

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**UTILIZACIÓN DE BURLANDA SECA DE SORGO (DDGS) EN LA  
SUPLEMENTACIÓN ESTIVAL DE TERNEROS DESTETADOS  
PRECOZMENTE SOBRE PRADERAS**

**por**

**Eduardo ARDUÍN NEGRIN  
Sebastián PURTSCHER MAURÍN  
Charles REBOLLO COITIÑO**

**TESIS presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2018**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Virginia Beretta

-----  
Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Álvaro Simeone

-----  
Med. Vet. Juan Franco

Fecha: 20 de agosto de 2018

Autores:

-----  
Eduardo Arduín Negrin

-----  
Sebastián Purtscher Maurin

-----  
Charles Rebollo Coitiño

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros directores de tesis Ing. Agr. Virginia Beretta y Ing. Agr. Álvaro Simeone por su constante disposición y apoyo durante la realización de este trabajo.

A Diego Mosqueira por su invaluable ayuda y compañerismo durante la etapa experimental.

A todo el personal de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni por su colaboración en el experimento.

A Javier Caorsi y Stefania Pancini por facilitarnos materiales utilizados en la etapa de campo.

A nuestros compañeros de tesis Matías López, Gonzalo Martino y Luisina Torres por su ayuda en la etapa práctica de campo.

A Sully Toledo por su asesoramiento en la edición del trabajo escrito.

A nuestros familiares y amigos que nos han acompañado y apoyado a lo largo de toda la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	3
2.2. <u>CARACTERÍSTICAS DEL TERNERO DE DESTETE PRECOZ</u> .....	4
2.2.1. <u>Desarrollo ruminal</u> .....	4
2.2.2. <u>Exigencias nutricionales</u> .....	4
2.3. <u>MANEJO DEL TERNERO DE DESTETE PRECOZ EN PASTOREO</u> .....	6
2.3.1. <u>Consumo en pastoreo</u> .....	6
2.3.1.1. Efecto del tamaño corporal y edad sobre el consumo.....	6
2.3.1.2. Efecto de la oferta de forraje sobre el consumo.....	6
2.3.1.3. Efecto del ambiente sobre el consumo.....	7
2.3.1.4. Efecto de la suplementación sobre el consumo.....	8
2.3.2. <u>Factores de la pastura</u> .....	8
2.3.2.1. Cantidad y calidad de forraje ofrecido.....	8
2.4. <u>RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN POS-DESTETE EN TERNEROS DESTETADOS PRECOZMENTE</u> .....	10
2.4.1. <u>Ganancia media diaria y eficiencia de conversión sobre praderas</u> .....	12
2.4.2. <u>Ganancia media diaria y eficiencia de conversión sobre campo natural</u> .....	13
2.4.3. <u>Síntesis</u> .....	13
2.5. <u>VALOR NUTRITIVO DE LOS GRANOS DE DESTILERÍA</u> .....	14
2.5.1. <u>Proceso de obtención del DDGS y otros subproductos del etanol</u> .....	14

2.5.2.	<u>Composición química de los granos de destilería</u> .....	16
2.5.3.	<u>Características de la materia seca de los granos de destilería</u> .....	17
2.5.4.	<u>Granos de destilería como fuente de energía</u> .....	17
2.5.5.	<u>Características proteicas de los granos de destilería</u> .....	19
2.5.6.	<u>Contenido de minerales en los granos de destilería</u> .....	20
2.5.7.	<u>Micotoxinas</u> .....	20
2.6.	SUPLEMENTACIÓN CON GRANOS DESTILERÍA.....	21
2.6.1.	<u>Suplementación con granos de destilería sobre forrajes de baja calidad</u> .....	21
2.6.1.1.	Consumo, ganancia media diaria y eficiencia de conversión.....	22
2.6.2.	<u>Suplementación con granos de destilería sobre forrajes de alta calidad</u> .....	24
2.6.1.2.	Consumo, ganancia media diaria y eficiencia de conversión.....	24
2.6.3.	<u>Tasa de sustitución</u> .....	25
2.6.4.	<u>Uso de DDGS en condiciones de confinamiento</u> .....	26
2.6.1.3.	Consumo.....	27
2.6.1.4.	Ganancia media diaria.....	28
2.6.1.5.	Eficiencia de conversión.....	28
2.7.	HIPÓTESIS.....	28
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	30
3.1.	ÁREA EXPERIMENTAL Y PERÍODO DE EVALUACIÓN.....	30
3.1.1.	<u>Localización</u> .....	30
3.1.2.	<u>Clima</u> .....	30
3.2.	ALIMENTOS.....	31
3.2.1.	<u>Pastura</u> .....	31
3.2.2.	<u>Suplemento</u> .....	31
3.3.	ANIMALES.....	32
3.4.	TRATAMIENTOS.....	33
3.5.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	33
3.5.1.	<u>Procedimiento experimental</u> .....	33
3.5.2.	<u>Manejo sanitario</u> .....	35
3.6.	REGISTROS Y MEDICIONES.....	35
3.6.1.	<u>Pastura</u> .....	35
3.6.1.1.	Biomasa aérea pre-pastoreo.....	35
3.6.1.2.	Rechazo de forraje.....	36
3.6.1.3.	Patrón de defoliación de pastura.....	36
3.6.1.4.	Muestreo del forraje seleccionado.....	36
3.6.2.	<u>Animales</u> .....	36
3.6.2.1.	Altura al anca y peso vivo.....	36
3.6.2.2.	Consumo de suplemento.....	36
3.6.2.3.	Comportamiento animal e indicador de estrés térmico.....	37

3.7. ANÁLISIS QUÍMICOS .....	37
3.8. VARIABLES CALCULADAS .....	37
3.8.1. <u>Ganancia media diaria</u> .....	37
3.8.2. <u>Eficiencia de conversión</u> .....	38
3.8.3. <u>Utilización del forraje</u> .....	38
3.8.4. <u>Consumo de materia seca de forraje</u> .....	38
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	38
3.9.1. <u>Peso vivo analizado con medidas repetidas en el tiempo</u> .....	39
3.9.2. <u>Peso vivo analizado por fecha de pesada</u> .....	39
3.9.3. <u>Consumo de forraje, suplemento, MS total, biomasa de forraje ofrecido y rechazado, altura del forraje ofrecido y rechazado, utilización del forraje disponible, patrón de defoliación y de consumo de suplemento diario dentro de la semana de permanencia en la parcela</u> .....	40
3.9.4. <u>Eficiencia de conversión global y eficiencia de conversión global ajustada</u> ..	41
3.9.5. <u>Composición botánica del forraje rechazado, composición química del forraje y suplemento consumido</u> .....	41
3.9.6. <u>Probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo, descanso, rumia en el período de observación, tasa de bocado, y patrón de la probabilidad de actividades de pastoreo, descanso y rumia cada 2 horas</u> .....	41
4. RESULTADOS .....	43
4.1. REGISTROS METEOROLÓGICOS .....	43
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA .....	44
4.2.1. <u>Forraje disponible, biomasa rechazada y utilización de la pastura</u> .....	44
4.2.2. <u>Biomasa verde ofrecida y utilización del forraje verde</u> .....	47
4.2.3. <u>Composición del forraje ofrecido y remanente</u> .....	48
4.3. PERFORMANCE ANIMAL .....	49
4.3.1. <u>Características de crecimiento animal</u> .....	49
4.3.2. <u>Consumo de forraje y suplemento</u> .....	51
4.3.3. <u>Eficiencia de conversión global</u> .....	54
4.4. COMPORTAMIENTO ANIMAL EN PASTOREO .....	54
4.4.1. <u>Probabilidad de ocurrencia para las actividades de pastoreo, rumia, descanso y tasa de bocado</u> .....	54
4.4.2. <u>Caracterización de la variación entre días en la altura de la pastura por efecto de la defoliación</u> .....	58
4.4.3. <u>Patrón diurno de pastoreo</u> .....	59
4.5. TASA RESPIRATORIA COMO INDICADOR DEL ESTRÉS TÉRMICO .....	61
5. <u>DISCUSIÓN</u> .....	64
5.1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS, ESTRÉS TÉRMICO Y EVOLUCIÓN DE LA PASTURA .....	64

5.2. UTILIZACIÓN DE LA PASTURA, SELECCIÓN Y CONSUMO .....	65
5.2.1. <u>Utilización</u> .....	65
5.2.2. <u>Selección</u> .....	65
5.2.3. <u>Consumo de forraje, suplemento y total</u> .....	66
5.3. VALOR NUTRITIVO DE LA DIETA.....	71
5.4. PERFORMANCE ANIMAL .....	75
5.4.1. <u>Crecimiento animal y eficiencia de conversión</u> .....	75
5.5. COMPORTAMIENTO ANIMAL EN PASTOREO Y ESTRÉS TÉRMICO .....	78
5.5.1. <u>Patrón diurno de pastoreo</u> .....	79
5.5.2. <u>Tasa respiratoria como indicador del estrés térmico</u> .....	80
5.6. DISCUSIÓN GENERAL .....	81
6. <u>CONCLUSIONES</u> .....	83
7. <u>RESUMEN</u> .....	84
8. <u>SUMMARY</u> .....	86
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	88
10. <u>ANEXOS</u> .....	100

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Resumen de trabajos nacionales evaluando el efecto del destete precoz sobre la ganancia media diaria y eficiencia de conversión del suplemento.....	11
2. Características químicas y nutricionales de los diferentes granos de destilería, secos o húmedos, con o sin solubles, obtenidos a partir del grano maíz.....	16
3. Efecto del nivel de suplementación con granos de destilería secos sobre el consumo y tasa de sustitución de forraje por suplemento. ....	26
4. Efecto de la alimentación a corral con granos de destilería (sorgo o maíz) para terneros. ....	27
5. Temperatura media diaria y precipitaciones acumuladas durante los meses de enero, febrero y marzo en el período de 2007- 2017, en el área experimental .....	30
6. Humedad relativa e índice ITH durante los meses de enero, febrero y marzo en el período de 2007-2017.....	31

7. Composición química de las raciones experimentales difiriendo en el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS .....	32
8. Composición química de la ración comercial para destete precoz y el DDGS de sorgo utilizados como suplementos .....	32
9. Composición de suplemento ofrecido en cada tratamiento (base seca) .....	33
10. Temperatura media, máxima y mínima mensual, precipitaciones y humedad relativa para el período experimental (18/01/2017 al 29/03/2017) .....	43
11. Índice de temperatura y humedad mensual para el período experimental.....	43
12. Efecto de la suplementación de terneros con niveles crecientes de DDGS* sobre la biomasa y altura de la pastura pre y pos pastoreo y su utilización .....	45
13. Efecto de la suplementación de terneros/as destetados precozmente con niveles crecientes de DDGS* sobre la biomasa verde y su utilización .....	48
14. Evolución de la composición botánica de la pradera de festuca previo y posterior al pastoreo por terneros/as destetados precozmente en verano .....	49
15. Peso vivo inicial y final, ganancia media diaria y altura al anca inicial y final de terneros/as destetados precozmente.....	49
16. Efecto del nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento para terneros de destete precoz sobre la composición de la alimentación, el consumo de suplemento, consumo forraje, asignación de forraje verde y consumo total, expresado en kg/animal/día y en porcentaje del peso vivo .....	52
17. Efecto del nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento para terneros de destete precoz sobre la calidad del forraje seleccionado por terneros pastoreando pradera de festuca (valores promedio del experimento) .....	53

18. Efecto del nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento para terneros/as de destete precoz sobre la probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo, rumia y descanso, y tasa de bocado (bocados/ minuto) .....	55
19. Proporción de forraje con su respectivo porcentaje de FDA y digestibilidad de la materia seca según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS en el suplemento.....	70

Figura No.

1. Relación planta/animal .....	9
2. Proceso de obtención de etanol y co productos.....	15
3. Distribución de las franjas semanales de pastoreo dentro del área experimental en la pastura de <i>Festuca arundinacea</i> .....	34
4. Precipitaciones por día en los meses que se desarrolló el experimento en la EEMAC.....	44
5. Evolución semanal de la biomasa aérea ofrecida y rechazada de la pastura de festuca y la utilización del forraje de terneros/as destetados precozmente (período 18/01 al 29/03/2017) .....	46
6. Altura del forraje disponible y rechazado según semana de medición durante el período experimental.....	47
7. Evolución de peso vivo de los terneros/as destetados precozmente según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento durante el período experimental. ....	50
8. Ganancia media diaria según el nivel de inclusión de DDGS de sorgo en el suplemento.....	51

9. Evolución semanal del consumo de materia seca de suplemento, forraje y total de los terneros destetados precozmente durante el verano (18/01 al 29/03/2017).....	53
10. Eficiencia de conversión y ganancia de peso de los terneros/as destetados precozmente según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento durante el período experimental.....	54
11. Probabilidad de encontrar un ternero/a destetado precozmente pastoreando pradera de festuca según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento conforme avanzan los días de permanencia en la franja de pastoreo semanal.....	56
12. Probabilidad de encontrar un ternero/a destetado precozmente en actividad de rumia según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento y el día de permanencia en la franja.....	57
13. Tasa de bocado registrada en cada día de observación dentro de la semana en la franja según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento de terneros/as destetados precozmente pastoreando pradera de festuca.....	58
14. Tasa de bocado según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento de terneros/as destetados precozmente pastoreando pradera de festuca y su patrón de defoliación promedio para la semana 4 y 8.....	59
15. Probabilidad de encontrar un ternero/a destetado precozmente pastoreando la pradera de festuca según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento y el intervalo de horas del período de observación.....	60
16. Interacción TxS en la probabilidad de encontrar un ternero/a destetado precozmente pastoreando la pradera de festuca en diferentes horas del día.....	60
17. Tasa respiratoria según semana para los dos horarios de medición con su respectivo ITH.....	61
18. Variación en la respiración por minuto en terneros destetados precozmente en verano según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento y el horario de medición.....	62

19. Variación en la respiración por minuto de terneros destetados precozmente en verano según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento y el día de medición .....63
20. CMSF, CMSS y EE de la dieta según nivel de inclusión de DDGS en el suplemento en sustitución de ración P19 .....69

## 1. INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva del rodeo de cría a nivel nacional ha sido históricamente baja (65% de destete promedio) y con alta variabilidad entre años, situación que responde a un bajo estado corporal de los vientres al parto y entore. La aplicación de destete precoz de terneros a vacas de segundo entore y vacas con baja condición corporal (CC menor a 3) ha demostrado consistentemente mejorar este indicador en torno al 85 – 90%. Como contraparte, plantea el desafío del manejo alimenticio de un ternero de 60-70 días de edad y 70-80 kg de peso vivo durante el período estival.

La calidad de la dieta ofrecida al ternero destetado precozmente debe ser tal que equipare las ganancias mantenidas por el ternero al pie de la madre. La suplementación con concentrado sobre campo natural o praderas, garantiza un mayor consumo de energía y proteína, y permite prever ganancias próximas a la realizadas por terneros que permanecen al pie de la vaca (Simeone y Beretta, 2002). Terneros manejados sobre pradera con una asignación de forraje de 8% del peso vivo y una oferta de concentrado energético – proteico del 1% del peso vivo, presentan en promedio ganancias en torno a los 550-600 g/día, con una eficiencia de conversión del concentrado de 2,5:1.

