 - 10\%$; Schingoethe et al., 2009), su incorporación en baja proporción ($\leq 20\%$) no produciría un impacto negativo sobre el crecimiento y desarrollo del epitelio ruminal.

En tanto, Leupp et al. (2008) informaron en novillos en crecimiento alimentados con 15, 30, 45 o 60% de GDS (en reemplazo parcial de maíz seco rolado y harina de girasol), una disminución lineal de la concentración total de AGV y un aumento del pH al incrementar el nivel de inclusión de estos. Conjuntamente, la proporción de acético descendió mientras que la de propiónico y butírico fueron similares entre los tratamientos, lo cual generó una menor relación acético:propiónico. A diferencia de lo hallado por estos autores, en este trabajo con una inclusión de menos del 30% no se encontraron dichos efectos.

Por último, el consumo de alimento balanceado con GDS durante la crianza no produjo efectos residuales sobre la respuesta animal ni la digestibilidad aparente de la dieta en la etapa de recría (día 65 al 110 de ensayo). Esto hace presumir que el grado de crecimiento y desarrollo alcanzado al desleche fue semejante entre GDS0 y GDS28. Únicamente se registró un aumento en el pH del líquido ruminal, al día 63 del ensayo, en los animales que previamente se les había suministrado GDS. Sin embargo, estos habían dejado de consumir balanceado 9 días antes de la extracción de la muestra. Además, en la ruminocentesis realizada sobre terneros alimentados con las raciones sólidas de crianza estas diferencias no se registraron, por lo que resulta poco razonable que se hayan detectado bajo una nueva dieta. Considerando, el bajo número de individuos utilizados para esta determinación (cuatro por tratamiento) y la alta variabilidad del pH ruminal en bovinos en crecimiento (Laarman y Oba, 2011), se sospecha que esta respuesta esté asociada a un efecto animal.

4.2. Efectos de la provisión de rastrojo de trigo en la dieta de crianza sobre la digestión y respuesta animal

El consumo de RT tendió a incrementar el CBAL y aumentó el CDS y CMST en los días previos al desleche. Este efecto positivo hallado sobre el CBAL podría deberse a una mejora en el ambiente ruminal (Coverdale et al., 2004; Khan et al., 2011; Castells et al., 2012; Imani et al., 2017), la cual tendió a generar un mayor pH en los terneros CRT. Mientras que, las diferencias en CDS y CMST se pueden atribuir más a un efecto de adición del RT en la dieta que a un estímulo de este sobre el consumo de balanceado. En la bibliografía, se han encontrado resultados inconsistentes al evaluar la respuesta de la provisión de forraje sobre el consumo de concentrado iniciador y CMST en la crianza (Suarez-Mena et al., 2016). Algunos estudios registraron una depresión de este (Stobo et al., 1966; Hill et al., 2008a), que puede corresponderse con la baja tasa de fermentación de los materiales fibrosos y su consecuente acumulación en el rumen (Drackley, 2008). Sin embargo, varias investigaciones llevadas a cabo en los últimos años hallaron un efecto positivo sobre el nivel de consumo al suplementar con forraje en una proporción menor al 10% de la dieta (Khan et al., 2011; Castells et al., 2012; Montoro et al., 2013; Terré et al., 2013, 2015; EbnAli et al., 2016).

El meta-análisis realizado por Imani et al. (2017), en el cual se consideraron 27 estudios (publicados entre 1998-2016), arrojó un incremento en el consumo de concentrado iniciador de 27, 201 y 83 g/día al proveer una fuente de forraje durante el periodo pre-desleche, pos-desleche y total de crianza, respectivamente. Probablemente, esto puede atribuirse a una mejora en el ambiente ruminal y desarrollo muscular del

rumen (Khan et al., 2011, 2012; Castells et al., 2013). No obstante, la respuesta no fue consistentemente uniforme entre los ensayos considerados en este análisis, indicando que podrían estar modulados por el nivel de inclusión y fuente de forraje (gramínea o leguminosa), método de suministro (libre elección del forraje o ración totalmente mezclada) y forma física del concentrado iniciador (molido, peleteado o texturizado; Imani et al., 2017). Otro factor que podría estar afectando los resultados es la forma física en que se ofrece la fibra (tamaño de picado, en pellet, etc.).

En coincidencia con lo anterior, Suarez-Mena et al. (2016) concluyen en su revisión, que el efecto que genera la provisión de forraje sobre el nivel de consumo depende de la edad del ternero, porcentaje de inclusión, composición nutricional, forma física y palatabilidad del forraje y del concentrado. En general, la disponibilidad de heno puede producir una respuesta positiva cuando el consumo de concentrado provoca riesgo de acidosis ruminal y negativa cuando tal riesgo no existe. Por consiguiente, la ingesta y la tasa de fermentación de los carbohidratos (principalmente del almidón) de la dieta son los principales factores a considerar (Krause y Oetzel, 2006). Pese a ello, pocas publicaciones mencionan el contenido de almidón de los concentrados iniciadores suministrados.

Por ejemplo, Terré et al. (2013) evaluaron la provisión o no de heno picado de avena ofrecido *ad libitum*, utilizando concentrados iniciadores como pellets con baja (18%) o alta (27%) FDN y diferente porcentaje de almidón (43,7 y 34,4%, respectivamente). El consumo de concentrado y CMST fueron similares entre los tratamientos en el periodo pre-desleche (semanas 1 - 6). Posteriormente, durante las semanas pos-desleche, resultaron superiores en los animales suplementados con forraje, independientemente del tipo de concentrado. La causa de esta mejora puede relacionarse al mayor valor de pH ruminal registrado 10 días después del desleche en los terneros con vs. sin suministro de heno (5,7 vs. 5,1, respectivamente). Estos resultados se condicen a los obtenidos en el actual ensayo, siendo el contenido de almidón de los balanceados (38,3 y 36,8% para GDS0 y GDS28, respectivamente) semejante al del concentrado alto en FDN del estudio mencionado.

El pH ruminal de los terneros, generalmente, es menor al informado en bovinos adultos (Laarman y Oba, 2011), siendo frecuentemente inferior a 6 (Anderson et al., 1987; Greenwood et al., 1997; Beharka et al., 1998). Lo cual se asocia al consumo de dietas ricas en carbohidratos rápidamente fermentescible (Lesmeister y Heinrichs, 2004; Laarman y Oba, 2011; Laarman et al., 2012), la relativa baja capacidad de absorción de AGV del epitelio ruminal en desarrollo (Williams et al., 1987; Baldwin et al., 2004) y la limitada producción de saliva (Kay, 1960). Suárez et al. (2007) han informado pH entre 5,31 a 5,09 suministrando raciones que contenían entre 10 a 100% de concentrado. Por consiguiente, la provisión de forraje o materiales fibrosos podría ayudar a aumentar y estabilizar el pH (Khan et al., 2016). En coincidencia, el pH ruminal tendió a ser mayor en los terneros que consumieron la dieta sólida de crianza CRT (6,41) vs. SRT (5,63), siendo la media de este último grupo levemente superior al valor a partir del cual se considera que existe riesgo de acidosis ruminal subaguda (5,5 - 5; Nordlund et al., 1995; Garrett et al., 1999).

Investigaciones llevadas a cabo en los últimos años han encontrado un incremento del pH al suplementar con diferentes fuentes de forrajes (Khan et al., 2011; Castells et al., 2013; Terré et al., 2013; Beiranvand et al., 2014; Mirzaei et al., 2015; Nemati et al., 2016). Los resultados del meta-análisis de Imani et al. (2017) indican que el consumo de estos permitió aumentar el pH en 0,289 y 0,456 durante el período pre y

pos-desleche, respectivamente. Además, Laarman y Oba (2011) hallaron una disminución del tiempo en el cual el pH se mantuvo por debajo de 5,8 cuando el consumo de heno fue superior a 80 g/día, sugiriendo que este cumpliría un rol importante en la mitigación de la acidosis durante la transición al desleche. En contraste, Suárez et al. (2007) no registraron diferencias en pH al reemplazar parte del concentrado de la dieta por silaje de maíz, rastrojo de cebada o gramínea seca picada.