Este concentrado energético - proteico (19% de proteína cruda y 2,7 Mcal/kg de energía metabolizable) utilizado como suplemento en el destete precoz, generalmente una ración comercial, presenta como particularidad ser el principal costo económico de esta tecnología. En tal sentido, la sustitución de este concentrado por un concentrado o subproducto con un precio menor, sin que se afecte la performance animal, tendría gran impacto sobre el margen económico logrado con la aplicación de la técnica.

La burlanda seca de sorgo, también conocido como DDGS (por su sigla en inglés), es un subproducto obtenido a partir de la producción bioetanol, y en la actualidad producido por ALUR (Alcoholes del Uruguay). Se caracteriza por presentar un elevado contenido de materia seca, rico en energía (a través de grasas y fibra altamente digestible), proteína y minerales, por lo que podría adecuarse para la suplementación de terneros de destete precoz, y su precio, según una serie de 4 años, donde el DDGS se ubica un 50% más bajo que el de ración comercial P19.

Para poder incorporar este subproducto en sustitución de ración comercial, sería necesario su caracterización desde el punto de vista nutricional, generando información para determinar si es posible la sustitución total de la ración comercial por DDGS o si

existe una proporción óptima de inclusión como suplemento en la dieta de terneros de destete precoz.

Su evaluación como ingrediente de raciones totalmente mezcladas para sistemas de destete precoz a corral ha mostrado que su inclusión hasta niveles de 45% de la materia seca, en raciones concentradas con una relación concentrado/voluminoso de 85/15, no afectó de forma negativa el crecimiento animal. Sin embargo, en condiciones de pastoreo, la utilización del DDGS de sorgo como suplemento para terneros de destete precoz podría modificar la ganancia de peso y eficiencia de conversión con relación a la esperada cuando se utiliza ración comercial.

Si bien es claro que estos alimentos tienen un gran potencial, la información con la que se cuentan en la actualidad de los granos de destilería provenientes del grano de sorgo o de la respuesta de la categoría animal en cuestión es escasa, por lo que este trabajo tiene como objetivo evaluar el potencial de la burlanda seca de sorgo (en este caso fue una mezcla de DDGS de sorgo y DDGS de trigo que era lo que estaba produciendo ALUR en ese momento) como suplemento para terneros de destete precoz manejados sobre pasturas sembradas.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

En sistemas de producción ganaderos que realizan cría, el destete convencional se da en otoño cuando los terneros tienen entre seis y ocho meses de edad y un peso entre 130 y 180 kg según la alimentación ofrecida en el verano (Simeone y Beretta, 2002).

La cría vacuna es un proceso ineficiente desde el punto de vista biológico, debido a los altos requerimientos de mantenimiento y la gran proporción de nutrientes destinados a este proceso fisiológico, lo que tiene como consecuencia en condiciones de restricción alimenticia, bajos índices reproductivos en los rodeos de cría (Simeone y Beretta, 2002). Según estos autores, anticiparse en la fecha de aplicación del destete cuando los terneros tienen entre 60 y 90 días de edad, demostró ser una práctica eficiente en mejorar la eficiencia reproductiva de las vacas, incrementando la tasa de repetición de preñez al próximo entore a valores entre 85 y 90% de preñez, y manteniendo a los terneros con ganancias de peso similares a las mantenidas por los que permanecen al pie de la madre.

La aplicación de la técnica a terneros de 60 días de edad y con un peso vivo (PV) entre 70 y 80 kg cuenta de dos etapas, una primera etapa a corral donde se realiza el acostumbramiento a la nueva dieta, y otra etapa post destete propiamente dicho en pastoreo (Simeone y Beretta, 2002). Luego de la etapa de acostumbramiento a la nueva dieta, los terneros pueden ser manejados sobre campo natural, suplementados al 1,3-1,5 % del PV (concentrado energético-proteico, 18% proteína cruda, 80% digestibilidad) donde logran una ganancia de 450 gramos equiparando la ganancia del ternero que permanece al pie de la vaca, mientras que si son manejados sobre pasturas sembradas con una asignación de forraje (AF) del 8% del PV y suplementados al 1% del PV (concentrado energético-proteico, 18% proteína cruda, 80% digestibilidad) logran una ganancia entre 500 y 600 gramos equiparando la ganancia obtenida de un ternero al pie de la madre (Simeone y Beretta, 2002).

Aplicar el destete precoz tiene costos asociados al mismo como son sanidad, mano de obra, alimentación (praderas, suplemento). De estos costos, el alimento que se debe adquirir para realizar la suplementación a lo largo del período hasta que llegan al peso objetivo (130-180 kg PV), es el que más influye en el margen que lleva aplicar la técnica, representando el 67% de los costos totales (Simeone y Beretta, 2002). Por lo tanto, todo manejo que permita disminuir el costo principal, sustituyendo un concentrado de mayor a uno de menor precio sin afectar la performance de los terneros destetados precozmente, tendrá un mayor impacto en el beneficio extra por vaca y por lo tanto en la aplicación de dicha técnica.

El DDGS disponible a nivel país, con un precio 50% más bajo que el de la ración comercial con 19% de proteína cruda (ración P19) para una serie de años (fuente: ALUR, COPAGRAN), podría ser una alternativa para disminuir el principal costo del destete precoz y ser una técnica más rentable. Esto tendría efecto si el subproducto usado para suplementar terneros destetados precozmente en verano sobre praderas lograra alcanzar o superar las ganancias medias diarias que son obtenidas con ración P19 (0,500-0,600 kg/día) o bien mejorar la eficiencia de conversión (EC), ya sea por un mayor valor nutritivo o por un cambio en la respuesta debido a la sustitución de un concentrado con almidón por un subproducto no almidonoso, todo lo cual podría generar cambios en la relación pastura-animal-suplemento que afecte el proceso de ingestión-digestión y transformación de los nutrientes en producto animal.

## 2.2. CARACTERÍSTICAS DEL TERNERO DE DESTETE PRECOZ

### 2.2.1. Desarrollo ruminal

La principal dificultad de criar terneros destetados precozmente radica en satisfacer las necesidades de crecimiento y mantenimiento por lo que para cumplir dichas necesidades se necesita una adecuada oferta de nutrientes que cumplan con las mencionadas exigencias (Simeone y Beretta, 2002). Una de las limitantes para la suplementación de esta categoría, es la rápida transición de una dieta líquida a una sólida, altas exigencias de proteína y energía, y al aún escaso desarrollo ruminal limitando el consumo de forraje (Simeone y Beretta, 2002).

En las primeras etapas del crecimiento de los terneros el abomaso o estómago verdadero se encuentra bien desarrollado siendo el rumen pequeño y no funcional, alcanzando su proporción madura a los 6 meses de edad (Simeone y Beretta, 2002). El desarrollo del rumen se ve estimulado en la medida que el animal comienza a consumir alimento sólido. Según Orskov y Ryle (1990) la producción de ácidos grasos volátiles, producto final de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos, incide en el crecimiento de las papilas ruminales, estimulando el desarrollo del rumen, por lo que cuanto más fermentable sea el alimento consumido más rápido será el desarrollo del mismo. El desarrollo ruminal se ve favorecido por alimentos como los granos de cereales, algunos subproductos, así como gramíneas y leguminosas de alta calidad (Orskov, 1992).

### 2.2.2. Exigencias nutricionales

El consumo de alimentos por parte del animal es fundamental ya que provee al organismo animal la fuente de nutrientes necesarias para el crecimiento y el engorde (Restle y Vaz, 1999). Según Di Marco (1993) los requerimientos de proteína y energía

están asociados a las características de crecimiento de esta categoría animal. El ternero de destete precoz al estar en etapas iniciales de crecimiento, el músculo es su principal componente de ganancia de peso vivo exigiendo mayor cantidad de proteína por kilogramo de peso vivo producido (Simeone y Beretta, 2002).

Debido a la reducida capacidad fermentadora del ternero destete precoz es aconsejable que la dieta contenga escasa cantidad de amoníaco y urea, por éste motivo se debe incluir proteína verdadera (Durrieu et al., 2002).

Como se mencionó anteriormente debido a la menor capacidad de fermentación del ternero destetado precozmente, la proteína microbiana como única fuente de proteína metabolizable en algunos casos puede no estar cubriendo los requerimientos diarios (NRC, 1996). Por lo tanto el consumo de proteína metabolizable en esta categoría se verá beneficiado si parte de la proteína de la dieta es de baja degradabilidad a nivel ruminal de forma que la misma no sea fermentada en el rumen y se digiera directamente en el intestino delgado (Simeone y Beretta, 2002). Según Gamba y Terzián (2015), evaluando fuentes de proteína en terneros destetados precozmente y alimentados a corral, muestran que existe una respuesta en la performance animal (medida en ganancia media diaria y eficiencia de conversión), al incremento del nivel de PNDR hasta cierto nivel, en torno al 40%.

Según Morteiro y Young (2014) evaluando diferentes niveles de proteína en dietas altamente concentradas (relación concentrado/voluminoso 90/10) para terneros destetados precozmente encontraron que con 17% de PB se logró la mayor ganancia media diaria (GMD) sin embargo no encontraron diferencias en cuanto a la eficiencia de conversión (EC) entre los diferentes niveles (12, 15, 17 y 21% de PB en la dieta). Por último con respecto al nitrógeno consumido estos autores observaron una respuesta cuadrática, donde el tratamiento que mayor consumo registró fue el de 21% de PB en la dieta, mientras que si bien al aumentar la concentración de PB en la dieta aumenta la retención de nitrógeno por parte del animal, se observa una disminución de la eficiencia de retención y un aumento de la excreción en heces y orina.

A su vez Clerc et al. (2017) demostraron, en dietas altamente concentradas (concentrado/voluminoso de 80/20) para terneros de destete precoz a corral, que con una inclusión de NNP en torno a 10% puede ser aceptado por el organismo animal e incluso beneficioso sin embargo al aumentar el nivel de inclusión por encima de este valor la GMD y consumo tiende a ser negativa. Estos autores mencionan que para inclusiones por encima de 14%, aumenta el % de urea en sangre y el nitrógeno total en orina, ello se explica por un mayor suministro de nitrógeno del que está siendo utilizado por el animal y en segundo lugar porque este exceso de nitrógeno tiene que ser eliminado por un proceso que lleva un gasto energético que en contrapartida podría ser utilizado para la GMD.

El consumo de energía metabolizable (EM) deberá cubrir las necesidades diarias de mantenimiento, es decir el metabolismo basal, termorregulación corporal y gastos de actividad, además de cubrir exigencias energéticas para el crecimiento, que serán función de la tasa de ganancia de peso vivo objetivo (Simeone y Beretta, 2002). Si bien la energía necesaria por kilogramo de peso vivo producido es menor respecto a etapas más avanzadas donde el animal comienza a depositar grasa (NRC, 1996), el menor consumo potencial en categorías de terneros de destete precoz determina que la concentración energética de la dieta deba elevarse.

Los requerimientos de nutrientes de un ternero destetado precozmente para mantener una ganancia de 0,600 kg/día, ganancia que equipara a la de un ternero al pie de la madre son: 2,60 Mcal/kg de EM, 16% PC, 0,64% calcio, 0,32% fósforo (Simeone y Beretta, 2002).

## 2.3. MANEJO DEL TERNERO DE DESTETE PRECOZ EN PASTOREO

### 2.3.1. Consumo en pastoreo

#### 2.3.1.1. Efecto del tamaño corporal y edad sobre el consumo

Según Corbett et al. (1963) la ingestión de forraje en bovinos de carne está relacionado con el PV. Un ternero puede comer diariamente hasta más de un 3% de su PV en materia seca (MS, Rovira, 2002). La capacidad de consumo está influenciada por la edad del animal, donde animales adultos consumen más por unidad de PV que los jóvenes (NRC, 1996).

#### 2.3.1.2. Efecto de la oferta de forraje sobre el consumo

Chilibroste et al. (2015) reportan que el máximo consumo de materia seca de forraje (CMSF) se logra cuando la oferta de forraje (OF) es tres o cuatro veces el consumo del animal, siendo más estrecha esta relación cuando se considera un forraje verde (Hodgson, citado por Millot et al., 1987).

Henderson et al. (2015) suplementando terneros destetados precozmente con ración P19 durante verano sobre una pradera mezcla de *Cichorium intybus* y *Trifolium pratense* con una AF de 8% del PV, es decir en alta OF, obtuvieron CMSF de 5,59 kg MS/100 kg de PV, mientras que Abreu et al. (2017) para las mismas condiciones sólo variando la composición de la pradera por *Festuca arundinacea* reportaron CMSF de 3,11 kg MS/100 kg PV.

Según Beretta et al. (2006) el aumento de la OF de 3 a 9 kg MS/100 kg PV en novillos no suplementados durante el verano, presenta una respuesta creciente lineal en

la ganancia de peso vivo, sin embargo en otras investigaciones se reportó una respuesta curvilínea cuando la OF aumentó a 12 kg MS/100 kg de PV, logrando una ganancia máxima de 0,732 kg/día con una OF de 9 kg MS/100 kg de PV.

Por lo que en el verano, época donde disminuye la calidad de la pastura se debe aumentar la OF, para que el animal pueda realizar una mejor selección y logre un mayor consumo de nutrientes obteniendo una mejor performance animal, con la consecuente disminución en la utilización del forraje (Rovira, 2002).

### 2.3.1.3. Efecto del ambiente sobre el consumo

El clima afecta el ganado directa e indirectamente ya que modifica la calidad y/o cantidad de los alimentos disponibles, los requisitos de agua y energía, la cantidad de energía consumida y el uso de la misma (Arias et al., 2008). Los animales frente a condiciones ambientales adversas hacen modificaciones en sus mecanismos fisiológicos y comportamiento para mantener su temperatura corporal dentro del rango normal, ya que si no, se observarían alteraciones en el consumo de alimento, comportamiento y productividad, que lleve a reducciones en la tasa de ganancia de peso (Arias et al., 2008).

Según Jahn et al. (2002) la disminución del consumo de materia seca (CMS) y el aumento en el consumo de agua por parte de los animales en los meses estivales, donde los mismos están predispuestos a condiciones de estrés calórico, determina una disminución en la tasa productiva y reproductiva.

El estrés por calor que resulta de una combinación de temperatura ambiente elevada y humedad relativa se mide como el índice de temperatura y humedad (ITH). En función del valor obtenido de ITH se han desarrollado diferentes escalas de cuantificación del riesgo potencial de estrés calórico en animales. Una de las más utilizadas es la publicada por University of Oklahoma, citado por Beretta et al. (2012): ITH menor a 72 sin estrés calórico, ITH entre 72 y 78 estrés medio, ITH entre 79 y 89 estrés severo, ITH entre 89 y 98 estrés muy severo, y finalmente ITH superior a 98 significa riesgo de muerte por estrés calórico (Rovira, 2012).

El aumento en cada punto en el ITH por encima de los 18° C significa una disminución del consumo de 0,23 kilos de forraje por día y un incremento de 0,12° C en la temperatura corporal (González, s.f.).

En un ensayo donde se evaluó el efecto de la sombra asociado a la restricción en pastoreo sobre la performance animal durante el período estival, trabajando con novillos Hereford con un 6% de AF sobre praderas, cuando se restringía el pastoreo (animales eran retirados de la pastura hacia un corral con sombra) entre las 10:00 h y 17:00 h, mejoró la ganancia de PV respecto a los animales que permanecieron en la pradera sin acceso a la sombra, es decir en pastoreo libre (0,875 vs. 0,998 kg/día), sin

afectar el CMS (9,7 kg/día) ni la selectividad animal, observándose en los novillos restringidos en el tiempo de acceso a la pastura, un aumento de la actividad de pastoreo en perjuicio de la actividad de rumia y descanso, pero sin diferencias en la tasa de bocado en relación al pastoreo libre (Simeone et al., 2012). En cuanto al balance energético en el pastoreo restringido hubo una disminución del 27,3% de la energía metabolizable de mantenimiento (EMm) mejorando el balance energético en relación al pastoreo libre (Simeone et al., 2012).

#### 2.3.1.4. Efecto de la suplementación sobre el consumo

Los animales suplementados disminuyen su esfuerzo en pastorear y reducen el consumo de forraje, aumentando la tasa de sustitución a medida que se incrementa el consumo de suplemento (Hodgson, 1990).

Bargo (s.f.) menciona que el CMS de la pastura disminuye cuando las vacas reciben suplemento, lo que es conocido como tasa de sustitución (TS). Según Bargo et al. (2002) la tasa de sustitución es causada por efectos asociativos negativos en el rumen, donde la energía provista por el concentrado (carbohidratos fermentables) puede resultar en reducciones en pH ruminal, lo cual disminuye la actividad o el número de bacterias celulolíticas, y por ende la tasa de digestión de la fibra de la pastura y el CMS. También se puede dar sustitución de forraje por concentrado por reducciones en el tiempo de pastoreo (Bargo et al., 2002).

En un estudio realizado por Soca et al. (2007) trabajando con novillos pastoreando campo natural suplementados al 1% PV observaron que el suplemento no afectó ni el tiempo de pastoreo ni la tasa de bocado. Sin embargo Berasain et al. (2002) observaron que en lo que respecta a las variables que determinan el consumo, el tiempo de pastoreo no difirió entre los animales no suplementados y suplementados, en cambio la tasa de bocado fue mayor en animales sin suplementar, sin variar entre las asignaciones de forraje. En cuanto al peso de bocado, éste aumentó al incrementarse la AF, siendo mayor aún en animales no suplementados por lo que estos autores concluyen que se modifican los componentes del comportamiento ingestivo por efecto de la AF y la suplementación, siendo el peso de bocado el más importante en determinar el consumo de forraje; siendo 5% de AF no limitante para el consumo de forraje.

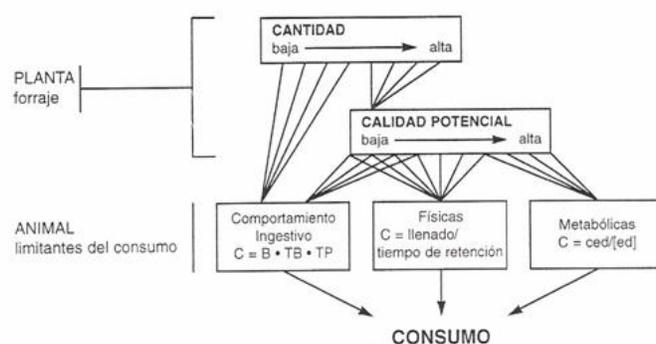
#### 2.3.2. Factores de la pastura

##### 2.3.2.1. Cantidad y calidad de forraje ofrecido

En el caso de las pasturas mixtas de especies templadas a medida que estas maduran disminuye el contenido de nitrógeno (N) y a su vez disminuye la digestibilidad, en contraparte de lo que sucede con el forraje muerto y la relación tallo/hoja que

aumenta, por lo que un pastoreo selectivo le permitiría al ganado elaborar su propia dieta de mayor digestibilidad a través de la selección de estratos más nutritivos del forraje, o partes de la planta con mayor valor nutritivo (Hodgson, 1990).

En la figura No. 1 se presenta un resumen describiendo la relación planta/animal que se genera en condiciones de pastoreo, en función de cambios en la cantidad y calidad de la pastura y su efecto sobre el consumo animal.



C: consumo; B: peso bocado; TB: tasa bocado; TP: tiempo de pastoreo; ced: consumo energía digestible; [ed]: concentración energía digestible.

Figura No. 1. Relación planta/animal

Fuente: Moore, citado por Cangiano (1996).

La cantidad y calidad de la dieta cosechada, es la resultante de un comportamiento ingestivo selectivo por parte de los animales, los cuales buscan y seleccionan aquel alimento de mayor valor nutritivo (De León, 2007).

En condiciones de pastoreo, cuando la disponibilidad de forraje es alta y éste es de baja calidad (inferior a 66% de digestibilidad) se da la regulación física como se muestra en la figura No. 1. Esto debido a la presión sobre las paredes del rumen es aumentada por el CMS y aliviada por dos procesos simultáneos y competitivos: degradación del contenido ruminal a cargo de la microflora fermentativa y pasaje de las fracciones insolubles, donde una vez que la presión sobre la pared ruminal es aliviada (por el efecto combinado de los dos procesos) el consumo puede reiniciarse (Chilibroste, 1998).

Cuando la disponibilidad de la pastura es alta y a su vez de alta calidad (superior a 66% de digestibilidad) el consumo se regula por un mecanismo metabólico que establece que el consumo se regula por la concentración de energía digestible en la

dieta, donde habría productos de la digestión (acetato, propionato) que actuarían como estímulos (Chilibroste, 1998).

Mientras que, cuando la cantidad de forraje es baja y a su vez de baja calidad el consumo se regula por el comportamiento ingestivo como se observa en la figura No. 1. Es decir el consumo está determinado por el producto del peso de bocado, tasa de bocado y tiempo de pastoreo (Cangiano, 1996). El peso de bocado es muy sensible a variaciones en la altura del forraje y cuando disminuye la altura, el peso de bocado baja pero el animal compensa aumentando el tiempo de pastoreo y la tasa de bocado hasta un valor crítico por debajo del cual dicha compensación es insuficiente para evitar una caída en la tasa de consumo y el consumo diario (Cangiano, 1996). En cuanto a la tasa de bocado (número de bocados por unidad de tiempo), esta se ve afectada positivamente a medida que variables como el peso de bocado se ven deprimidos, aunque es muy difícil lograr compensar el peso del bocado ante un incremento en la tasa de bocado (Hodgson, 1985).

La capacidad de un animal en pastoreo para mantener el consumo de forraje, depende de su capacidad para modificar su comportamiento ingestivo en respuesta a cambios en la estructura de la pastura (Cangiano, 1996). A medida que aumenta la altura del perfil bajo pastoreo se incrementa paulatinamente el consumo de forraje, aunque pueden existir limitaciones al consumo en pasturas muy altas o muy cortas (Millot et al., 1987). Perrachón (2009) menciona un rango de 15 a 20 cm de altura para praderas permanentes durante el verano como factor no limitante del consumo animal. También la densidad de la pastura, así como la relación hoja-tallo inciden marcadamente en el consumo, aunque a valores muy altos de ambos parámetros pueden tener efectos adversos por problemas de accesibilidad (Millot et al., 1987).

#### 2.4. RESPUESTA A LA SUPLEMENTACIÓN POS-DESTETE EN TERNEROS DESTETADOS PRECOZMENTE

La suplementación a terneros destetados precozmente, tiene efectos en el CMSF, consumo de materia seca total (CMST), GMD, EC y así como también en factores del comportamiento ingestivo animal respecto a aquellos que no reciben suplementos.

Según investigaciones realizadas por Vizcarra (1989), terneros manejados sobre praderas sembradas sin suplementación (ganancia diaria 0,241 kg/día) presentan mejor performance en relación a aquellos manejados sobre campo natural (0,033 kg/día), sin embargo no equiparan las ganancias mantenidas por el ternero que permanece al pie de la madre (0,608 kg/día), desapareciendo esta ventaja en años de sequía debido a la menor producción de leche de las vacas manejadas sobre campo natural.

En el cuadro No. 1, se presentan trabajos de distintos autores nacionales, de los últimos 22 años, donde se estudió la respuesta a la suplementación específicamente en una categoría exigente, con altos requerimientos de proteína y energía, como lo es el ternero de destete precoz, cuando varía la época del año, por lo tanto también la calidad de la pastura, AF, el tipo y nivel de suplemento.

Cuadro No. 1 Resumen de trabajos nacionales evaluando el efecto del destete precoz sobre la ganancia media diaria y eficiencia de conversión del suplemento.

Autor	PV inicial (kg)	Pastura	Carga	OF (%PV)	Tipo de suplemento	Nivel de suplementación (%PV)	GMD (kg/día)	EC suplemento (kg MS/kg PV)**
De León et al. (1998)	74,4	LC	-	8	DP (19%PC)	0	0,201	-
						0,5	0,39	2,2:1
						1	0,517	2,8:1
						1,5	0,58	3,7:1
Simeone et al. (1997)	75	CN	1 UG/ha	-	DP (18% PC)	1	0,482	-
						94,1	LC	-
Beretta et al. (2013)	91	F+TB+L (invierno)	-	4	DP (19% PC)	0,5	0,65	2,41
				8		1	0,844	3,01
				8		0	0,547	-
Henderson et al. (2015)	78,8	TR+CY	-	8	DP (19% PC)	1	0,631	-
Lacuesta y Vázquez (2001)	81,6	CNM (TR-LC-LM)	0,9 UG/ha	-	Ración 19-20% PC	1-1,5*	0,665	-
Zambarda et al. (2011)	89,1	PA	8 an/ha	-	DP (18%PC y 75%NDT)	1	0,499	-
Abreu et al. (2017)	87,8	F	-	8	DP (18%PC)	1	0,69	-

\*Duró hasta el día 49 post acostumbramiento. PV: peso vivo; OF: oferta de forraje; GMD: ganancia media diaria; EC: eficiencia de conversión; LC: *Lotus corniculatus*; CN: campo natural; F: *Festuca arundinacea*; TB: *Trifolium repens*; TR: *Trifolium pratense*; CY: *Cichorium intybus*; CNM: campo natural mejorado; LM: *Lolium multiflorum*; PA: *Pennisetum americanum*; DP: ración para destete precoz; PC: proteína cruda; NDT: nutrientes digestibles totales.

\*\* : Eficiencia de conversión del suplemento

#### 2.4.1. Ganancia media diaria y eficiencia de conversión sobre praderas

Simeone et al. (1997) en un ensayo con terneros destetados precozmente a los 78 días de edad manejados sobre praderas de *Lotus corniculatus* con una AF del 8% del PV más 1,1 kg/animal/día de concentrado energético-proteico (EM= 2,7 Mcal/kg; PC= 16%) reportan que dicho manejo permitiría obtener ganancias de peso (0,553 kg/día) similar al ternero que permanece al pie de la madre. Estos autores también reportan una EC, definida como la cantidad de ración consumida por cada kilogramo adicional de PV ganado respecto a los animales que no reciben suplementación de 3,6:1. Esto refleja la excelente eficiencia biológica de esta categoría aún en condiciones de alta oferta forrajera (Simeone y Beretta, 2002).

Como se muestra en el cuadro No. 1, De León et al. (1998) investigaron el efecto de diferentes niveles de suplementación (concentrado energético-proteico, EM= 2,70 Mcal/kg MS; PC= 19%) sobre praderas con una AF de 8% del PV en terneros de destete precoz en la GMD y EC, donde reportan que si bien dentro del rango evaluado no se alcanzó el punto de máxima ganancia diaria, incrementos logrados a partir de 1% de suplementación fueron muy bajos.

Beretta et al. (2013) reportaron ganancias superiores en terneros destetados precozmente en invierno, suplementados al 1% del PV y con una OF de 4% del PV donde obtuvieron ganancias de 0,844 kg/día, esto posiblemente pudo deberse a la mejor calidad de la base forrajera. Estos autores reportaron EC del suplemento de 2,41 y 3,01 kg MS/kg de PV cuando se suplementa a 0,5 y 1% del PV respectivamente a terneros destetados precozmente, mejor EC respecto a las obtenidas en verano por Simeone et al. (1997), pudiendo deberse a un mejor consumo de nutrientes por parte de los animales, debido a la mejor calidad de la base forrajera ofrecida.

Ganancias similares a terneros de destete convencional fueron reportadas por Henderson et al. (2015), Abreu et al. (2017). Henderson et al. (2015) trabajando con terneras Hereford destetadas precozmente, manejadas sobre una pradera de *Cichorium intybus* y *Trifolium pratense* (11,7% PC, 46,33% FDN y 31,99% FDA) con una AF de 8% del PV, manejando franjas semanales y suplementando diariamente al 1% del PV con un concentrado balanceado (energético-proteico) obtuvieron ganancias diarias de 0,631 kg. Mientras que Abreu et al. (2017) reportaron ganancias de 0,690 kg/día cuando los terneros eran manejados sobre una pradera de *Festuca arundinacea* y suplementados al 1% del PV con un concentrado energético proteico (18% PC) durante el período estival.

Henderson et al. (2015) obtuvieron una EC global (pastura más concentrado) de 9,38 kg MS/kg de PV, producto de un CMST de 6,58 kg MS/animal/día y una GMD de 0,631 kg/día. Sin embargo Abreu et al. (2017) reportan una mejor EC global de 6,92 kg

MS/kg de PV, esto debido a un CMST de 4,77 kg MS/animal/día y una GMD de 0,689 kg/día.

#### 2.4.2. Ganancia media diaria y eficiencia de conversión sobre campo natural

Simeone et al. (1997) obtuvieron ganancias de 0,482 kg/día para terneros destetados precozmente, suplementados al 1% del PV con ración comercial destete precoz (18% PC), manejados sobre campo natural a una carga de 1 UG/ha. Estos autores mencionan que en esa experiencia los terneros mantenidos al pie de la madre lograron ganancias promedios superiores (0,810 kg/día). Zambarda et al. (2011) reportaron ganancias similares en terneros de destete precoz suplementando los mismos al 1% del PV sobre *Pennisetum americanum* con una carga de 8 animales/ha. Ganancias más altas fueron reportadas por Lacuesta y Vázquez (2001) sobre CNM y suplementando terneros destetados precozmente como se muestra en el cuadro No. 1.

Las ganancias logradas sobre campo natural mencionadas por Simeone et al. (1997) son superadas cuando se suplementa con ración de destete precoz (16% PC) al 1% del PV a terneros destetados precozmente sobre praderas de *Lotus corniculatus* como se observa en el cuadro No. 1.

#### 2.4.3. Síntesis

Como conclusión general, la respuesta a la suplementación, expresada en términos de 1% del PV, presentó variaciones según la época del año (invierno respecto a verano) y según la base forrajera ofrecida así como la AF (% PV). La GMD obtenida por las investigaciones llevadas a cabo durante el verano fueron inferiores a la reportada por Beretta et al. (2013). Al disminuir la calidad de la pastura durante el período estival, sumado al estrés que se puede generar en los terneros debido a las altas temperatura del verano, podrían estar afectando la performance animal a través de una disminución del CMS así como un aumento en los requerimientos energéticos para mantenimiento (Simeone et al., 2004).