Sin embargo, en la mayoría de los ensayos (incluido el presente) la medición de pH ruminal ha sido efectuada en un solo momento del día y semana de crianza, no pudiendo determinarse las variaciones de este a lo largo del tiempo (Khan et al., 2016). Durante la crianza, este suele declinar con la edad del ternero en respuesta al incremento en el consumo de alimentos sólidos, que estimula una mayor producción de AGV (Greenwood et al., 1997; Beharka et al., 1998; Coverdale et al., 2014; Suarez-Mena et al., 2015; 2016). Además, fluctúa diariamente en función a las horas transcurridas desde el suministro del concentrado. Los valores más bajos habitualmente se encuentran entre 2 a 4 h postprandial, cuando los niveles de AGV son máximos (Stobo et al., 1966; Anderson et al., 1987; Quigley et al., 1992; Suarez-Mena et al., 2015 y 2016). Por lo tanto, el momento de extracción de las muestras de líquido ruminal puede condicionar los resultados de pH y AGV. En la mayoría de la bibliografía consultada estos fueron medidos entre 3 a 4 h después de haber ofrecido el alimento concentrado (Coverdale et al., 2004; Beiranvand et al., 2014; Mirzaei et al., 2015; EbnAli et al., 2016). Mientras que en el presente ensayo, se registró antes de la alimentación de la mañana; siendo quizás esta una de las principales causas de los mayores valores medios de pH y menores de AGV encontrados, en comparación a las citadas investigaciones.

Algunos estudios (Castells et al., 2013; Terré et al., 2013) registraron un mayor pH ruminal en los tratamientos con provisión de forraje, correlacionado negativamente con la concentración total de AGV. De igual manera, el meta-análisis (Imani et al., 2017) arrojó un aumento del pH y una disminución (10,6 y 13,2 mM/L en la etapa pre y pos-desleche, respectivamente) de la concentración ruminal de AGV en los animales que recibieron fibra. En contraste, en este experimento el pH observado tendió a ser superior en los terneros CRT independientemente de la concentración de AGV. Por lo tanto, la diferencia de pH encontrada puede atribuirse a un efecto positivo del forraje sobre el desarrollo de las glándulas salivares (Hodgson, 1971) y de los procesos de masticación y rumia (Phillips, 2004; van Ackeren et al., 2009; Castells et al., 2012; Terré et al. 2013; EbnAli et al., 2016; Mirzaei et al., 2017), que promueve la secreción de saliva e incrementa la capacidad buffer del rumen (Mertens, 1997). Mientras que, al no medirse la producción de AGV no se pueden generar hipótesis respecto a variaciones en las tasas de producción/ absorción ruminal entre los tratamientos. En este sentido, Castells et al. (2013) sugieren que el mayor pH hallado en los terneros suplementados con gramíneas estaría asociado a una mayor expresión del transportador monocarboxílico (MCT1) en la pared ruminal, involucrado en el transporte de lactato, acetato y protones desde el epitelio del rumen al torrente sanguíneo (Müller et al., 2002; Gäbel y Aschenbach, 2006; Kirat et al., 2006; Graham et al., 2007), y/o a un incremento en la tasa de pasaje ruminal que disminuye la concentración de AGV.

En la mayoría de los ensayos, la suplementación con forraje produce un incremento en la proporción molar de acético y de la relación acético/propiónico (Castells et al., 2013; Terré et al., 2013; Mirzaei et al., 2015; EbnAli et al., 2016; Nemati et al., 2016). Además, en el meta-análisis de Imani et al. (2017) se demuestra un efecto positivo sobre los niveles de acético en el período pre y pos-desleche. Este efecto se asocia principalmente con la mayor prevalencia de microorganismos

celulolíticos en este tipo de dietas, que a su vez permiten mejorar la degradación de la fibra (Žitnan et al., 1998). Negativamente, un aumento de la proporción de ácido acético disminuye el desarrollo de las papilas ruminales, en comparación a los ácidos butírico y propiónico (Sander et al., 1959; Tamate et al., 1962; Harmon et al., 1991, Baldwin y McLeod, 2000). El perfil de AGV obtenido en este estudio resultó similar entre los terneros con o sin provisión de RT. Lo cual puede atribuirse al momento del día en el que se realizó la extracción del líquido ruminal (22 - 24 h post alimentación), dado que en las investigaciones consultadas la misma se llevó a cabo a las 2 - 4 h después de la ingesta, donde la concentración de estos ácidos es máxima.

Por otro lado, la DA de los nutrientes de las dietas de crianza resultaron similares entre CRT vs SRT, pero se detectó una tendencia de mayor DA de la FDN y FDA en los terneros suplementados con RT. De igual manera, el consumo de nutrientes durante esta determinación no se diferenció entre ellos, excepto el consumo de FDA que fue mayor en CRT. Esta mejora en la digestibilidad de la fibra no se reflejó en una mayor proporción de ácido acético en este grupo de terneros. Castells et al. (2012) no encontraron diferencias en la DA de MS, MO ni FDN entre proveer o no forraje *ad libitum* y entre las distintas fuentes de forraje evaluadas (heno de alfalfa, raigrás y avena, rastrojo de cebada y silajes de triticale y maíz). Además, hallaron igual o mayor DA de la PB en los terneros alimentados con forraje en comparación a los que no tuvieron acceso al mismo. Los autores atribuyen la similitud en la DA de la FDN a una potencial mejora en el ambiente ruminal, y el incremento de la DA de la PB a diferencias en el consumo total de nutrientes y tasa de pasaje de las dietas.

A sí mismo, Movahedi et al. (2016) obtuvieron similares DA de la MS, MO, FDN y FDA en terneros suplementados *ad libitum* con heno de alfalfa, rastrojo de trigo o sin provisión de forraje. Mientras que, la DA de la PB fue superior en los animales que consumieron heno de alfalfa (18,2% de PB), lo cual posiblemente esté asociado con un inferior consumo de concentrado iniciador registrado en este tratamiento. De igual manera, EbnAli et al. (2016) no hallaron diferencias en la digestibilidad de las dietas al ofrecer heno de alfalfa, en comederos separados o mezclado con el concentrado, con respecto al tratamiento control (sin forraje). Los valores de DA de los nutrientes registrados en el presente ensayo se encuentran dentro de los rangos informados en las investigaciones mencionadas anteriormente (Castells et al., 2012; EbnAli et al., 2016; Movahedi et al., 2016).

La ausencia de diferencias significativas en el nivel de consumo y DA de las dietas generó que el ADPV y la CA resulten similares entre los terneros alimentados con o sin RT. En coincidencia, en el meta-análisis realizado por Imani et al. (2017) no se detectaron efectos de la provisión de forraje sobre el ADPV ni CA de los terneros durante el período pre-desleche. Aunque, en los tratamientos con oferta de forraje se registró un incremento de 54 g/día en ADPV en las semanas inmediatas al pos-desleche y una disminución de la CA en dicho período y durante toda la etapa de crianza (13 y 12 g ADPV/g CMST, respectivamente). Además, encontraron que los terneros suplementados con forraje presentaron mayor PV al desleche y al final del período de crianza, que puede ser atribuido a un incremento en el consumo de concentrado iniciador (Castells et al., 2012; Imani et al., 2017).

Estudios previos han informado inferiores (Hill et al., 2008a, 2010), similares (Castells et al., 2013; Montoro et al., 2013; Terré et al., 2013 y 2015; EbnAli et al., 2015; Jahani-Moghadam et al., 2015; Mirzaei et al., 2015) o superiores (Coverdale et al., 2004; Castells et al., 2012; Beiranvand et al., 2014) ganancias de PV al suplementar con forraje en la crianza. Estas discrepancias observadas pueden ser atribuidas a que en

estos ensayos se han evaluado forrajes de diferentes fuentes, calidad y tamaño de partículas (Movahedi et al., 2016). En el meta-análisis (Imani et al., 2017), el efecto de la provisión de forrajes sobre el ADPV exhibió un comportamiento heterogéneo entre las investigaciones, siendo los principales factores de variación el porcentaje de inclusión y método de suministro (libre elección o ración totalmente mezclada) del forraje y forma física del concentrado iniciador (molido, peleteado o texturizado). Los resultados del mismo indican que se alcanzaría mayor impacto en ganancia de peso suplementando concentrados iniciadores molidos o como pellet con forrajes ofrecidos a niveles superiores al 10% de la dieta, independientemente de la fuente de forraje suministrado.