Simeone et al. (1997) sugieren un nivel de suplementación del 1% del peso vivo sobre praderas, como el más adecuado ya que una mayor suplementación no se traduce en mayores pesos, reduciéndose la EC del concentrado. Altos niveles de suplementación pueden provocar desperdicio de ración, reduciendo la EC mientras que por otro lado puede llegar a provocar consumos altos en algunos terneros con los consiguientes trastornos digestivos-metabólicos (Simeone y Beretta, 2002). Mientras que en campo natural la suplementación a terneros destetados precozmente no debería ser inferior a 1,3% del PV y que la misma se realice hasta que los terneros alcancen un peso de 100 kg (Simeone y Beretta, 2002).

La suplementación a terneros destetados precozmente durante el verano a razón de 1 a 1,5% del PV con un concentrado energético-proteico (19% PC, 2,7 Mcal/kg MS de EM, 80% digestibilidad) durante 90 a 100 días, ya sea sobre pasturas o campo natural permite lograr ganancias para que los terneros lleguen a los seis meses de edad con un desarrollo similar al ternero que permanece al pie de la vaca. Sin embargo el costo de alimentación del ternero es el principal de los costos totales que lleva la aplicación de la técnica representando el 67% de los mismos, por lo que alternativas de alimentación más baratas podrían viabilizar su adopción, sin embargo para esto es fundamental cuantificar la capacidad, de ese alimento más económico, de promover el crecimiento del ternero y la eficiencia de conversión.

## 2.5. VALOR NUTRITIVO DE LOS GRANOS DE DESTILERÍA

### 2.5.1. Proceso de obtención del DDGS y otros subproductos del etanol

El bioetanol es un biocombustible de origen vegetal que se obtiene a partir de la fermentación de la materia orgánica rica en azúcar (Barletta et al., 2012). Es decir, la producción de bioetanol se basa en un proceso bien conocido: la fermentación alcohólica. En todos los casos se parte de almidón o celulosa. Una vez hidrolizados para obtener glucosa, ésta se somete a fermentación de donde se obtiene el etanol (Kalscheur et al., 2008).

En los últimos años el consumo de bioetanol ha ido aumentando debido, principalmente, a la inclusión en los combustibles, además de los usos cotidianos como ser las industrias farmacopea y alimenticia (Barletta et al., 2012). En Uruguay, al igual que en otros países, se produce la transformación de grano de sorgo a etanol, pero principalmente a partir del año 2010 cuando la producción de bioetanol comienza a tomar importancia debido a la producción de biocombustibles (Bruni et al., 2014). En el proceso de producción de etanol se obtienen diferentes subproductos, dentro de los cuales se encuentra el DDGS. El almidón es fermentado para obtener alcohol etílico y los demás componentes del grano (germen, endosperma) conservan el valor nutritivo original del mismo, dentro de lo que se incluye a la energía, proteína y el fósforo (USGC, 2012). Como producto de la fermentación del almidón de los granos, el contenido de éste es mucho menor que el original, pero el contenido de fibra y proteína es mayor (Di Constanzo, 2012). Este valor nutritivo puede variar por la calidad del producto original, así como también por condiciones del proceso como la temperatura, tiempo de cocción, destilación, deshidratación y granulado (Barletta et al., 2012).

En la figura No. 2 se observa un esquema donde se muestran las diferentes etapas del proceso de producción de etanol, desde la llegada del grano de origen a la planta hasta la obtención del mismo y sus subproductos, así como también se muestra las enzimas utilizadas en determinadas etapas.

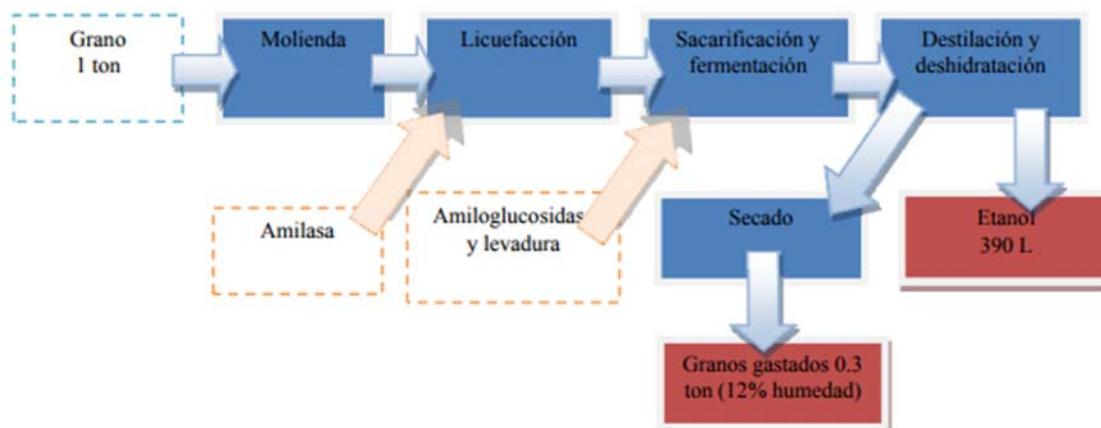


Figura No. 2. Proceso de obtención de etanol y co productos.

Fuente: adaptado de Serna-Saldívar (2010).

En la etapa de destilación (etapa del proceso de obtención de etanol) como se observa en la figura No. 2, cuando se extrae el etanol, el agua remanente y los sólidos se recogen como “stillage”, donde el mismo puede ser prensado pero generalmente es centrifugado para separar los sólidos más groseros del líquido, a este último se le llama soluble de destilería o “stillage” fino, el cual se concentra en un evaporador y se obtienen los solubles condensados de destilería (CDS, Kalscheur et al., 2008). Los sólidos más gruesos son centrifugados obteniéndose los granos húmedos de destilería (WDG), mientras que si estos son combinados con los CDS se obtienen los granos húmedos de destilería con solubles (WDGS). Estos se pueden secar para formar los granos secos de destilería con solubles (DDGS, Kalscheur et al., 2008).

Los granos húmedos de destilería con solubles modificados (MWDG) son granos de destilería que han sido sometidos a un secado parcial o que han sido completamente secados a DDGS y se les ha agregado nuevamente los CDS para alcanzar una mayor humedad en el producto (Kalscheur et al., 2008).

Las principales diferencias entre los granos de destilería secos o húmedos son el manejo y el costo; donde los granos de destilería secos pueden ser almacenados durante largos períodos, pueden transportarse a mayores distancia y más económicamente y a su vez permiten un mezclado más simple con otros componentes de la dieta respecto a los granos de destilería húmedos (Schingoethe, 2011). Según este autor una de las ventajas de los productos húmedos es que estos no tienen costo de secados, sin embargo si se almacenan durante mucho tiempo pierden valor nutritivo. Es conveniente ofrecerlo al ganado antes de los 5 a 7 días siendo este rango de almacenamiento variable según el clima, donde temperaturas cálidas el producto húmedo pierde valor nutritivo en menos días, mientras que con temperaturas más bajas se mantiene en un rango de días mayor.

### 2.5.2. Composición química de los granos de destilería

En el cuadro No. 2, se resume las características químicas y nutricionales de los subproductos obtenidos en el proceso de producción de etanol a partir de grano de maíz.

Cuadro No. 2. Características químicas y nutricionales de los diferentes granos de destilería, secos o húmedos, con o sin solubles, obtenidos a partir del grano maíz.

	Solubles condensado de destilería (CDS)	Granos húmedos de destilería (WDG)	Granos secos de destilería (DDG)	Granos secos de destilería con solubles (DDGS)
MS (% base fresca)	30-50	25-30	88-90	88-90
PC (% MS)	20-30	30-45	25-35	25-32
PDR (% PC)	50	45-53	40-50	43-53
Grasa (%)	9--15	8--12	8--10	8--10
FDN (%)	10--23	30-50	40-44	39-45
NDT (%)	75-120	70-110	77-88	85-90
ENm (Mcal/kg MS)	1-1,15	0,9-1,10	0,89-1	0,98-1
ENg (Mcal/kg MS)	0,8-0,93	0,70-0,80	0,67-0,70	0,68-0,70
Calcio (%)	0,03-0,17	0,02-0,03	0,11-0,20	0,17-0,26
Fósforo (%)	1,3-1,45	0,5-0,8	0,41-0,8	0,78-1,08

MS: materia seca; PDR: proteína degradable en el rumen; FDN: fibra detergente neutra; ENm: energía neta mantenimiento; ENg: energía neta ganancia peso.

Fuente: adaptado de Tjardes y Wright (2002).

En un estudio realizado para evaluar el contenido de nutrientes y la variabilidad del DDGS procedente de plantas de etanol se determinó una media y un coeficiente de variación que fue de: MS (88,9%, 1,7%), PC (30,2%, 6,2%), grasa bruta (10,9%, 7,8%), fibra bruta (8,8%, 8,7%), cenizas (5,8%, 14,7%), FDA (16,2%, 28,4%), FDN (42,1%, 14,3% (1,24%, 7,8%), EM (3,749 Mcal/ kg, 3,28%), calcio (0,06%, 57,2%) y fósforo (0,89%, 11,7%). Según estos autores la mayor variación en el contenido de nutrientes del DDGS es resultado del cultivo de maíz utilizado, el porcentaje de solubles secos añadidos a los granos secos y de la duración del proceso de fermentación que afecta el grado de eliminación del almidón (Spiehs et al., 2002).

Los granos de destilería ya sean secos o húmedos se caracterizan por presentar excelente valor nutricional tanto proteico como energético, aportando entre 25 a 35% de PC y próximo a 2,88 Mcal/kg de EM para rumiantes (FEDNA, 2010). Mieres (2004) reporta que los granos de maíz y sorgo aportan 9,18% y 8,57% de PC para el caso de

maíz y sorgo respectivamente. Este autor reporta que ambos granos tienen una concentración de EM de 3,26 Mcal/kg.

Por lo que al comparar DDGS con el grano de origen ya sea maíz o sorgo, el subproducto aporta más PC mientras que tiene en cuanto al aporte de EM, éste tiene un 12% menos de aporte respecto al grano de maíz o de sorgo.

### 2.5.3. Características de la materia seca de los granos de destilería

Una característica importante de la MS es la degradación ruminal efectiva. Según Cao et al. (2014) para los DDG de maíz la misma es del orden de 43,4%, mientras que con el agregado de solubles condensados aumenta su valor, es decir la fracción degradable a nivel ruminal (a) y la fracción potencialmente degradable (b).

Según Cao et al. (2014) investigando con granos de destilería de maíz la fracción inmediatamente soluble (a) de la MS fue mayor para los WDG en comparación con los DDG y aumentó a medida que se agregaba solubles condensados, en cambio la fracción potencialmente degradable de la MS fue mayor para los DDG respecto a los WDG y disminuyó con el agregado de solubles condensados, mientras que la tasa de degradación (c) no mostró diferencias frente al agregado de solubles condensados. Según estos autores la MS degradada en el rumen fue mayor en los WDG respecto a los DDG (57,9 vs. 48,8%).

### 2.5.4. Granos de destilería como fuente de energía

El aporte de energía en los granos de destilería puede provenir tanto de carbohidratos como de lípidos. En el caso de los carbohidratos estos se dividen en dos, estructurales (celulosa, hemicelulosa) y no estructurales (azúcares, almidón). En éste caso el aporte de energía de los granos de destilería proviene de carbohidratos estructurales, ya que el almidón se pierde en el proceso de fermentación, aumentando los carbohidratos estructurales su concentración en relación al grano original, por lo que la fibra compone la mayor parte de los hidratos de carbono en los granos de destilería (Klopfenstein et al., 2008). A su vez esta fibra es altamente digestible, siendo la digestibilidad de la FDN de los granos de destilería de 76,2% (digestibilidad in vitro de la FDN como %FDN, Hoffman y Combs, 2007). Como consecuencia del bajo contenido de almidón de los granos de destilería podría reducir los riesgos de acidosis ruminal sin perder valor nutricional en los mismos debido a la presencia de fibra con alta digestibilidad (Klopfenstein, 2001).

El valor energético de los subproductos de destilería húmedos puede verse afectado por el tipo de grano, ya sea maíz o sorgo, utilizado en el proceso de

fermentación y la cantidad de solubles añadidos a los granos (Stock et al., 1999). Ham et al. (1994) en un ensayo trabajando con ganado de terminación observaron que los granos de destilería incluidos en un 40% de la MS de la dieta proveen más energía neta (EN) que el maíz partido (21%), así como también observaron que el secado de los granos de destilería reduce el contenido de EN. Lo mismo fue reportado por Klopfenstein (1996) evaluando el valor energético de los granos de destilería, donde menciona que los subproductos húmedos tenían entre un 132 a 174% del valor energético del maíz seco cuando se incluían en un 40% de la MS de la dieta, mientras que los granos de destilería secos y con solubles fueron 130% el valor energético del maíz. Sin embargo Lodge et al. (1997) investigando con novillos (327 kg) el valor alimenticio de granos de destilería de sorgo húmedos (SWDG), granos de destilería húmedo más solubles (SWDGS) y granos de destilería secos de sorgo más solubles (SDDGS) incluidos a razón del 40% de la MS en dietas basadas en maíz seco (control), reportaron que los SWDG, SWDGS y SDDGS contenían 96, 102 y 80% de la ENg en comparación al maíz.

Ahern et al. (2011) investigando sobre el valor energético de los granos de destilería en dietas con alta inclusión de forraje (entre 65 y 80% de la dieta) donde las composiciones de las distintas dietas incluían DDGS, WDGS o maíz seco, con ensilaje de sorgo y heno, concluyeron que el DDGS y el WDGS tenían un 120% y 114% respectivamente la energía que contenía el maíz seco.

Por lo tanto el DDGS aporta más EN que el grano de maíz cuando se incluye en un 40% de la MS de la dieta. Sin embargo los granos de destilería secos aportan menos energía que los subproductos de destilería húmedos. Lo mismo sucede en dietas con alta inclusión de voluminosos en la misma (más de 60%) donde el DDGS de maíz aporta más energía que el maíz seco, pero menos que el WDGS.

Como se mencionó anteriormente también el aporte de energía de los granos de destilería proviene de los lípidos. El alto contenido de lípidos de los granos de destilería aumenta la concentración de energía de los mismos por lo que es una de las razones por las cuales se puede incluir suplementos con alto contenido de lípidos en dietas de rumiantes. Según MacDonald et al. (2007) el contenido de lípidos en los granos de destilería varía entre un 7 y 14%. La gran variación en el contenido de grasa en el DDGS se debe a la cantidad de condensados solubles añadidos a la torta húmeda no fermentada antes del secado, que luego produce el DDGS (Díaz et al., 2012). En cuanto al efecto que puede tener el contenido de lípidos en la performance animal, no es probable que se encuentren efectos negativos en rumiantes que consumen dieta basada en forraje y grasas como suplementos cuando éstas se incluyen al 2% de la MS, sin embargo se recomienda la inclusión de grasa como máximo en un 3% de la MS de la dieta para obtener mayor beneficio de la energía contenida en la grasa y otros componentes de la dieta cuando la misma se basa en forrajes, mientras que cuando las dietas son a base de concentrados un 6% de inclusión es probable que tenga un impacto mínimo en los otros componentes de la dieta (Hess et al., 2008).

Corrigan et al. (2009) observaron en un experimento que la digestibilidad del extracto etéreo aumentó cuando se suplementó a novillos con granos de destilería secos más el agregado CDS. Otro aspecto a considerar según Arroquy et al. (2014), es que en los granos de destilería secos, el secado puede alterar el perfil lipídico por oxidación durante el proceso.

#### 2.5.5. Características proteicas de los granos de destilería

El valor proteico de los granos de destilería secos más solubles no difirió al de los subproductos húmedos cuando se alimentaron terneros en crecimiento (Klopfenstein, 1996). Según el manual de USGC (2012) los granos de destilería con o sin el agregado de solubles presentan un buen aporte de PC, siendo elevado el aporte de proteína no degradable en el rumen (PNDR) entre 47 y 60% de la PB. También como reportan Kalscheur et al. (2008) el contenido de PC es próximo a 30%, y de ésta un 47 a 57% es no degradable a nivel ruminal, pudiendo ser mayor. Debido al proceso de secado por el cual pasa el DDGS, se puede dar la reacción de Maillard causando que los carbohidratos y las proteínas se ligen en una forma química quedando no disponibles para los animales (USGC, 2012). Éste alto valor de PNDR del DDGS se debe a características innatas de la proteína, más que al secado o a la humedad, y no parece estar influenciado por el nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) ya que la eficiencia de la proteína (kg de ganancia/kg proteína suplementaria) sigue siendo el mismo o aumenta conforme aumenta el NIDA en el DDGS (Erickson et al., 2005). Según Spiels et al. (2002) la variación del contenido de PNDR y por ende el de PDR, es debido a los procesos (molienda y secado) que se llevan a cabo en las diferentes plantas de destilación. Ham et al. (1994) en experimentos de crecimiento de terneros no observaron diferencias en la tasa de ganancia ni en la eficiencia de la proteína en los animales alimentados con subproductos destilados húmedos y los alimentados con DDGS con media o alta concentración de NIDA. El nivel de NIDA no afectó la eficiencia de la ganancia (Ham et al., 1994).

Según Cao et al. (2014) trabajando con granos de destilería de maíz en lo que hace a la degradación a nivel ruminal de la PC, la fracción inmediatamente soluble fue mayor en los WDG respecto a los DDG, aumentando con el agregado de solubles condensados, mientras que en la fracción potencialmente degradable (b) fue mayor en los DDG respecto a los WDG y disminuyó con el agregado de solubles condensados, mientras que la tasa de degradación (c) no se vio afectada por la forma de presentación de los granos de destilería o el agregado de solubles condensados. Según estos autores la PDR fue mayor en los WDG que en los DDG (53,1 vs. 38,0%).

La digestibilidad intestinal de la PNDR fue mayor para los WDG respecto a los DDG (69,7 vs. 64%), sin embargo no se vio afectada por el agregado de solubles condensados. Por lo tanto la degradabilidad ruminal de la PC y la digestibilidad de la

proteína intestinal de los granos de destilería aumentaron cuando se añadió solubles condensados. Mientras que los DDG pueden aportar más PNDR, los WDG pueden suministrar más proteína total digestible (Cao et al., 2014). Para el DDGS de maíz la digestibilidad intestinal y total de la proteína (%PB) es de 91,9 y 95,45%, respectivamente; mientras que para el WDG la digestibilidad intestinal de la proteína es de 93,1% PB y la digestibilidad total de 96,9% PB (Di Lorenzo, 2013).

El contenido de nutrientes de la MS de los granos de destilería ya sean húmedo o secos son similares a excepción de la PNDR la cual es ligeramente inferior en los granos de destilería húmedos respecto a los secos (Schingoethe, 2011).

#### 2.5.6. Contenido de minerales en los granos de destilería

El contenido de fósforo del DDGS varía entre 0,65 y 0,95%, por lo que cubren fácilmente los requerimientos de los animales (Kalscheur et al., 2008). En cuanto al azufre, el contenido en el DDGS puede ser muy variable, por lo que hay que ser cuidadosos con este mineral ya que con alto nivel de azufre en el alimento y agua puede provocar desórdenes del sistema nervioso central (polioencefalomalacia) disminuyendo la performance animal o en ciertos casos provocando la muerte (Kalscheur et al., 2008).

#### 2.5.7. Micotoxinas

En los granos de destilería las micotoxinas están presentes principalmente debido al procesamiento de granos que ya vienen contaminados y que durante el proceso de fermentación o secado no se metabolizan (Liu, 2011). El nivel de éstas puede afectar a las levaduras en la fermentación y disminuir el rendimiento de etanol, por lo que alteraría aún más la concentración de cada nutriente. De hecho, la concentración de micotoxinas presentes en el grano se triplica en los granos de destilería (Arroquy et al., 2014).

Las micotoxinas son metabolitos secundarios de hongos que afectan negativamente la salud, crecimiento, y reproducción en mamíferos. Las aflatoxinas (B1, B2, G1 y G2) son las más tóxicas y son producidas por especies de *Aspergillus*. La formación de aflatoxinas se da generalmente en cultivos que crecen bajo condiciones de estrés hídrico y altas temperaturas, o bajo condiciones de almacenaje de alta humedad (Arroquy et al., 2014).

## 2.6. SUPLEMENTACIÓN CON GRANOS DESTILERÍA

La utilización de subproductos de la industria puede reducir los costos del sector ganadero sin perder rendimiento, pero para ésto deben cumplirse ciertos desafíos (Tjardes y Wright, 2002).

El alimento principal de un ternero lactante es la leche, la cual es rica en proteínas y grasas, y aunque los granos de destilería no presenten iguales proporciones en estos nutrientes a la leche, el contenido de proteína total es bastante similar mientras que la grasa es un tercio de la leche en base a la MS (Dahlke y Strohbahn, 2012). El componente energético del DDGS se deriva principalmente de la grasa y la fibra altamente digerible. La fracción de proteína también contribuye a este grupo de energía, pero es de alta calidad y proporciona una fuente de aminoácidos que puede ser absorbida en el intestino inferior y utilizada por el rumiante en desarrollo (Dahlke y Strohbahn, 2012).

Por lo tanto el DDGS el cual es un subproducto que tiene un alto nivel de PC y a su vez una alta proporción de ésta es no degradable a nivel ruminal, podría ser una alternativa para terneros destetados precozmente los cuáles son exigentes en proteína y a su vez no degradable a nivel ruminal, debido al escaso desarrollo del rumen que presentan éstos, pudiendo ser la proteína bacteriana insuficiente para satisfacer los requerimientos de PM.

### 2.6.1. Suplementación con granos de destilería sobre forrajes de baja calidad

En forrajes de baja calidad como son los rastrojos y forrajes diferidos al invierno, la limitante nutricional principal radica en la proteína y en particular la fracción degradable a nivel ruminal, sin embargo una vez cubierta dicha limitante o deficiencia si el objetivo es lograr mejores performance animal, la disponibilidad de energía y PM comienzan a limitar la productividad (Arroquy et al., 2014). Lange, citado por De León et al. (2004) define a los forrajes de baja calidad como aquellos en que la digestibilidad de la MS es inferior a 55%, con bajo contenido de PB (menor a 8%), bajos contenidos de azúcares y almidón, y altos niveles de fibra generalmente con alto grado de lignificación. En este caso la suplementación con un concentrado energético donde la fuente de energía proviene del almidón no mejoraría la performance animal ya que al suplementar con este tipo de concentrado se generaría una disminución en el consumo de forraje y no mejorarían la fermentación de la fibra. Según lo mencionado por De León et al. (2004) el suministro de un concentrado energético como suplemento a un forraje de baja calidad modifica el ambiente ruminal disminuyendo el pH y como consecuencia se afecta la actividades de las bacterias celulíticas y por otro se mantiene la deficiencia de nitrógeno, el cual es utilizado prioritariamente por las bacterias amilolíticas, deprimiendo la digestión de la fibra potencialmente digestible. Sin embargo

la suplementación con proteína verdadera totalmente degradable en el rumen tampoco tendría efecto benéfico en el consumo ya que el rumen no es provisto de altas cantidades de hidratos de carbonos fermentables.

Según De León et al. (2004) aquellos suplementos proteicos que por el contrario son resistentes a la fermentación microbiana, incrementan el suministro de aminoácidos a nivel intestinal, los cuales por un lado ayudan a cubrir deficiencias de aminoácidos específicos que limitan la producción y por otro estos aminoácidos son utilizados como fuente de energía, por lo que la respuesta animal es mayor. En el caso de suplementos energéticos-proteicos que posean proteínas de mediana a baja degradabilidad ruminal, el efecto es aún mayor, pues se incrementa el aporte de aminoácidos a nivel intestinal.

Por lo tanto la suplementación con un subproducto, con alto aporte de PC y a su vez, ésta alta en PNDR y un alto aporte de EM como lo es el DDGS podría generar mejores performance animal cuando los mismos se encuentran pastoreando forrajes de baja calidad.

El factor más importante que limita la ganancia de peso en animales pastoreando estos forrajes, es sin lugar a dudas su bajo CMS debido a una escasa población microbiana a nivel ruminal producto de un escaso aporte de nutrientes que no sólo afectará la digestión del forraje sino también el aporte de proteína microbiana a nivel intestinal por lo que la suplementación tendrá como objetivo incrementar la provisión de nutrientes y optimizar la fermentación ruminal (De León et al., 2004).

#### 2.6.1.1. Consumo, ganancia media diaria y eficiencia de conversión

Loy et al. (2008) observaron un mayor aumento en la GMD (0,71 vs. 0,89 kg/día) y mejor EC (10,0 vs. 7,8) en vaquillonas al suplementar (0,81% del PV) heno de gramíneas (8,7% PB) con DDGS de maíz que cuando se utilizó maíz partido más 4,7% de urea, esto se dio tanto con un nivel de suplementación bajo (0,21% PV) como alto (0,81% PV). Estos autores reportan que el consumo de forraje (% PV) fue menor cuando se utilizó DDGS respecto a maíz partido (1,46 vs. 1,55%). Esto también fue observado por Morris et al. (2005) donde suplementando vaquillonas con cuatro niveles DDGS sobre una fuente de forraje de baja calidad (53% NDT), cuando el nivel de suplementación aumentó, el CMS disminuyó, mientras que la GMD aumentó linealmente reportando una GMD de 0,816 con 0,95% del PV de suplementación. A su vez la EC global mejoró cuando aumentaba el nivel de DDGS como suplemento sin embargo en este experimento al tener un testigo sin suplementación, se pudo calcular la EC del suplemento, empeorando la misma al pasar de 0,23 a 0,95% del PV el nivel de suplementación (2,14 vs. 4,34 kg MS suplemento/kg PV).

Jenkis et al. (2009) suplementando novillos sobre campo natural de baja calidad (8,8% PB, 67,4% FDN y digestibilidad in vivo MS 48,9%) con cuatro niveles de DDGS (31,6% PB, 32,8% FDN y 11% EE) observaron que la GMD aumentó en forma lineal en respuesta a la suplementación con DDGS hasta 0,75% del PV, logrando con este nivel de suplementación una GMD de 0,784 kg/día. A su vez Gadberry et al. (2010) suplementando también sobre forraje de baja calidad al 1,2% del PV, la GMD mejoró en 832 g respecto al testigo sin suplementación (50 vs. 882 g).

Además de la suplementación de pasturas de baja calidad los granos de destilería pueden también ser un suplemento efectivo para mejorar la utilización de rastrojos y/o residuos de cosecha (Arroquy et al., 2014). En sistemas donde los forrajes presentan baja calidad o el residuo de maíz son la principal fuente de alimento la proteína es a menudo el factor más limitante. A su vez las deficiencias de proteínas son especialmente mayores para el crecimiento de terneros como ya se había mencionado anteriormente, ya que se encuentran en un período de crecimiento esquelético y muscular requiriendo más PM (Arroquy et al., 2014). Debido a que la proteína cruda bacteriana es la principal fuente de PM en forrajes de baja calidad, puede existir una deficiencia de PM resultando en poco o ningún aumento en el crecimiento de terneros (Klopfenstein, 1996). La proteína del DDGS al ser la mayor parte no degradable a nivel ruminal (65%) si se suplementa en bajos niveles (menor a 15%) a forrajes de baja calidad no cumplirá con los requerimientos de PDR de los terneros en crecimiento. Sin embargo el alto aporte de PM proveniente de la PNDR puede cubrir la deficiencia de PDR (Klopfenstein, 1996).

Gustad et al. (2006) suplementaron terneros con DDGS sobre un forraje de baja calidad, obtuvieron aumentos diarios en la ganancia por animal, sin embargo en los tratamientos en los que se asignaba un nivel alto de DDGS (1,27% PV) los terneros no consumieron el suplemento en su totalidad, donde los autores sugirieron un límite práctico para el DDGS del 1,1 % del peso vivo.

Para los trabajos de Jones et al. (2015) la ganancia diaria aumentó linealmente ( $P=0,03$ ) cuando se incrementó el nivel de DDGS en novillos pastoreando residuos de maíz. Estos autores reportan que el efecto lineal sugiere que la ganancia diaria óptima por kg de suplementación pudo no haberse alcanzado, sin embargo investigaciones previas evaluando el nivel de suplementación de DDGS donde se usaron mayores niveles que el actual experimento (0,81 %PV) y que 1,1% del PV, encontraron una respuesta cuadrática con el aumento de suplementación. El nivel más alto en esta prueba se estableció en 1,1% del PV basado en una prueba del año anterior donde demostró éste nivel de suplementación como el más óptimo para maximizar la GMD mientras que minimiza el rechazo de alimento (Jones et al., 2015). El estudio actual pudo no haber alcanzado la respuesta cuadrática.

Como conclusión general la suplementación con granos de destilería disminuye el consumo de forraje y aumenta la ganancia de peso. A medida que aumenta el

consumo de granos de destilería se incrementa el contenido de grasa debido al alto contenido de EE de éstos, que pueden afectar negativamente la digestión de la fibra (Arroquy et al., 2014). Según estos autores cuando se suplementa por encima del 1% del PV con granos de destilería el contenido de lípidos en la dieta puede comenzar a limitar la productividad animal y reducir la eficiencia del suplemento mediante un efecto depresor en la digestibilidad de la fibra y el consumo de forraje que no compensaría el incremento del consumo de energía a través de la grasa ingerida.

### 2.6.2. Suplementación con granos de destilería sobre forrajes de alta calidad

Según Morris et al. (2005) los granos de destilería aumentan la ganancia de peso en forrajes de baja como de alta calidad. Esto se debe a un incremento de la PM y energía (Islas y Soto-Navarro, 2011).

En los forrajes de alta calidad como son verdeos de inviernos, praderas de gramínea o leguminosas, normalmente no tienen limitantes en cuanto al contenido de PB, aunque sí en el aporte de PM. La limitante para optimizar las ganancias de peso en forrajes de alta calidad es el exceso de nitrógeno no proteico (NNP) por lo que hay un desbalance a nivel ruminal por el alto contenido de PDR y el bajo aporte de carbohidratos no estructurales, el cual si no es corregido estará afectando la performance animal (Arroquy et al., 2014).