Sin embargo, el ADPV registrado en terneros que consumen altos niveles de forraje (> 10% del CMST) podría asociarse a un mayor llenado intestinal, el cual incrementa el peso de los órganos del tracto gastrointestinal (Stobo et al., 1966; Hill et al., 2008a; Khan et al., 2011 y 2016; Mirzaei et al., 2015). Así, Stobo et al (1996) al limitar el consumo de concentrado iniciador y ofrecer heno en diferentes proporciones de la dieta (4 al 61% del consumo de alimentos sólidos), hallaron un aumento del llenado intestinal del 24 al 33% del PV. Jahn et al. (1970) y Strozinski y Chandler (1971) informaron un incremento de cerca de 7 a 10% y de 20 al 24% cuando se incorporó heno de 0 a 5% o de 60 a 90% de la dieta, respectivamente. En tanto, Castells et al. (2013) concluyeron que a bajos niveles de inclusión de forraje ($\leq 4\%$ de la dieta) este efecto ha resultado insignificante. En el presente estudio, los terneros CRT consumieron el rastrojo en un 6,7% de la dieta sólida de crianza, por lo que la media del ADPV para este grupo de terneros podría estar sobreestimada debido al mayor tiempo de permanencia de la fibra en el tracto gastrointestinal.

La ALT durante la crianza y la ALTd resultaron similares entre proveer o no RT, detectándose únicamente mayores valores desde el día 22 al 35 del ensayo en los terneros CRT. Aunque, estas diferencias desaparecieron con el transcurso de las semanas. En la mayoría de los trabajos publicados, no se han registrados efectos de la suplementación con diferentes fuentes de forraje sobre medidas de estructura corporal como altura a la cadera o a la cruz, ancho a la cadera, circunferencia al tórax o al abdomen (Hill et al., 2008b; Khan et al., 2011; Beiranvand et al., 2014; Terré et al., 2015). Contrariamente, Hill et al. (2008a) encontraron una disminución lineal en el ancho a la cadera al aumentar el porcentaje de participación del heno de 0 a 5% en la dieta de crianza. En tanto, Mirzaei et al. (2015) y Movahedi et al. (2016) hallaron mayor circunferencia al abdomen al final del ensayo (día 72 y 80, respectivamente) en los terneros con vs. sin oferta de forraje. Este incremento posiblemente pueda deberse a un aumento en el llenado intestinal y volumen de los órganos del tracto gastrointestinal (Khan et al., 2011, Mirzaei et al., 2015).

Por otro lado, las concentraciones séricas preprandial de GLU, URE, TG, HC, IGF-I e INS no fueron afectadas por la suplementación con RT. Esto sugiere que no hubo diferencias relevantes en el estatus nutricional ni en el metabolismo de los terneros (Daniels et al., 2008) alimentados con o sin forraje. No obstante, esta ausencia de respuesta de las dietas y la marcada dispersión de los valores dentro de cada tratamiento y momento de extracción de las muestras puede atribuirse al bajo número de animales utilizados para estas determinaciones ($n = 4$). En tanto, el efecto tiempo exhibió un comportamiento no esperado para GLU, INS, HC e IGF-I. En general la bibliografía, describe que los niveles de GLU e INS durante los primeros días de vida de los terneros son similares a los valores hallados en mamíferos monogástricos y luego decrecen a medida que se convierten en rumiantes funcionales. En tanto, la concentración de HC

(mayor reguladora de la circulación de IGF-I) disminuye en el transcurso del primer año de vida mientras que, la de IGF-I aumenta (Daniels et al., 2008). En el presente estudio no se detectó efecto del tiempo sobre GLU e INS y se observó una tendencia de mayor concentración de IGF-I a la mitad de la crianza y un aumento significativo de la HC al desleche.

En coincidencia, en diferentes investigaciones donde se evaluó la inclusión de forrajes en terneros jóvenes no se han encontrado efectos sobre la concentración de GLU (Terré et al., 2013; Jahani-Moghadam et al., 2015; Movahedi et al., 2016; Mirzaei et al., 2017). Jahani-Moghadam et al. (2015) alimentaron terneros con altos niveles de consumo de leche (cerca del 20% del PV al nacimiento) suplementados o no con 10% de heno o pellet de alfalfa, y hallaron similares valores de GLU, TG, albúmina, y colesterol; una tendencia a mayor concentración de proteína total y globulina; y un nivel superior de URE en sangre en aquellos alimentados con forraje. Este incremento en URE puede corresponderse con un mayor consumo de N, el cual habría excedido la energía (almidón) disponible a nivel ruminal para la formación de proteínas microbianas (NRC, 2001) y consecuentemente, produjo un aumento de la circulación de N en sangre. Sin embargo, en otras investigaciones en que suplementaron con heno de alfalfa este efecto no fue informado (Daneshvar et al., 2015; Mirzaei et al., 2017). En el actual ensayo, no se detectaron diferencias en los valores de URE, posiblemente debido al bajo contenido de PB del RT (3,1%) en comparación al heno de la alfalfa (18 - 20%).

A diferencia de lo obtenido en esta investigación, Terré et al. (2013) encontraron superior concentración de INS y relación INS/GLU en terneros suplementados con heno. Probablemente, este aumento esté asociado a un mayor CMST registrado en este grupo de animales, lo cual incrementó la necesidad de INS para mantener el nivel de GLU en plasma. No obstante, cabe destacar que en ese estudio las muestras de sangre fueron extraídas entre las 2 a 3 h después del suministro del concentrado mientras que, en el presente ensayo se realizaron antes de la alimentación de la mañana. La circulación de INS en los terneros es típicamente mayor entre las 2 a 4 h pos alimentación y más baja después de 12 h de ayuno (Daniels et al., 2008). Por lo que, los valores encontrados aquí probablemente se aproximaron a la concentración basal de INS del animal, no reflejando el efecto inmediato de la alimentación (Daniels et al., 2008).

Una vez finalizado el primer periodo de determinación de la DA, todos los terneros consumieron una única dieta de recría en la cual el nivel de concentrado (GM más ES) estuvo restringido (1,5 y 0,5% del PV, respectivamente) mientras que el HA fue suministrado *ad libitum*. En la bibliografía, existen pocos estudios que evalúen las incidencias residuales de la inclusión de forrajes en las dietas de crianza sobre el período de recría (Khan et al., 2012; Castells et al., 2015). La mayoría de las investigaciones continua analizando la respuesta animal de los tratamientos dietarios de pre-desleche durante las semanas siguientes a este, pero sin reformular las dietas. Los resultados hallados en el presente ensayo son comparables con los obtenidos por Khan et al. (2012) y Castells et al. (2015). Los primeros evaluaron los efectos residuales de suplementar o no con heno de gramínea en la crianza (día 3 al 77 de vida) sobre la performance de terneros recriados con concentrado (ofrecido al 60% de los requerimientos necesarios para un ADPV de 800 g/día) y heno picado de *Dactylis glomerata* (*ad libitum*). Mientras que, Castells et al. (2015) compararon suministrar heno de avena en pre y pos-desleche o únicamente a partir del desleche (día 52 de vida). La dieta de recría estuvo compuesta por el mismo alimento concentrado ofrecido en la crianza más heno de avena

(ambos a consumo voluntario), hasta los 3 meses de edad. Luego, continuaron hasta el parto con una ración totalmente mezclada, basada en ensilaje de triticale y concentrado.