En cuanto a los verdeos al tener alto contenido de PB y de ésta la mayor parte es degradable a nivel ruminal, por lo que en ciertas condiciones la PM intestinal se encuentra deficiente. En este caso los granos de destilería ya sea DDGS o WDGS debido a su alto contenido de PNDR podrían ser un recurso importante para la suplementación en estos forrajes. A su vez es de importancia la fibra altamente digestible que presentan los granos de destilería al suplementar forrajes de alta calidad.

#### 2.6.2.1. Consumo, ganancia media diaria y eficiencia de conversión

Según Islas y Soto-Navarro (2011) el uso de granos de destilería usando tres niveles de suplementación (0.2, 0.4, 0.6% del PV) sobre verdeos de invierno, cuando se incrementaba el nivel de suplementación aumentaba el consumo de lípidos, debido al alto contenido de EE del suplemento, sin embargo no afectó la digestión de la FDN. Horn et al. (1995) evaluando dos tipos de suplementos, uno con alto contenido de almidón y otro con alto contenido de fibra altamente digestible (como son los granos de destilería), sobre verdeos de invierno (*Triticum aestivum*) observaron que la ganancia se incrementó con la suplementación, sin embargo no se vieron influenciadas por el tipo de suplemento, aunque numéricamente fue más alta con el suplemento que contenía alta fibra digestible (1,08 vs. 1,06 kg/día) sucediendo lo mismo con la EC, siendo mejor en

los suplementados con alta fibra digestible respecto a los que suplemento con alto contenido de almidón (5,0 vs. 5,4), aunque no difirieron significativamente ( $P>0,95$ ).

Morris et al. (2005) investigando la suplementación con cuatro niveles de DDGS de maíz (0.23, 0.47, 0.71 y 0.95% del PV) a vaquillonas sobre un forraje de alta calidad (65% NDT) donde observaron que el CMS disminuyó a medida que aumentaba el nivel de suplementación, siendo 4,53 kg MS/día para un nivel de 0,95% del PV mientras que en el testigo sin suplementación consumieron 5,71 kg MS/día. Estos autores encontraron que la GMD aumentó de 0,639 kg/día para el tratamiento sin suplementación hasta 1,15 kg/día cuando se suplementaba con 0,95% del PV, a su vez la EC global paso de 8,9 kg MS/kg PV para el tratamiento sin suplementar a 3,9 kg MS/kg PV para el nivel de suplementación más alto (0,95% del PV) sin embargo al calcular la EC del suplementó, ésta empeora levemente cuando pasa de un nivel de suplementación de 0,23 a 0,95% del PV (4,98 vs. 5,32).

En praderas perennes templadas durante la estación de crecimiento Greenquist et al. (2009) suplementando novillos con DDGS de maíz sobre pasturas de cebadilla, la suplementación con 2,3 kg/día aumentó la GMD respecto al tratamiento sin suplementación (0,92 vs. 0,68 kg/día).

### 2.6.3. Tasa de sustitución

Los granos de cereales ricos en almidón, son utilizados como fuente de alimento para el ganado ya sea sobre pasturas o en condiciones estabuladas. Debe tenerse presente que hay una relación negativa entre la concentración de almidón de la dieta y la digestibilidad del forraje como consecuencia de la flora microbiana que predomina en el rumen (amilolítica o celulolítica) lo que lleva a una menor eficiencia de utilización de la pastura. Por lo tanto los subproductos de la industria del etanol, como los granos de destilería son una alternativa ya que al ser el almidón eliminado en el proceso de obtención de etanol se elimina esa correlación negativa entre el almidón y la digestibilidad del forraje (Morris et al., 2005).

Según Stalker (2010) a medida que aumenta el nivel de DDGS en la alimentación, el consumo de forraje disminuyó en forma cuadrática, mientras que el consumo total aumentó cuadráticamente con el aumento del nivel de suplementación. En un resumen de seis ensayos cada 0,45 kg de DDGS el consumo de forraje disminuyó en 0,5 kg (Klopfeinstein, 2007). Lo mismo se puede observar en el cuadro No. 3 que al aumentar la suplementación con DDGS el CMSF disminuye y aumenta el consumo de materia seca del suplemento (CMSS), por lo tanto aumenta la tasa de sustitución.

Cuadro No. 3. Efecto del nivel de suplementación con granos de destilería secos sobre el consumo y tasa de sustitución de forraje por suplemento.

	Suplementación con DDGS (kg MS/día)	CMS forraje (kg MS/día)	CMS suplemento (kg MS/día)	Sustitución (g forraje/kg suplemento)
	0	5,8	-	-
	0,7	5,6	0,7	200
	1,4	5,4	1,4	270
	2	5,1	2	330
	2,7	4,7	2,7	400
	3,4	4,1	3,4	480
P valor	Efecto lineal	< 0,01	0,31	-
	Efecto cuadrático	<0,01	<0,01	-

Fuente: adaptado de Griffin et al. (2012)

Corrigan et al. (2009) también observaron en un ensayo que a medida que se aumentaba la concentración de DDGS en la dieta a base de forraje, el consumo de este último disminuye mientras que aumenta el consumo de DDGS, y el consumo total aumentó.

#### 2.6.4. Uso de DDGS en condiciones de confinamiento

En el cuadro No. 4, se presentan experimentos realizado por diferentes autores, los cuales utilizaron granos de destilería de maíz y sorgo, húmedos o secos, con solubles para la alimentación de terneros en condiciones de confinamiento.

Cuadro No. 4. Efecto de la alimentación a corral con granos de destilería (sorgo o maíz) para terneros.

Autores	Categoría/pe so(kg)	Grano destilería	Nivel inclusión GD	CMS (kg/día)	GMD (kg/día)	EC
Anzolabehere y Cortazzo (2017)	Terneros/80	DDGS sorgo	0	4,38	1,21	3,52
			15	4,79	1,24	3,83
			30	4,54	1,11	3,97
			45	4,94	1,12	4,28
Suárez-Mena et al. (2011)	Terneros/70	DDGS maíz	0	2,24	0,87	2,6
			39	2,25	0,79	2,85
	Terneros/77		0	2,63	1,05	2,5
			20	2,64	1	2,64
Larson et al. (1993)	Terneros/275	WDGS maíz	0	8,42	1,3	6,48
			5	8,74	1,39	6,29
			13	8,44	1,4	6,03
			40	7,91	1,46	5,42

GD: granos de destilería; CMS: consumo materia seca; GMD; ganancia media diaria; EC: eficiencia de conversión.

#### 2.6.4.1. Consumo

En los trabajos de Anzolabehere y Cortazzo (2017) el CMS expresado en kg/día, no presentó diferencias significativas entre los diferentes niveles de inclusión de DDGS ( $P=0,647$ ) sin embargo si se dieron diferencias significativas expresado cada 100 kg de PV, teniendo una respuesta lineal positiva, registrándose un aumento de 0,011% más de consumo por cada 1% de incremento en el nivel de DDGS.

En el experimento de Suárez-Mena et al. (2011) donde en dos experimentos evaluaron la alimentación con DDGS de maíz para terneros los cuales fueron separados en dos experimentos, el experimento uno con terneros de 70 kg de PV alimentados con 0

y 39% de inclusión de DDGS y el experimento dos con terneros de 77 kg de PV alimentados con 0 y 20% de DDGS. Estos autores no encontraron diferencias en el CMS entre la dieta control (0% de DDGS) y la inclusión de DDGS, en ninguno de los experimentos.

Mientras que Larson et al. (1993) trabajando en recría de terneros donde sustituyeron grano de maíz molido y harina de soja por niveles de 5, 13 y 40% de WDGS de maíz en la dieta además de un 10% de voluminoso el cual no varió, encontraron que el CMS tiene una respuesta lineal negativa ( $P < 0,01$ ).

#### 2.6.4.2. Ganancia media diaria

Anzolabehere y Cortazzo (2017) observaron que la GMD no fue afectada por el tratamiento (0, 15, 30 y 45 % de DDGS en la dieta) donde se observó un promedio de 1,18 kg/animal/día.

En los trabajos realizados por Suárez-Mena et al. (2011) la ganancia diaria fue mayor en los tratamientos que no incluía DDGS en la dieta, 9% mayor en el experimento uno y 4% mayor en el experimento dos. Mientras que Larson et al. (1993) reportan un aumentó en forma lineal en la GMD.

#### 2.6.4.3. Eficiencia de conversión

En el experimento realizado por Anzolabehere y Cortazzo (2017) la EC presentó diferencias significativas entre tratamientos, donde se observó una respuesta lineal positiva, indicando que por cada 1% de DDGS incorporado en el concentrado se registró un incremento en el alimento consumido de 15,17 gramos para ganar 1 kg de PV.

Suárez-Mena et al. (2011) observaron que la EC era mejor en los terneros alimentados sin DDGS, siendo el tratamiento control un 10% mayor que el que incluía 39% de DDGS y 4% mayor que el que incluía 20% de DDGS. Larson et al. (1993) reportan que la EC alcanza un óptimo cuando el WDGS es incluido en un 40% de la dieta (respuesta lineal).

## 2.7. HIPÓTESIS

La sustitución de ración comercial para destete precoz por niveles crecientes de DDGS de sorgo no afecta la performance de terneros destetados precozmente, siendo esta respuesta independiente del nivel de inclusión.

La respuesta a la suplementación con burlanda seca de sorgo (DDGS) estaría asociada a cambios en el consumo de MS y aprovechamiento de los nutrientes consumidos.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA EXPERIMENTAL Y PERÍODO DE EVALUACIÓN

##### 3.1.1. Localización

El experimento fue realizado desde el 02/01/2017 hasta el 28/03/2017 en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (E.E.M.A.C.) de la Facultad de Agronomía, en el área de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (U.P.I.C.) sobre una pradera de *Festuca arundinacea* de primer año (32°23'11,00" de latitud Sur y 58°02'42,26" de longitud Oeste, 45 m aproximadamente sobre el nivel del mar).

Los suelos sobre los que se realizó el experimento pertenecen a la Unidad de suelos San Manuel, la cual presenta como suelos dominantes Brunosoles Éútricos Típicos de textura limo arcillosa desde superficiales a moderadamente profundos, y como suelos asociados Brunosoles Éútricos Lúvicos de textura limosa, sódico, y Solenetz Solodizados Melánicos de textura franca. Estos suelos están formados a partir de sedimentos limosos consolidados (carapachos calcáreos) y sedimentos limosos con clara influencia de la formación Fray Bentos. El relieve presente es de interfluvios de lomadas suaves y altiplanicies con escarpas y valles asociados (MAP. DSF, 1979), aunque el experimento se desarrolló sobre laderas con pendientes moderadas (de 3 a 5%, UdelaR. FA, 2010).

##### 3.1.2. Clima

El departamento de Paysandú presenta una temperatura media anual de 19° C, precipitaciones medias anuales de 1218 mm y una humedad relativa entorno al 73% (MDN. DNM, s.f.). Las temperaturas medias y precipitaciones acumuladas para los meses de enero, febrero y marzo provenientes de la base de datos de la estación agrometeorológica ubicada en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, se muestran en el cuadro No. 5.

Cuadro No. 5. Temperatura media diaria y precipitaciones acumuladas durante los meses de enero, febrero y marzo en el período de 2007-2017, en el área experimental.

Mes	Temperatura (° C)	Precipitaciones (mm)
Enero	25 ± 6,8	117,5 ± 67,3
Febrero	23,7 ± 6,2	134,6 ± 118,2
Marzo	22,5 ± 6	138,4 ± 85,6

Con los datos de temperatura media y humedad relativa se calculó el índice de temperatura y humedad (ITH) que es un indicador del riesgo de estrés térmico del animal.

En el cuadro No. 6, se presenta la evolución histórica de la humedad relativa y el índice de temperatura y humedad (ITH) para los meses de enero, febrero y marzo.

Cuadro No. 6. Humedad relativa (%HR) e índice ITH durante los meses de enero, febrero y marzo en el período de 2007-2017.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Desvío
HR (%)	76,5	68,2	67	76	62,8	67,7	71,6	75,9	71,4	70	74,9	± 4,45
ITH*	71,2	71,9	71,3	72,3	71,3	71,7	69,4	70,5	71,5	72	72,3	± 0,85

\* $ITH=0,8*temperatura\ del\ aire + (\% \text{ humedad relativa}/100)*(temperatura\ del\ Aire -14,4) + 46,4$  (Mader et al., citados por Beretta et al., 2012).

## 3.2.ALIMENTOS

### 3.2.1. Pastura

Fueron utilizadas 29 ha de pradera de primer año, compuesta por *Festuca arundinacea* cultivar Tacuabé. La siembra de la pradera se realizó el 27/05/2016 en el área este del potrero, mientras que el área oeste se realizó el 02/06/2016. El cultivo antecesor fue una pradera de *Cichorium intybus* y *Trifolium pratense* sembrada en 2013 con una intersembrado de avena en el lado este en el año 2015. El 10/05/2016 se comenzó con el barbecho para la pradera con una aplicación de 4 L/ha de glifosato Supra II. En preemergencia se aplicó 0,5 L/ha de preside, en el lado este como en el lado oeste. La densidad de siembra de la festuca fue de 15 kg/ha. Se realizó una fertilización de 100 kg/ha de fosfato de amonio 18-46-0. La biomasa aérea de forraje promedio al inicio del experimento fue de 4523 kg de MS/ha.

### 3.2.2. Suplemento

Fueron formuladas cuatro raciones experimentales difiriendo en la proporción de DDGS en sustitución de ración comercial para destete precoz con 19% PC y 80% de digestibilidad (ración P19): 0%, 33%, 66% y 100% DDGS. En el cuadro No. 7 se presenta la composición química para cada tipo de suplemento.

Cuadro No.7. Composición química de las raciones experimentales difiriendo en el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS.

	0% DDGS	33% DDGS	66% DDGS	100% DDGS
Materia seca (%)	90,6	89,9	89,3	88,6
Proteína cruda (%)	19,9	24,9	30	35
FDN materia orgánica (%)	25,3	34,9	44,5	54,1
Cenizas (%)	6,9	6,2	5,6	4,9
Extracto etéreo (%)	2,8	3,2	3,5	3,9

El DDGS de sorgo fue adquirido de la planta de ALUR (Alcoholes del Uruguay) y en el cuadro No. 8 se presenta la composición química del mismo y de la ración comercial.

Cuadro No. 8. Composición química de la ración comercial para destete precoz y el DDGS de sorgo utilizados como suplementos.

	Ración comercial para destete precoz	DDGS de sorgo
MS (%)	90,5	88,6
PC (%)	19,9	35
FDNmo (%)	25,3	54
FDAmo (%)	-	25,2
C (%)	6,8	4,9
EE (%)	2,8	3,9

MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDNmo: fibra detergente neutra de la materia orgánica; FDAmo; fibra detergente acida de la materia orgánica; C: cenizas; EE: extracto etéreo

### 3.3. ANIMALES

Se utilizó un total 40 terneros/as, siendo 20 hembras y 20 machos, de raza Hereford nacidos en primavera del 2016 destetados precozmente el 2 de enero de 2017, a los  $63 \pm 8,8$  días de edad aproximadamente, con un PV promedio de  $81,2 \pm 7,9$  kg.

El período de transición a la dieta sólida luego del destete precoz fue realizado según protocolo descrito por Simeone y Beretta (2002) y tuvo una duración de 12 días. A continuación, se realizó durante 5 días la transición a la dieta experimental según el

tratamiento respectivo. El detalle del manejo durante el período pre-experimental (anexo 8.1).

Al inicio del período experimental el PV promedio de los terneros/as fue de  $79,85 \pm 8,8$  kg. Todos los terneros/as estuvieron incluidos en el Sistema de Identificación y Registro Animal Nacional.

### 3.4. TRATAMIENTOS

Los terneros fueron asignados al azar a ocho grupos balanceados por sexo y éstos a una de las cuatro raciones experimentales difiriendo en el nivel de inclusión de DDGS de sorgo, en sustitución de la ración comercial para destete precoz como se muestra en el cuadro No. 9, a ser ofrecidas como suplemento a los terneros en pastoreo.

Cuadro No. 9. Composición de suplemento ofrecido en cada tratamiento (base seca).

Tratamiento	Ración comercial para destete precoz (%)	DDGS de sorgo (%)
S0	100	0
S33	66,6	33,3
S66	33,3	66,6
S100	0	100

Cada grupo de 5 terneros, constituyendo una unidad experimental, pastoreó en una parcela independiente de la pradera de festuca y fueron suplementados diariamente en la parcela a razón de 1,0 kg MS/100 kg de peso vivo.

### 3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

#### 3.5.1. Procedimiento experimental

Al finalizar el período pre experimental los animales fueron trasladados a la pastura, la cual fue pastoreada con una OF de 8 kg MS/100 kg PV en franjas con 7 días de ocupación. La OF se ajustó semanalmente regulando el área de la parcela mediante alambrado eléctrico, en base a la MS disponible y al último PV registrado para cada repetición.

En la figura No. 3 se presenta la distribución semanal de los pastoreos dentro del área experimental. La ubicación de los mismos fue realizada procurando áreas con distribución homogénea del forraje.



Referencias: los rectángulos de colores (rojo y naranja) delimitan el área utilizada semanalmente en el experimento, indicando cada número la semana del experimento a la que corresponde. El contorno de color negro encierra la pastura disponible para la ejecución del experimento.

Figura No. 3 Distribución de las franjas semanales de pastoreo dentro del área experimental en la pastura de *Festuca arundinacea*.

Fuente: Google earth.

Cada unidad experimental contó con agua disponible a voluntad (4 bebederos cilíndricos de 58 cm de diámetro × 45 cm de altura), dos comederos de plástico (de acceso por un sólo lado, 45 cm de frente de acceso por animal, 37 cm de altura) y 2,27 m<sup>2</sup> de sombra. Los animales eran suplementados entre 07:00 y 08:00 h de la mañana, excepto el día de cambio de parcela en que el suplemento se ofrecía luego de mover los animales, a las 09:00 h. Diariamente, antes de suministrar el suplemento se retiró y se pesó el rechazo del día anterior en el caso de que existiera. La cantidad de suplemento a suministrar en cada tratamiento se ajustó cada 14 días, en función del último PV registrado para cada unidad experimental.

Para el suministro diario de suplemento se utilizó una balanza digital de mano con una capacidad máxima de 25 kg y mínima de 0,1 kg.

### 3.5.2. Manejo sanitario

Al siguiente día de ser destetados, los terneros fueron tratados con Clostrisan, vacuna para la prevención de la clostridiosis y tétano, Querato Pili IBR para el control de queratoconjuntivitis y también se le aplicó una dosis de carbunco bacteriano. Antes de ir a la pastura se le dio una dosis de Ricoverm konig (antiparasitario interno inyectable estéril para bovinos). El 01/03/2017 se vacunó para el control de aftosa.

Durante el período experimental, cuando los animales presentaron síntomas de queratoconjuntivitis bovina, se les realizaron aplicaciones tópicas con polvo oftálmico con oxitetraciclina (Laboratorio Sur), al igual que cuando presentaron miasis se les aplicó sobre la herida Diclotrín. En todos los casos las dosis aplicadas fueron las recomendadas para cada droga por el laboratorio fabricante.

## 3.6. REGISTROS Y MEDICIONES

### 3.6.1. Pastura

#### 3.6.1.1. Biomasa aérea pre-pastoreo

Semanalmente se estimó la biomasa aérea de la pastura para el ajuste de la OF (kg MS/100 kg PV) mediante la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975). Fue utilizada una escala de tres puntos y su repetición, las que fueron cortadas con tijera de aro al ras del suelo y utilizando un cuadro de 0,25 x 0,25 m en los muestreos. El área a ser utilizada en los siguientes 7 días, fue muestreada según las escalas en 200 unidades de muestreo (asignándose también puntos intermedios). Previo al corte se estimó por apreciación visual la proporción de restos secos, leguminosas y suelo desnudo cada vez que se lanzó el cuadro de medición en cada parcela experimental. La altura del forraje fue medida en 5 puntos de la diagonal del cuadro en cada punto de escala, registrando con regla el punto de contacto de la hoja viva más alta sin estirla.

Las muestras cortadas fueron secadas en estufa de aire forzado a una temperatura de 60° C durante 48 horas, pesadas, luego molidas con un molinillo con una malla de 2 mm y conservadas para posterior análisis químico. En el laboratorio se utilizó una balanza digital para pesar las muestras frescas y secas con una capacidad máxima de 600 g y mínima de 0,05 g.

En las semanas 3, 4, 6, 8 y 10, una vez que eran delimitadas las parcelas de pastoreo para cada unidad experimental, se estimó nuevamente el forraje ofrecido, previo al ingreso de los animales, arrojando 50 cuadrados adicionales por parcela, de forma de tener una estimación más precisa de la OF efectiva. Simultáneamente, también se registró la altura del forraje en una de cada dos veces que se tiró el cuadrado.

### 3.6.1.2. Rechazo de forraje

Al igual que para la oferta de forraje, cada 14 días se midió el rechazo de forraje de cada franja utilizando la misma técnica de muestreo, estableciéndose una nueva escala con tres puntos y una repetición y muestreando en cada parcela 50 cuadros.

### 3.6.1.3. Patrón de defoliación de pastura

En las semanas 4 y 8 se caracterizó la dinámica de defoliación de la pastura en forma diaria, registrando la altura de la pastura según la técnica ya descrita, al ingreso a la franja de pastoreo semanal y cada 24 horas hasta la salida de los animales.

### 3.6.1.4. Muestreo del forraje seleccionado

Coincidiendo con las semanas en las que se determinó el consumo de forraje, también se tomaron muestras de la pastura en cada parcela mediante la técnica “Hand-clipping” (Weir y Torell, 1959). La técnica consiste en reproducir el pastoreo del animal, mediante cortes manuales de manera de simular la selección realizada durante el pastoreo. A estos efectos el muestreo se realizó en áreas adyacentes a las de pastoreo, de similares condiciones de oferta de forraje y composición botánica, a la que los animales pastorearon anteriormente.

## 3.6.2. Animales

### 3.6.2.1. Altura al anca y peso vivo

Se registró la altura del anca de los animales a inicio y fin del experimento, previo al pesaje de los animales. Para dicha medición se utilizó una regla milimétrica.

El PV de los animales fue registrado al inicio y cada 14 días, sin ayuno previo, aproximadamente a la misma hora (hora 8), antes del cambio a la nueva parcela semanal de pastoreo. Para dicha medición se utilizó la balanza de ganado digital fija de precisión.

### 3.6.2.2. Consumo de suplemento

El CMSS se estimó en cada parcela como la diferencia entre la cantidad ofrecida y la cantidad rechazada diariamente para todos los tratamientos. Cada 14 días se tomó una muestra del suplemento ofrecido a cada tratamiento y su respectivo rechazo, para estimar el contenido de MS. Las muestras de suplemento muestreado fueron secadas en estufa de aire forzado a 60° C durante 48 h para determinar la MS, siendo guardadas posteriormente para realizar el análisis químico. Los análisis fueron realizados sobre una muestra compuesta de suplemento ofrecido por tratamiento.

### 3.6.2.3. Comportamiento animal e indicador de estrés térmico

En los días 2, 4, y 6 de las semanas 4 y 8 se registró cada 15 minutos, durante el período de horas luz, las actividades de pastoreo, rumia y descanso. En caso de que el animal se encontrara pastoreando al momento del registro de la actividad, se midió la tasa de bocado (bocados por minuto) de cada animal que se encontraba pastoreando, contando la cantidad de bocados realizados en un minuto.

También en estos días, previo a la suplementación y a las 14 horas se registró la tasa respiratoria y se asignó un score de jadeo mediante la observación de los movimientos del flanco del animal y del patrón respiratorio individual, variando entre cero y tres (Mader et al., 2002).

## 3.7. ANÁLISIS QUÍMICOS

Se realizaron 8 muestras compuestas de “Hand-clipping” (1 por cada repetición), una muestra compuesta del forraje ofrecido para todo el período experimental (semana 3, 4, 6, 8 y 10) constituyendo una muestra de 100 gramos a partir del submuestreo de 20 gramos de forraje molido por fecha, y se enviaron al laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía con el fin de determinar el contenido de cenizas, nitrógeno, extracto etéreo, fibra detergente neutro y fibra detergente ácida. Las cenizas se obtuvieron como el residuo de la incineración a 600° C durante 3 horas. La PC se obtuvo a partir de la determinación del nitrógeno total del alimento, que se cuantifica por el método Kjeldahl. Para obtener el valor de PC se multiplicó la concentración de nitrógeno por el factor 6,25, el cual expresa la relación porcentual de nitrógeno en la proteína (16%) asumiendo que todo el nitrógeno está bajo forma proteica. FDN es la proporción de la muestra de alimento que es insoluble en una solución detergente neutra, mientras que FDA es la proporción de la muestra de alimento que es insoluble en una solución detergente ácido (UdelaR. FA, 2011). La determinación de cenizas se realizó según AOAC, citado por UdelaR. FA (2011), mientras que para la cuantificación de la FDN y FDA se procedió según Van Soest et al., citados por UdelaR. FA (2011).

## 3.8. VARIABLES CALCULADAS

### 3.8.1. Ganancia media diaria

La GMD (kg/animal/día) fue obtenida como el coeficiente de regresión del modelo de regresión lineal general al que se ajustaron los pesos vivos registrados a través del período experimental y analizado como medidas repetidas en el tiempo.

### 3.8.2. Eficiencia de conversión

La misma fue calculada para cada repetición (parcela de pastoreo) como el cociente entre la cantidad de MS consumida total (concentrado + forraje), y la ganancia media promedio para el período experimental.

### 3.8.3. Utilización del forraje

La utilización del forraje fue calculada en las semanas 3, 4, 6, 8 y 10 como la proporción de forraje desaparecido en relación al forraje disponible previo al pastoreo.

### 3.8.4. Consumo de materia seca de forraje

El CMSF se estimó en las semanas 3, 4, 6, 8 y 10 (método agronómico = forraje desaparecido). La utilización de forraje (UF) en cada parcela se calculó como la relación porcentual entre la biomasa de forraje desaparecido (ofrecido – rechazo) y la biomasa ofrecida. El CMSF (kg /100 kg PV) fue estimado como el producto  $UF (\%) \times OF$  (kg/100 kg PV).

## 3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar el efecto relativo de los tratamientos sobre las variables aleatorias observadas que presentan distribución normal (peso vivo, consumo de forraje y suplemento, biomasa de forraje ofrecido y rechazado, altura del forraje ofrecido y rechazado, utilización del forraje disponible, composición botánica del forraje rechazado, composición química del forraje y suplemento consumido, y patrones de defoliación y consumo de suplemento diario) se utilizó el modelo estadístico básico de un diseño completamente al azar.

A los modelos de PV y EC se les agregó como covariable el peso vivo inicial. Por otro lado, a los modelos de PV, consumos, variables de la pastura, utilización de forraje, patrones de defoliación y consumo de suplemento diario se les agregaron los efectos de las medidas repetidas en el tiempo, ya que éstas variables se midieron reiteradamente. Por último, para analizar el efecto relativo de los tratamientos sobre las variables aleatorias observadas con distribución diferente a la normal (probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo, descanso, rumia), se utilizó el modelo estadístico lineal generalizado, asumiendo que las variables medidas tienen distribución binomial, y se le agregó el efecto de las medidas repetidas en el tiempo.

Cuando el efecto de tratamiento fue significativo, fueron examinados los contrastes lineal y cuadrático asociados al nivel de inclusión de DDGS en el suplemento.

Un efecto fue considerado significativo cuando la probabilidad de error tipo I fue menor a 0.05

### 3.9.1. Peso vivo analizado con medidas repetidas en el tiempo

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon_{ij} + M_k + (\alpha M)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Donde,

$Y_{ijk}$  : peso vivo (kg).

$\mu$ : media poblacional (peso vivo).

$\alpha_i$  : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

$\beta$  : coeficiente de regresión.

$X_{ij}$ : valor de covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

$\bar{X}$ : media de la covariable (PV inicio).

$\bar{\varepsilon}_{PV}$ : media de la covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

$M_k$ : efecto relativo del k-ésimo momento de medición del peso vivo.

$(\alpha M)_{ik}$ : efecto relativo de la interacción entre los efectos del i-ésimo tratamiento y k-ésimo momento de medición.

$\delta_{ijk}$ : error experimental del i-ésimo tratamiento, j-ésima repetición y k-ésimo momento de medición.

Como coeficiente de regresión se obtuvo la GMD de cada tratamiento, las cuales se compararon mediante contrastes.

### 3.9.2. Peso vivo analizado por fecha de pesada

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon_{ij}$$

Donde,

$Y_{ijk}$  : peso vivo (kg).

$\mu$ : media poblacional (peso vivo).

$\alpha_i$  : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

$\beta$  : coeficiente de regresión.

$X_{ij}$ : valor de covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

$\bar{X}$  : media de la covariable (PV inicio).

$\bar{E}PV$ : media de la covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

### 3.9.3. Consumo de forraje, suplemento, MS total, biomasa de forraje ofrecido y rechazado, altura del forraje ofrecido y rechazado, utilización del forraje disponible, patrón de defoliación y de consumo de suplemento diario dentro de la semana de permanencia en la parcela

Se analizaron las variables de consumo de MS de forraje, suplemento y total expresadas en kg/a/día con el peso vivo inicial como covariable, pero como la inclusión de esta covariable no tuvo efecto significativo ( $P > 0,05$ ) en las variables, fue retirada del modelo, resultando el mismo como se lo presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon \mu + M_k + (\alpha M)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Donde,

$Y_{ijk}$  : consumo de forraje, suplemento, MS total (kg/a/día y % PV), biomasa de forraje (kg/ha), altura (cm) y utilización (%), defoliación y consumo de suplemento diario (kg/d).

$\mu$ : media poblacional (consumo).

$\alpha_i$  : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

$\epsilon t$  : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4) (kg/a/día, % PV y cm).

$M_k$ : efecto relativo del k-ésimo momento de medición del consumo.

$(\alpha M)_{ik}$ : efecto relativo de la interacción entre los efectos del i-ésimo tratamiento y k-ésimo momento de medición.

$\delta_{ijk}$ : error experimental del i-ésimo tratamiento, j-ésima repetición y k-ésimo momento de medición.

#### 3.9.4. Eficiencia de conversión global y eficiencia de conversión global ajustada

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon$$

Donde,

$Y_{ijk}$  : eficiencia de conversión.