En la etapa de recría (día 65 al 110 del ensayo), se registró superior CHA (14,4%) en aquellos terneros que previamente habían consumido RT en comparación a los alimentados únicamente con balanceado. En coincidencia, Khan et al. (2012) y Castells et al. (2015) informaron mayor consumo de forraje en la recría en los animales que habían sido suplementados con heno durante la crianza. Khan et al. (2012) atribuyen este incremento a una mayor capacidad de ingerir forraje, probablemente asociada a una mejora en el desarrollo de la rumia y de los procesos de masticación. Esta hipótesis se basa en los efectos positivos encontrados al ofrecer una fuente de fibra, a temprana edad, sobre el volumen y peso del rumen (Tamate et al., 1962; Suárez et al., 2006), el desarrollo de las glándulas salivares (Hodgson, 1971), el comportamiento animal (van Ackeren et al., 2009; Castells et al., 2012) y el pH ruminal (Suárez et al., 2006; Khan et al., 2011). En tanto, Castells et al. (2015) explican el menor consumo de heno de los terneros del tratamiento control (sin acceso a forraje en pre-desleche) a la falta de acostumbamiento a este tipo de alimentos.

El consumo de concentrado y CMST resultaron similares entre los tratamientos, excepto al finalizar el ensayo (día 96 al 110) donde el CMST fue mayor en CRT vs. SRT. El incremento en el CHA no produjo un aumento significativo en la relación CHA/CMST. En contraste, Khan et al. (2012) hallaron mayores CMST en los animales previamente suplementados con heno. Al contrario, Castells et al. (2015) no obtuvieron diferencias en pos-desleche, pese a haber registrado consumos superiores de concentrado iniciador y MS total durante la crianza en aquellos animales con acceso a forraje. No obstante, la relación consumo de forraje/CMST, en ambas investigaciones, fue más elevada en los terneros previamente alimentados con heno, en coincidencia a lo hallado en presente estudio.

La DA de la MO y MS de la dieta de recría (estimada desde el día 60 al 63) tendió a ser inferior en los terneros suplementados con RT en la crianza. Posiblemente debido a la mayor relación CHA/CMST que presentaron estos durante los días de medición, en comparación a los que habían recibido solamente alimento balanceado (45,1 vs. 37,5%, respectivamente). Generalmente, los forrajes poseen una menor digestibilidad que los alimentos concentrados (Stobo et al., 1966; Kertz et al., 1979; Hill et al., 2008a,b), por lo que un elevado nivel de inclusión de estos va en detrimento de la DA de la dieta. En la segunda medición (día 90 al 93), las diferencias encontradas previamente desaparecieron probablemente asociado a una similar participación porcentual del HA en la ración, entre los terneros CRT (51,7%) y SRT (48,1%). En tanto, Castells et al. (2015) al evaluar la DA de la MS, MO, CP y FDN de la dieta de recría (a la 2° semana pos-desleche) hallaron valores semejantes entre los tratamientos. Esto indicaría que los terneros sin acceso al heno en el período pre-desleche se adaptaron rápidamente y fueron capaces de digerir el forraje tan bien como aquellos que previamente lo venían consumiendo. Sin embargo, la relación consumo de forraje/CMST que obtuvieron (6,7 y 4,8% con o sin heno en pre-desleche, respectivamente) fue notablemente más baja que la registrada en el presente ensayo. Lo cual resultó previsible ya que, a semejante estado de madurez, habitualmente el consumo voluntario de leguminosa es superior al de las gramíneas (Colburn et al., 1968; Moseley y Jones, 1979).

La media de ADPV durante la recría y el PV final (día 110) fueron similares entre los terneros previamente alimentados con o sin RT. Además, dado a que no se registraron diferencias en el consumo de concentrado ni CMST, la CA no varió entre los

tratamientos. Castells et al. (2015) observaron que el mayor CMST, ADPV y CA obtenido en los terneros suplementados con heno durante la etapa de crianza, desaparecieron después del desleche. De igual manera, no hallaron efectos residuales sobre la performance reproductiva ni la producción de leche en la primera lactancia. Aunque encontraron una relación positiva entre la tasa de crecimiento a temprana edad y la futura producción de leche (corregida por energía). Mientras que, Khan et al. (2012) encontraron una tendencia de mayor PV, hasta la semana 14 de vida, en los terneros a los cuales se les había suministrado concentrado y heno. Luego, hasta la semana 18, informaron valores similares entre los tratamientos. En tanto, las medias de ADPV y CA de todo el periodo de recría tendieron a ser superiores en los animales que consumieron únicamente concentrado en pre-desleche. No obstante, los autores sugieren considerar estos resultados con precaución ya que probablemente la acumulación de contenido intestinal difirió entre ellos. Además, presuponen, a partir de los datos de concentración de betahidroxibutírico en sangre, que los terneros previamente suplementados con forraje habrían presentado mayor desarrollo metabólico de la pared ruminal y capacidad de fermentar la fibra.

Por último, los terneros CRT alcanzaron un ADALT superior con respecto a los SRT durante la recría, lo cual les permitió obtener una mayor ALT final (día 110 del ensayo). Dicho resultado no era esperado, ya que la ALT y el ADALT en las últimas semanas de crianza fueron similares entre los tratamientos dietarios. De manera similar, Khan et al. (2012) encontraron una diferencia relevante en altura a la cruz (desde la semana 11 a la 17 de vida) a favor de los terneros que consumieron heno antes del desleche.

4.3. Efectos de la interacción entre la inclusión de granos destilados secos de maíz y rastrojo de trigo en la dieta de crianza

En el presente trabajo de investigación, únicamente se halló una interacción $GDS \times RT \times tiempo$ significativa para CDS y CMST, desde el día 50 al 54 del ensayo. El consumo de GDS y RT estimularon el consumo total de alimentos desde el momento que se redujo la oferta de SL. La combinación GDS0:SRT arrojó los menores niveles para las variables CDS y CMST y a su vez también presentó los menores valores de DA de la FDN y FDA, deduciéndose que posiblemente hubo un mayor llenado físico del tracto gastrointestinal el cual habría limitado el consumo voluntario de MS (Harris, 1993; Chalupa et al., 1996).

Por otro lado, la interacción $GDS \times RT$ tendió a ser significativa para el pH ruminal en los terneros alimentados con la dieta de crianza. El efecto positivo del RT sobre el ambiente ruminal era previsible según lo observado por diferentes autores (Coverdale et al., 2004; Khan et al., 2011 y Castells et al., 2012). Sin embargo, esta tendencia no puede ser atribuida al factor GDS debido a que el contenido de almidón de los alimentos balanceados evaluados fueron similares (GDS0: 38,3 y GDS28: 36,8%).

También se hallaron tendencias de interacción entre los factores dietarios sobre la ALT final y el consumo de MS y MO en la primera determinación de DA en terneros alimentados con la dieta de recría. Estas no ofrecen ninguna explicación biológica y sería necesario aumentar el n de los tratamientos para corroborar que se deba un efecto residual del período de crianza.

Todas las tendencias de interacción encontradas en este ensayo deberían corroborarse utilizando un número mayor de terneros por nivel de factor.

CONCLUSIONES GENERALES

Resulta factible incorporar granos destilados de maíz seco (al 28%, con mínimo agregado de lisina) en el alimento balanceado de crianza, en reemplazo parcial del expeler de soja y el afrechillo de trigo, sin afectar la respuesta animal ni el ambiente ruminal bajo las condiciones del presente ensayo. Además, su inclusión mejora la digestibilidad aparente de la fibra de la dieta de crianza.

El rastrojo de trigo consumido en baja proporción (cerca del 7%) estimula el consumo de materia seca total en las últimas semanas de la crianza, disminuye el riesgo de acidosis y estimula el consumo de forraje en la recria. Para las condiciones del presente ensayo, lo anterior no se manifestó en una mayor tasa de crecimiento de los terneros.

En síntesis, la inclusión de granos destilados de maíz seco en baja proporción de la dieta de crianza resulta una alternativa viable para reemplazar parcialmente el expeler de soja (alimento de alto precio de mercado); mientras que la suplementación con rastrojo de trigo picado favorece una transición armoniosa de lactante a rumiante funcional donde los efectos positivos se observan principalmente alrededor del desleche.

A partir de este estudio se sientan las bases para futuras investigaciones donde por ejemplo se evalúen mayores porcentajes de incorporación de granos destilados en el alimento iniciador, o se comparen diferentes fuentes de forraje en dietas con distintos planos nutricionales. El análisis de diferentes tratamientos dietarios, los propuestos en esta tesis u otros, podrían profundizarse evaluando otras variables como: el establecimiento de la microbiota ruminal y su comportamiento poblacional; el estado de desarrollo de los órganos del tracto gastrointestinal durante la crianza; cambios en el comportamiento animal y efectos en la expresión del potencial de producción de leche en hembras de reposición.

BIBLIOGRAFÍA

- Akins, M.S. y Hagedorn, M.A. 2015. The Cost of Raising Dairy Replacements – 2015 Updates. Heifer Management. Extension Specialist, UW-Madison Dept. of Dairy Science. Agriculture Agent, UW-Extension Eau Claire County.
- Al-Suwaiegh, S., Fanning, K.C., Grant, R.J., Milton, C.T. y Klopfenstein, T.J. 2002. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *J. Anim. SCI* 2002, 80:1105-1111.
- Anderson, J.L., Kalscheur, K.F., Garcia, A.D. y Schingoethe, D.J. 2015. Feeding fat from distillers dried grains with solubles to dairy heifers: I. Effects on growth performance and total-tract digestibility of nutrients. *J. Dairy Sci.* 98:5699-5708.
- Anderson, J.L., Kalscheur, K.F., Garcia, A.D., Schingoethe, D.J. y Hippen, A.R. 2009. Ensiling characteristics of wet distillers grains mixed with soybean hulls and evaluation of the feeding value for growing Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 87:2113–2123.
- Anderson, J.L., Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F. y Hippen A.R. 2006. Evaluation of dried and wet distillers grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3133–3142.
- Anderson, K. L., Nagaraja, T.G., Morrill, J.L., Avery, T.B., Galitzer, S.J. y Boyer, J.E. 1987. Ruminant microbial development in conventionally or early-weaned calves. *J. Anim. Sci.* 64:1215–1226.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. Vol. I. 15° Ed. AOAC, Arlington, VA, USA.
- Arroquy, J., Berruhet, F., Martinez Ferrer, J., Pasinato, A. y Brunetti, M. 2014. Uso de subproductos del destilado de granos en bovinos para carne. 5ta. Jornada Nacional de Forrajes Conservados. Pág. 157.
- Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). 2013. Manual de Buenas Prácticas Crianza de Terneras en el Tambo. RiDZo Lechera -Red de Innovación y Desarrollo de la Zona Oeste-AACREA.
- Bach, A. 2012. Ruminant nutrition symposium: optimizing performance of the offspring: Nourishing and managing the dam and postnatal calf for optimal lactation, reproduction, and immunity. *J. Anim. Sci.* 90:1835–1845.
- Bach, A., Terré, M., Ahedo, J., Kertz, A. y Juaristi, J.L. 2007. Optimizing calf growth. 11th Annual PDHGA Dairy Calf and Heifer Conf. Proc. Pre-Conf. Calf Seminar, March 20, 2007, p. 81-92, Burlington, VT, USA.
- Baldwin, R.L. y McLeod, K.R. 2000. Effects of diet forage:concentrate ratio and metabolizable energy intake on isolated rumen epithelial cell metabolism in vitro. *J. Anim. Sci.* 78:771-783.
- Baldwin, R.L., McLeod, K.R., Klotz, J.L y Heitmann, R.N. 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and post-weaning ruminant. *J. Dairy Sci.* 87(E Suppl.):E55–E65.

- Beharka, A.A., Nagaraja, T.G., Morrill, J.L., Kennedy, G.A. y Klemm, R.D. 1998. Effect of form of the diet on anatomical, microbial and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 81:1946–1955.
- Beiranvand, H., Ghorbani, G.R., Khorvash, M., Nabipour, A., Dehghan-Banadaky, M., Homayouni, A. y Kargar, S. 2014. Interactions of alfalfa hay and sodium propionate on dairy calf performance and rumen development. *J. Dairy Sci.* 97:2270–2280.
- Belyea, R., Rausch, K., Clevenger, T., Singh, V., Johnston, D y Tumbleson, M. 2010. Sources of variation in composition of DDGS. *Animal Feed Science and Technology.* 159:122-130.
- Berra, G. y Osacar, G. 2012. El costo de la reposición. *Revista Producir XXI, Bs. As.*, 20(249):48-52. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/69costo_reposicion.pdf
- Berra, G. y Osacar, G. 2015. Manual práctico de crianza de terneros. Programa “Crianza de primera” de Mastellone Hnos. Pág. 23-25.
- Birkelo, C.P., Brouk, M.J. y Schingoethe, D.J. 2004. The energy content of wet corn distillers grains for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:1815–1819.
- Blasi, D.A., Drouillard, J., Brouk, M.J. y Montgomery, S. 2001. Corn gluten feed composition and feeding value for beef and dairy cattle. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Service. Kansas. EEUU.
- Boucher, S.E., Calsamiglia, S., Parsons, C.M., Stein, H.H., Stern, M.D., Erickson, P.S., Utterback, P.L. y Schwab, C.G. 2009. Intestinal digestibility of amino acids in rumen-undegraded protein estimated using a precision-fed cecectomized rooster bioassay: II. Dried distillers grains with solubles and fish meal. *J. Dairy Sci.* 92:6056–606.
- Bragachini, M., Ustarroz, F., Bragachini, M. y Mathier, D. 2014. Granos destilados solubles, un subproducto a tener en cuenta. *Revista Producir XXI, Bs. As.*, 22(268):38-40. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/109-destilados.pdf.
- Breier, B.H., Gallaher, B.W. y Gluckman, P.D. 1991. Radioimmunoassay for insulin-like growth factor-I: Solutions to some potential problems and pitfalls. *J. Endocrinol.* 128:347–357.
- Brunetti, M.A., Frossasco, G., Martínez Ferrer, J. y Gaggiotti, M.C. 2015. Caracterización de co-productos de la industria del etanol. Comunicación. 38° Congreso Argentino de Producción animal. *Revista Argentina de Producción Animal Vol. 35 Supl. 1: Pág. 311.*
- Brunetti, M.A., Moretto, F., Martínez Ferrer, J. y Frossasco, G. 2016. Degradabilidad ruminal de la proteína y proteína digestible del expeler de soja según temperatura de extrusión. 39° Congreso Argentino de Producción animal. *Revista Argentina de Producción Animal Vol. 36 Supl. 1: Pág. 277.*
- Bull, L.S., Bush, L.J., Friend, J.D., Harris Jr., B. y Jones, E.W. 1965. Incidence of ruminal parakeratosis in calves fed different rations and its relation to volatile fatty acid absorption. *J. Dairy Sci.* 48:1459–1466.

- Calzada, J. y Frattini, C. 2015. La visión del USDA sobre el etanol en Argentina. Informativo semanal Bolsa de Comercio de Rosario (BCR). Año XXXIII - N° 1719 - 7 de agosto de 2015.
- Cao, Z.J., Anderson, J.L y Kalscheur, K.F. 2009. Ruminant degradation and intestinal digestibility of dried or wet distillers grains with increasing concentrations of condensed distillers solubles. *J. Anim. Sci.* 87:3013–3019.
- Castells, L., Bach, A. y Terré, M. 2015. Short- and long-term effects of forage supplementation of calves during the preweaning period on performance, reproduction, and milk yield at first lactation. *J. Dairy Sci.* 98:4748–4753.
- Castells, L., Bach, A., Araujo, G., Montoro, C. y Terré, M. 2012. Effect of different forage sources on performance and feeding behavior of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 95:286–293.
- Castells, L., Bach, A., Aris, A. y Terré, M. 2013. Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. *J. Dairy Sci.* 96:5226–5236.
- Chalupa, W., Galligan, D.T. y Ferguson, J.D. 1996. Animal nutrition in the XXI century. *Animal Feed Sc. and Tech.* 58:1-18.
- Chestnut, A.B. y Carr, D.L. 2007. The performance of calves fed starter feeds containing distillers grains. *J. Dairy Sci.* 90 (Suppl. 1): 111 (Abstr).
- Clarke, R.T.J. y Reid, C.S.W. 1974. Foamy bloat of cattle. A review. *J. Dairy Sci.* 57:753–785.
- Colburn, M.W., Evans, J.L. y Ramage, C.H. 1968. Ingestion control in growing ruminant animals by the components of cell-wall constituents. *J. Dairy Sci.* 51:1458–1464.
- Coverdale, J.A., Tyler H.D., Quigley, J.D. y Brumm, J.A. 2004. Effect of various levels of forage and form of diet on rumen development and growth in calves. *J. Dairy Sci.* 87:2554–2562.
- Cromwell, G. L., Herkelman, K.L. y Stahly, T.S. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.*, 71 (3):679-686.
- Daneshvar, D., Khorvash, M., Ghasemi, E., Mahdavi, A.H., Moshiri, B., Mirzaei, M., Pezeshki, A. y Ghaffari, M.H. 2015. The effect of restricted milk feeding through conventional or step-down methods with or without forage provision in starter feed on performance of Holstein bull calves. *J. Anim. Sci.* 2015.93:3979–3989.
- Daniels, K.M., Hill, S.R., Knowlton, K.F., James, R.E., McGilliard, M.L, y Akers, R.M. 2008. Effects of Milk Replacer Composition on Selected Blood Metabolites and Hormones in Preweaned Holstein Heifers. *J. Dairy Sci.* 91:2628–2640.
- Davis, C.L. y Drackley, J.K. 1998. *The Development, Nutrition, and Management of the Young Calf.* Iowa State Univ. Press, Ames, IA.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

- Drackley, J.K. 2008. Calf nutrition from birth to breeding. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 24:55–86.
- EbnAli A., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Mahdavi, A.H., Malekkhahi, M., Mirzaei, M., Pezeshki, A. y Ghaffari, M.H. 2016. Effects of forage offering method on performance, rumen fermentation, nutrient digestibility and nutritional behaviour in Holstein dairy calves. *J. Anim. Physiol. and Anim. Nutr.* 100 (2016) 820–827.
- Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Adams, D.C. y Rasby, R.J. 2005. Utilization of corn coproducts in the beef industry. - A joint project of the Nebraska Corn Board and the University of Nebraska-Lincoln, Institute of Agriculture and Natural Resources, Agricultural Research Division, Cooperative Extension Division. www.nebraskacorn.org.
- Franzolin, R. y Dehority, B.A. 1996. Effect of prolonged high concentrate feeding on ruminal protozoa concentrations. *J. Anim. Sci.* 74:2803–2809.
- Friggens N.C., Oldham, J.D., Dewhurst, R.J. y Horgan, G. 1998. Proportions of Volatile Fatty Acids in Relation to the Chemical Composition of Feeds Based on Grass Silage. *J. Dairy Sci* 81:1331–1344.
- Gäbel, G. y Aschenbach, J.R. 2006. Ruminal SCFA absorption: Channelling acids without harm. Page 173 in *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress*. K. Sejrsen, T. Hvelplund, and M. O. Nielsen, ed. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.
- Gaggiotti, M.C., Comerón, E.A., Gallardo, M.R. y Romero, L.A. 2008. Tabla de composición química de alimentos para rumiantes. Proyecto Lechero. Centro Regional Santa Fe EEA Rafaela. Ediciones INTA. Pág. 66.
- Gao, W., Chen, A., Zhang, B., Kong, P., Liu, C. y Zhao, J. 2015. Rumen Degradability and Post-ruminal Digestion of Dry Matter, Nitrogen and Amino Acids of Three Protein Supplements. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* Vol. 28, N°4:485-493.
- Garrett, E.F., Pereira, M.N., Nordlund, K.V., Armentano, L.E., Goodger, W.J. y Oetzel, G.R. 1999. Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:1170–1178.
- Gastaldi, L.B., Litwin, G.M., Maekawa, M., Centeno, A.R., Engler, P.L., Cuatrin, A., Chomicz, J., Ferrer, J.L. y Suero, M.M. 2015. El tambo argentino: una mirada integral de los sistemas de producción de leche de la Región Pampeana. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_el_tambo_argentino_mirada_integral_sis_prod_leche_pamp_abril_2015.pdf
- Gelsinger, S.L., Heinrichs, A.J. y Jones, C.M. 2016. A meta-analysis of the effects of preweaned calf nutrition and growth on first-lactation performance. *J. Dairy Sci.* 99:1–9.
- Glauber, C.E. 2007. El manejo de la vaquillona de reposición en el rodeo lechero, una introducción. *Veterinaria Argentina*, 24 (235):366-370.
- Gould, D.H. 1998. Polioencephalomalacia. *J. Anim. Sci.* 76:309-314.

- Graham, C., Gatherar, I., Haslam, I., Glanville, M. y Simmons, N.L. 2007. Expression and localization of monocarboxylate transporters and sodium/proton exchangers in bovine rumen epithelium. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 292:R997–R1007.
- Greenwood, R.H., Morril, J.L., Titgemeyer, E.C. y Kennedy, G.A. 1997. A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. *J. Dairy Sci.* 80:2534–2541.
- Haaland, G.L., Matsushima, J.K., Jhonson, D.E. y Ward, G.M. 1981. Effect of replacement of corn by protected tallow in a cattle finishing diet on animal performance and composition. *J. Anim. Sci.* 52:696-702.
- Harmon, D.L., Gross, K.L., Ckrehbiel, R., Kreikemeir, K.K., Bauer, M.L. y Britton, R.A. 1991. Influence of dietary forage and energy intake on metabolism and acyl-CoA synthetase activity in bovine ruminal epithelial tissue. *J. Anim. Sci.* 69:4117-4127.
- Harris, B. 1993. Value of high-fiber alternative feedstuffs as extenders of roughage sources: In: http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/VALUE_OF_HIGH-FIBER_ALTERNATIVE_FEEDSTUFFS.html
- Heinrichs, A.J., y Heinrichs, B.S. 2011. A prospective study of calf factors affecting first-lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. *J. Dairy Sci.* 94:336–341.
- Hess, B.W., Moss, G.E. y Rule, D.C. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *Journal of Animal Science.* 86:E188-E204.
- Hill, T.M., Bateman, H.G., Aldrich, J.M. y Schlotterbeck, R.L. 2008a. Effects of the amount of chopped hay or cottonseed hulls in a textured calf starter on young calf performance. *J. Dairy Sci.* 91:2684–2693.
- Hill, T.M., Bateman, H.G., Aldrich, J.M. y Schlotterbeck, R.L. 2008b. Effect of feeding different carbohydrate sources and amounts to young calves. *J. Dairy Sci.* 91:3128–3137.
- Hill, T.M., Bateman, H.G., Aldrich, J.M. y Schlotterbeck, R.L. 2009. Roughage for diets fed to weaned dairy calves. *Prof. Anim. Sci.* 25:283–288.
- Hill, T.M., Bateman, H.G., Aldrich, J.M. y Schlotterbeck, R.L. 2010. Roughage amount, source, and processing for diets fed to weaned dairy calves. *Prof. Anim. Sci.* 26:181–187.
- Hodgson, J. 1971. The development of solid food intake in calves. I. The effect of previous experience of solid food, and the physical form of diets, on the development of food intake after weaning. *J. Anim. Prod.* 13:15–24.
- Huber, J.T. 1968. Symposium: Calf Nutrition and Rearing. Development of the Digestive and Metabolic Apparatus of the Calf. Presented at the Sixty-third Annual Meeting of the American Dairy Science Association, The Ohio State University, Columbus. *J. Dairy Sci.* Vol 52, N°8.
- Imani M., Mirzaei, M., Baghbanzadeh-Nobari, B. y Ghaffari, M.H. 2017. Effects of forage provision to dairy calves on growth performance and rumen fermentation: A meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci.* 100:1–15.

- Jahani-Moghadam, M.E., Mahjoubi, M., Hossein-Yazdi, F., Cardoso, C. y Drackle, J.K. 2015. Effects of alfalfa hay and its physical form (chopped versus pelleted) on performance of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 98:4055–4061.
- Jahn, E., Chandler, P.T. y Polan, C.E. 1970. Effects of fiber and ratio of starch to sugar on performance of ruminating calves. *J. Dairy Sci.* 53:466.
- Kay, R.N.B. 1960. The rate of flow and composition of various salivary secretions in sheep and calves. *J. Physiol.* 150:515-537.
- Kertz, A.F., Prewitt, L.R. y Everett Jr, J.P. 1979. An early weaning calf program: Summarization and review. *J. Dairy Sci.* 62:1835–1843.
- Khan, M. A., Bach, A., Weary, D.M. y von Keyserlingk, M.A.G. 2016. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 99:885–902.
- Khan, M.A., Weary, D.M. y von Keyserlingk, M.A.G. 2011. Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *J. Dairy Sci.* 94:3547–3553.
- Khan, M.A., Weary, D.M., Veira, D.M. y von Keyserlingk, M.A.G. 2012. Postweaning performance of heifers fed starter with and without hay during the milk-feeding period. *J. Dairy Sci.* 95:3970–3976.
- Kirat, D., Masuoka, J., Hayashi, H., Iwano, H., Yokota, H., Taniyama, H. y Kato, S. 2006. Monocarboxylate transporter 1 (MCT1) plays a direct role in short-chain fatty acids absorption in caprine rumen. *J. Physiol.* 576:635–647.
- Kleinschmit, D.H., Anderson, J.L., Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F. y Hippen A.R. 2007. Ruminant and Intestinal Degradability of Distillers Grains Plus Solubles Varies by Source. *J. Dairy Sci.* 90:2909–2918.
- Kleinschmit, D.H., Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F. y Hippen, A.R. 2006. Evaluation of various sources of corn distillers dried grains plus solubles for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:4784–4794.
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E. y Bremer, V.R. 2008. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 86:1223-1231.
- Krause, K.M. y Oetzel, G.R. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126:215-236.
- Kuehn, C.S., Otterby, D.E., Linn, J.G, Olson, W.G., Chester-Jones, H., Marx G.D. y Barmore, J.A. 1994. The effect of dietary energy concentration on calf performance. *J. Dairy Sci.* 77:2621– 2629.
- Laarman, A.H. y Oba, M. 2011. Short communication: Effect of calf starter on rumen pH of Holstein dairy calves at weaning. *J. Dairy Sci.* 94:5661–5664.
- Laarman, A.H., Sugino, T. y Oba, M. 2012. Effects of starch content of calf starter on growth and rumen pH in Holstein calves during the weaning transition. *J. Dairy Sci.* 95:4478–4487.
- Lacau-Mengido, I.M., Mejía, M.E., Díaz-Torga, G.S., Gonzalez Iglesias, A., Formía, N., Libertun, C. y Becú-Villalobos, D. 2000. Endocrine studies in ivermectin-treated heifers from birth to puberty. *J. Anim. Sci.* 2000. 78:817–824.

- Lammers, B.P., Buckmasters, D.R. y Heinrichs, A.J. 1996. A simplified method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 79: 922-928.
- Lesmeister, K.E. y Heinrichs, A.J. 2004. Effects of corn processing on growth characteristics, rumen development, and rumen parameters in neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 87:3439-3450.
- Leupp, J.L., Lardy, G.P. y Caton, J.S. 2008. Effects of supplying increasing levels of distillers dried grain with solubles in growing diets on intake, digestion and ruminal fermentation. In: *Beef Cattle and Range Research Report*. North Dakota State University, Fargo, ND, USA, pp. 24-27.
- MacDonald, J.C., Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E. y Griffin, W.A. 2007. Effects of dried distillers grains and equivalent undegradable intake protein or ether extract on performance and forage intake of heifers grazing smooth bromegrass pastures. *J. Anim. Sci.* 85:2614-2624.
- Makkar, H.P.S. 2012 *Biofuel co-products as livestock feed - opportunities and challenges*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Maxin, G., Ouellet, D.R y Lapierre, H. 2013. Ruminant degradability of dry matter, crude protein, and amino acids in soybean meal, canola meal, corn, and wheat dried distiller grains. *J. Dairy Sci.* 96(8):5151-60.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463-1481.
- Miller, W.J., Carmon, J.L. y Dalton, H.L. 1959. Influence of high levels of plant and animal fats in calf starters on growth, feed consumption, and palatability. *J. Dairy Sci.* 42:153-158.
- Mirzaei, M., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Kazemi-Bonchenari, M. y Ghaffari, M.H. 2017. Growth performance, feeding behavior, and selected blood metabolites of Holstein dairy calves fed restricted amounts of milk: No interactions between sources of finely ground grain and forage provision. *J. Dairy Sci.* 100: 1086-1094.
- Mirzaei, M., Khorvash, M., Ghorbani, G.R., Kazemi-Bonchenari, M., Riasi, A., Nabipour, A. y van den Borne, J.J.G.C. 2015. Effects of supplementation level and particle size of alfalfa hay on growth characteristics and rumen development in dairy calves. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 99:553-564.
- Mjoun, K., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R. y Schingoethe, D.J. 2008. Ruminant phosphorus disappearance from corn and soybean feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 91:3938-3946.
- Montoro, C., Miller-Cushon, E.K., DeVries, T.J. y Bach, A. 2013. Effect of physical form of forage on performance, feeding behavior, and digestibility of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 96:1117-1124.
- Moseley, G. y Jones, J. R. 1979. Some factors associated with the difference in nutritive value of artificially dried red clover and perennial ryegrass for sheep. *British Journal of Nutrition* 42, 139-147.

- Movahedi B., Foroozandeh, A.D. y Shakeri, P. 2016. Effects of different forage sources as a free-choice provision on the performance, nutrient digestibility, selected blood metabolites and structural growth of Holstein dairy calves. *J. Anim. Physiol. and Anim. Nutr.*, Volume 101, Issue 2 Pages 293–301.
- Müller, F., Huber, K., Pfannkuche, H., Aschenbach, J.R., Breves, G. y Gäbel, B. 2002. Transport of ketone bodies and lactate in the sheep ruminal epithelium by monocarboxylate transporter 1. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 283:G1139–G1146.
- Nemati, M., Amanlou, H., Khorvash, M., Mirzaei, M., Moshiri, B. y Ghaffari, M.H. 2016. Effect of different alfalfa hay levels on growth performance, rumen fermentation, and structural growth of Holstein dairy calves. *J. Anim. Sci.* 94:1141–1148.
- Nichols, J.R., Schingoethe, D.J., Maiga, H.A., Brouk, M.J. y Piepenbrink, M.S. 1998. Evaluation of corn distiller grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:482–491.
- Nordlund, K.V., Garrett, E.F. y Oetzel, G.R. 1995. Herd-based rumenocentesis: a clinical approach to the diagnosis of subacute rumen acidosis. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 17, S48–S56.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- OECD-FAO. 2016. *Perspectivas Agrícolas 2016-2025*, OECD Publishing, París. DOI: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-es.
- Phillips, C.J.C. 2004. The effects of forage provision and group size on the behavior of calves. *J. Dairy Sci.* 87:1380–1388.
- Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT) de SanCor. 2016. Indicadores de referencia actualizados a agosto de 2016. *Revista SanCor.* Año LXXV-N°713 noviembre de 2016.
- Quigley, J.D., Steen, T.M y Boehms, S.I. 1992. Postprandial changes of selected blood and rumen metabolites in ruminating calves fed diets with or without hay. *J. Dairy Sci.* 75:228–235.
- Relling, A.E. y Mattioli, G.A. 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. UNLP. Editorial EDULP. 72 pp.
- Salado, E.E., Comerón, E.A., Silva, C., Gaggiotti, M.C., Alesso, A. y Pardo, J. 2005. Cascarilla de soja y afrechillo de trigo: cinética de la degradabilidad ruminal de la fibra. Presentado en: XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Tampico, México, octubre 2005. Disponible en: http://anterior.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuarios/anuario2005/a2005_p024.htm
- Sander, E.G., Warner, H.N., Harrison, H.N. y Loosli, J.K. 1959. The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *J. Dairy Sci.* 42:1600–1605.
- Sarturi, J.O., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Vasconcelos, J.T., Rolfe, K., Dib, M.G. 2013. Effects of sulfur content of wet or dry distillers grains fed at several inclusions cattle growth performance, ruminal parameters, and hydrogen sulfide. *J. Anim. Sci.* jas.2012-5627.

- Schingoethe, D., Garcia, A., Kalscheur, K., Hippen, A. y Rosentrater, K. 2008. Sulfur in distillers grains for dairy cattle. SDSU Extension Extra, Ex 4039, 6/08. South Dakota State University, Brookings.
- Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R. y Garcia, A.D. 2009. Invited review: The use of distiller products in dairy cattle diets. *J. Dairy Sci.* 92:5802–5813.
- Schroeder, J. W. 2010. Granos de destilería suplemento energético y proteico para el ganado lechero. Extension Service, North Dakota State University. Disponible en:http://www.produccionanimal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/70Granos_Destileria.pdf.
- Schroer, R.C., Nennich, T.D., Dennis, T.S., Schutz, M.M., Donkin, S.S. y Little, D. 2014. Intake and growth of prepubertal dairy heifer fed reduced-fat dried distillers grains. *Prof. Anim. Sci.* 30:93-98.
- Shamay, A., Werner, D., Moallem, U., Barash, H. y Bruckental, I. 2005. Effect of nursing management and skeletal size at weaning on puberty, skeletal growth rate, and milk production during first lactation of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 88:1460–1469.
- Sharma, V., Rausch, K.D., Tumbleson, M.E. y Singh, V. 2007. Comparison between granular starch hydrolyzing enzyme and conventional enzymes for ethanol production from maize starch with different amylase:amylpectin ratios. *Starch/Starke* 59, 549–556.
- Singh, V. y Graeber, J.V. 2005. Effect of corn hybrid variability and planting location on dry grind ethanol production. *Am. Soc. Agric. Eng.* 48, 709–714.
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R.W. y Van Amburgh, M.E. 2012. Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95:783-793.
- Spiehs, M.J., Whitney, M.H. y Shurson, G.C. 2002. Nutrient database for distillers dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639–2645.
- Stein, H.H., Pedersen, C., Gibson, M.L. y Boersma, M.G. 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84:853–860.
- Stobo, I.J.F., Roy, J.H.B. y Gaston, H.J. 1966. Rumen development in the calf. 1. The effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on rumen development. *Br. J. Nutr.* 20:171–188.
- Strozinski, L.L. y Chandler, P.T. 1971. Effect of dietary fiber and acid detergent lignin on body fill of ruminating calves. *J. Dairy Sci.* 54:1491.
- Suárez, B.J., Reenen, C.G.V., Stockhofe, N., Dijkstra, J. y Gerrits, W.J.J. 2007. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *J. Dairy Sci.* 90:2390–2403.
- Suárez, B.J., Van Reenen, C.G., Gerrits, W.J.J., Stockhofe, N., van Vuuren A.M. y Dijkstra, J. 2006. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: II. Rumen development. *J. Dairy Sci.* 89:4376–4386.

- Suarez-Mena, F.X., Hill, T.M., Heinrichs, A.J., Bateman, H.G., Aldrich, J.M. y Schlotterbeck, R.L. 2011. Effects of including corn distillers dried grains with solubles in dairy calf feeds. *J. Dairy Sci.* 94: 3037–3044.
- Suarez-Mena, F.X., Hill, T.M., Jones, C.M. y Heinrichs, A.J. 2016. Review: Effect of forage provision on feed intake in dairy calves. *The Professional Animal Scientist* 32 (2016):383–388.
- Suarez-Mena, F.X., Lascano, G. J., Rico, D.E. y Heinrichs, A.J. 2015. Effect of forage level and replacing canola meal with dry distillers grains with solubles in precision-fed heifer diets: Digestibility and rumen fermentation. *J. Dairy Sci.* 98:8054-8065.
- Tamate, H., McGilliard, A.D., Jacobson, N.L. y Getty, R. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.* 45:408–420.
- Terré, M., Castells, L., Khan, M.A. y Bach, A. 2015. Interaction between the physical form of the starter feed and straw provision on growth performance of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 98:1101–1109.
- Terré, M., Pedrals, E., Dalmau, A. y Bach, A. 2013. What do preweaned and weaned calves needs in the diet: A high fiber content or a forage source? *J. Dairy Sci.* 96: 5217–5225.
- Thomas, M., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F. y Schingoethe, D.J. 2006a. Growth and performance of Holstein dairy calves fed distillers grains. *J. Dairy Sci.* 89:1864 (Abstr.)
- Thomas, M., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F. y Schingoethe, D.J. 2006b. Ruminant development in Holstein dairy calves fed distillers grains. *J. Dairy Sci.* Vol. 89, Suppl. 1:437 (Abstr.)
- United States Department of Agriculture (USDA). 2016. Argentina: Biofuels Annual. Junio de 2016. Disponible en: https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Buenos%20Aires_Argentina_7-21-2016.pdf.
- University of Minnesota, Department of Animal Science. 2009. Nutrient profiles - Comparison tables. Distillers grains by-products in livestock and poultry feeds Web Site. www.ddgs.umn.edu/profiles.htm
- van Ackeren, C., Steinga, H., Hartung, K., Funk, R. y Drochner, W. 2009. Effect of roughage level in a total mixed ration on feed intake, ruminal fermentation patterns and chewing activity of earlyweaned calves with ad libitum access to grass hay. *Anim. Feed Sci. Technol.* 153:48–59.
- Van De Stroet, D.L., Calderón Díaz, J.A., Stalder, K.J., Heinrichs, A.J. y C. D. Dechow, C.D. 2016. Association of calf growth traits with production characteristics in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 99:1–9.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. y Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

- Vander Pol, K.J., Luebbe, M.K., Crawford, G.I., Erickson, G.E. y Klopfenstein, T.J., 2009. Performance and digestibility characteristics of finishing diets containing distillers grains, composites of corn processing coproducts, or supplemental corn oil. *J. Anim. Sci.* 87:639–652.
- Vanness, S.J., Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E. y Karges, K.K. 2009. Sulfur in Distillers Grains. Nebraska Beef Report, University of Nebraska-Lincoln, p. 79-80.
- Walter, L.J., Aalhus, J.L., Robertson, W.M., McAllister, T.A., Gibb, D.J., Dugan, M.E.R., Aldai, N. y McKinnon, J.J. 2010. Evaluation of wheat or corn dried distillers' grains with solubles on performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Can. J. Anim. Sci.* 90:259-269.
- Whitney, M.H., Spiels, M.J. y Shurson, G.C. 2001. Availability of phosphorus in distiller's dried grains with solubles for growing swine. *J. Anim. Sci.* 79 (Suppl. 1):108 (Abstr.).
- Williams, P.E.V., Fallon, R.J., Innes, G.M. y Garthwaite, P. 1987. Effect on food intake, rumen development and live weight of calves of replacing barley with sugar beet-citrus pulp in a starter diet. *Anim. Prod.* 44:65-73.
- Yáñez-Ruiz, D.R., Abecia, L. y Newbold, C.J. 2015. Manipulating rumen microbiome and fermentation through interventions during early life: a review. *Front. Microbiol.* 6:1133.
- Zanton, G.I. y Heinrichs, A.J. 2005. Meta-analysis to assess effect of prepubertal average daily gain of Holstein heifers on first-lactation production. *J. Dairy Sci.* 88:3860–3867.
- Zinn, R.A. 1994. Effects of excessive supplemental fat on feedlot cattle growth performance and digestive function. *Prof. Anim. Sci.* 10:66-72.
- Žitnan, R., Voigt, J., Schonhusen, U., Wegner, J., Kokardova, M., Hagemeister, H., Levkut, M., Kuhla, S. y Sommer, A. 1998. Influence of dietary concentrate to forage ratio on the development of rumen mucosa in calves. *Arch. Tierernähr.* 51:279–29.