$\mu$ : media poblacional (eficiencia de conversión global).

$\alpha_i$  : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

$\beta$  : coeficiente de regresión.

$X_{ij}$ : valor de covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

$\bar{X}$  ...: media de la covariable (PV inicio).

$\bar{\varepsilon}_{PV}$  : media de la covariable (PV inicio) en i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición.

#### 3.9.5. Composición botánica del forraje rechazado, composición química del forraje y suplemento consumido

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{\mu}$$

Donde,

$Y_{ijk}$ : composición botánica y química.

$\mu$ : media poblacional (composición botánica y química).

$\alpha_i$  : efecto relativo del i-ésimo tratamiento (t=4).

$\varepsilon_t$  : efecto relativo del i-ésimo tratamiento ((t=4).a).

#### 3.9.6. Probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo, descanso, rumia en el período de observación, tasa de bocado, y patrón de la probabilidad de actividades de pastoreo, descanso y rumia cada 2 horas

$$\ln(P/(1-P)) = \mu + \alpha_i + S_j + D_k + (\alpha S)_{ij} + (\alpha D)_{ik}$$

Donde,

P: probabilidad de ocurrencia de la actividad.

$\mu$ : media poblacional.

$\alpha_i$  : efecto relativo del i-ésimo tratamiento ( $t=4$ ).

$S_j$  : efecto relativo de la semana en que se realizó la medición.

$D_k$  : efecto relativo del día en que se realizó la medición.

$(\alpha S)_{ij}$  : efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y la j-ésima semana de medición.

$(\alpha D)_{ik}$  : efecto relativo de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el k-ésimo día de medición.

Finalmente, el análisis estadístico de los resultados se realizó utilizando el paquete estadístico informático SAS.

#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. REGISTROS METEOROLÓGICOS

En el cuadro No. 10 se presentan datos meteorológicos del período experimental, seguido de la distribución diaria de las precipitaciones para los 3 meses en los que se llevó a cabo el experimento, que se observa en la figura No. 4.

Cuadro No. 10. Temperatura media, máxima y mínima mensual, precipitaciones y humedad relativa para el período experimental (18/01/2017 al 29/03/2017).

	Temperatura (° C)			Humedad relativa (%)	Precipitaciones (mm)
	Media	Máxima	Mínima		
Enero	24,7	36,2	11,2	71,8	143,8
Febrero	24,2	34,4	12,8	77,3	455,4
Marzo	21,4	33,2	9,6	75,7	133,1

El ITH promedio para los meses de enero y febrero se ubicó en el nivel de alerta o riesgo leve (ITH entre 72 y 79), mientras que en marzo el mismo estuvo por debajo de 72, lo cual indica riesgo nulo. La incidencia de días con ITH entre 79 y 89 indicando riesgo moderado fue baja y sólo en febrero, no registrándose días con ITH promedio por encima de 89 (riesgo alto, University of Oklahoma, citado por Beretta et al., 2012).

Cuadro No. 11. Índice de temperatura y humedad (ITH) mensual para el período experimental.

	Enero	Febrero	Marzo
ITH promedio	74	74	69
Días con ITH promedio (% del total de días)			
<72	26	25	74
72 a 79	74	68	26
79 a 89	0	7	0
>89	0	0	0

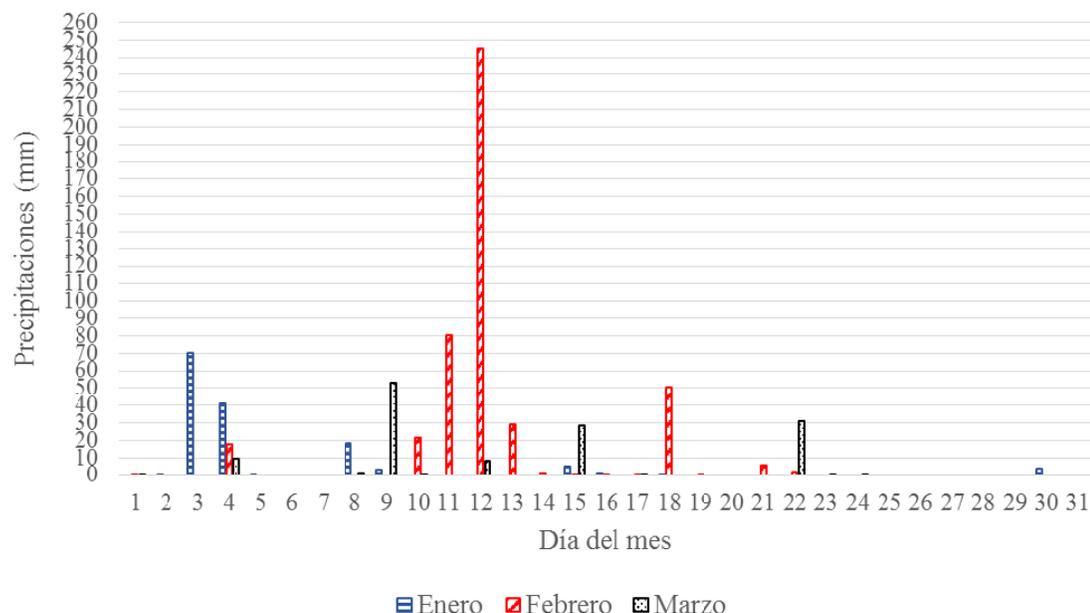


Figura No. 4. Precipitaciones por día en los meses que se desarrolló el experimento en la EEMAC.

## 4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA

### 4.2.1. Forraje disponible, biomasa rechazada y utilización de la pastura

La composición química promedio de la pastura ofrecida durante el período experimental fue de 12,5% PC, 54,2% FDN, 32,0% FDA, 10,1% de cenizas.

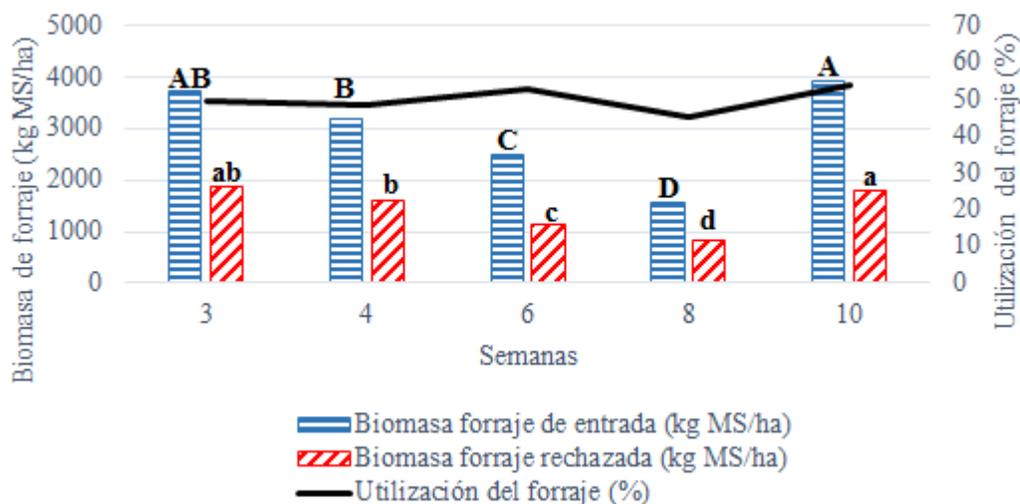
Tanto la biomasa aérea ofrecida y su remanente pos pastoreo, así como las correspondientes alturas, variaron con la semana de medición ( $P < 0,01$ ) pero no difirieron significativamente entre tratamientos ( $P > 0,05$ ), así como tampoco existió efecto de la interacción tratamiento por semana de medición ( $T \times S$ ,  $P > 0,05$ ). La utilización del forraje no fue afectada por los tratamientos, semanas de medición ni por la interacción  $T \times S$  ( $P > 0,05$ ). En el cuadro No. 12 se presentan las medias ajustadas por tratamiento para estas variables.

Cuadro No. 12. Efecto de la suplementación de terneros con niveles crecientes de DDGS\* sobre la biomasa y altura de la pastura pre y pos pastoreo y su utilización.

	0% DDGS	33% DDGS	66% DDGS	100% DDGS	Valor de P
Biomasa aérea de entrada (kg MS/ha)	2959,8	2900,9	3083,5	2970,4	
Altura del forraje disponible (cm)	16,8	18,1	18,7	18,6	P>0,05
Biomasa aérea remanente (kg MS/ha)	1435,9	1442,1	1356,5	1578,4	P>0,05
Altura del forraje remanente (cm)	9,1	9,1	9,5	9,9	P>0,05
Utilización del forraje disponible (%)	51,1	49,7	54,5	45,2	P>0,05

\* Niveles crecientes de sustitución de ración P19 por DDGS de sorgo en el suplemento ofrecido a razón del 1% del peso vivo.

La biomasa aérea disponible al momento de entrada a la franja se mantuvo estable hasta la semana 4, para luego disminuir hasta la semana 8 ( $P<0,05$ ), semana en la cual se alcanzó la menor disponibilidad de forraje ( $P<0,05$ ). La misma tendencia se observó en cuanto al forraje rechazado ( $P<0,05$ ) como se muestra en la figura No. 5.

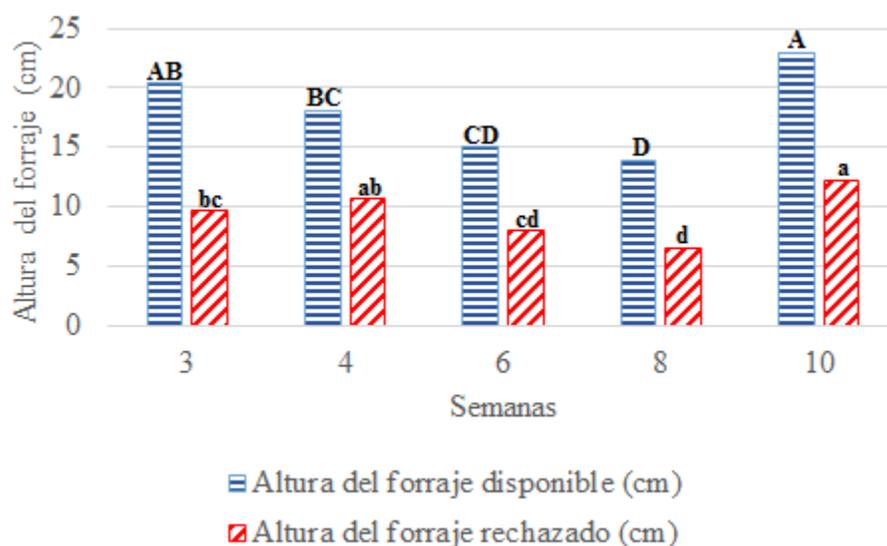


A, B: medias de biomasa disponible por semana seguidas de diferente letra difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

a, b: medias de biomasa en el rechazo por semana seguidas de diferente letra difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

Figura No. 5. Evolución semanal de la biomasa aérea ofrecida y rechazada de la pastura de festuca y la utilización del forraje de terneros/as destetados precozmente (período 18/01 al 29/03/2017).

La altura de forraje se correlacionó con la biomasa de forraje disponible, a medida que transcurrieron las semanas desde la 3 hasta la 8 la altura disminuyó encontrándose la menor altura del forraje disponible en esta semana con 13,9 cm mientras que en la semana 10 la altura aumentó y fue donde se presentó la mayor altura con 22,9 cm. En cuanto a la altura del forraje rechazado en la semana 8 se encontró la menor altura con 6,4 cm y en la semana 10 la mayor altura con 12,2 cm como se observa en la figura No. 6.



Para una misma variable, medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre semanas de medición.

Figura No. 6. Altura del forraje disponible y rechazado según semana de medición durante el período experimental.

#### 4.2.2. Biomasa verde ofrecida y utilización del forraje verde

En cuanto a la biomasa verde antes del pastoreo y luego del mismo, sólo hubo diferencias significativas entre semanas ( $P < 0,01$ ), no encontrándose diferencias entre tratamientos así como tampoco interacción TxS ( $P > 0,05$ ). En cuanto a la utilización del forraje verde no se registraron diferencias significativas entre tratamientos, semanas e interacción TxS ( $P > 0,05$ ).

Cuadro No. 13. Efecto de la suplementación de terneros/as destetados precozmente con niveles crecientes de DDGS\* sobre la biomasa verde y su utilización.

	0% DDGS	33% DDG S	66% DDGS	100% DDGS	Valor de P
Biomasa verde pre pastoreo (kg/ha)	2732,7	2665,9	2835,2	2738,6	P>0,05
Biomasa verde post pastoreo (kg/ha)	1268,4	1280,6	1199	1394,2	P>0,05
Utilización del forraje verde (%)	53,2	51,3	56,1	47,2	P>0,05

\* Niveles crecientes de sustitución de ración P19 por DDGS de sorgo en el suplemento ofrecido a razón del 1% del peso vivo.

#### 4.2.3. Composición del forraje ofrecido y remanente

La proporción de restos secos, leguminosas y suelo desnudo tanto para el forraje ofrecido como para el rechazo, sólo mostró diferencias significativas entre semanas ( $P<0,01$ ) como se observa en el cuadro No. 14, no registrándose efecto de tratamientos ni de la interacción T×S ( $P>0,05$ ).

Cuadro No. 14. Evolución de la composición botánica de la pradera de festuca previo y posterior al pastoreo por terneros/as destetados precozmente en verano.

	Semanas				
	3	4	6	8	10
<b>Biomasa ofrecida</b>					
Restos secos (%)	13,8 a	5,4 c	5,9 c	9,6 b	4,7 c
Leguminosas (%)	11,7 b	14,7 a	2,66 c	9,5 b	1,6 c
Suelo desnudo (%)	11,8 ab	8,7 b	9,62 b	15,3 a	4,0 c
<b>Biomasa rechazada</b>					
Restos secos (%)	11,6 b	11,5 b	8,2 c	12,5 ab	13 a
Leguminosas (%)	4,5 a	0,4 b	4,3 a	0,9 b	1,1 b
Suelo desnudo (%)	14,5 b	12,4 b	15,1 b	22,9 a	7,9 c

Medias seguidas de letras diferentes en una misma fila difieren ( $P < 0,05$ ).

#### 4.3.PERFORMANCE ANIMAL

##### 4.3.1. Características de crecimiento animal

El efecto de tratamiento y las medias ajustadas para las variables describiendo el crecimiento animal se presentan en cuadro No. 15.

Cuadro No. 15. Peso vivo inicial y final, ganancia media diaria (GMD) y altura al anca inicial y final de terneros/as destetados precozmente.

	0%	33%	66%	100%	Valor de P
	DDGS	DDGS	DDGS	DGGS	
Peso inicio (kg/animal)	81,9	78,6	78,8	78,6	$P > 0,05$
GMD (kg/animal/día)	0,74	0,76	0,71	0,63	$P = 0,02$
Peso final (kg/animal)	132,6	135,3	131,1	126	$P > 0,05$
Altura al anca inicial (cm)	88,5	84,4	86,8	85,6	$P > 0,05$
Altura al anca final (cm)	96,3	95,2	96,2	95,3	$P > 0,05$

En la figura No. 7 se muestra la evolución de peso vivo de los terneros/as destetados precozmente durante el período experimental según tratamientos.

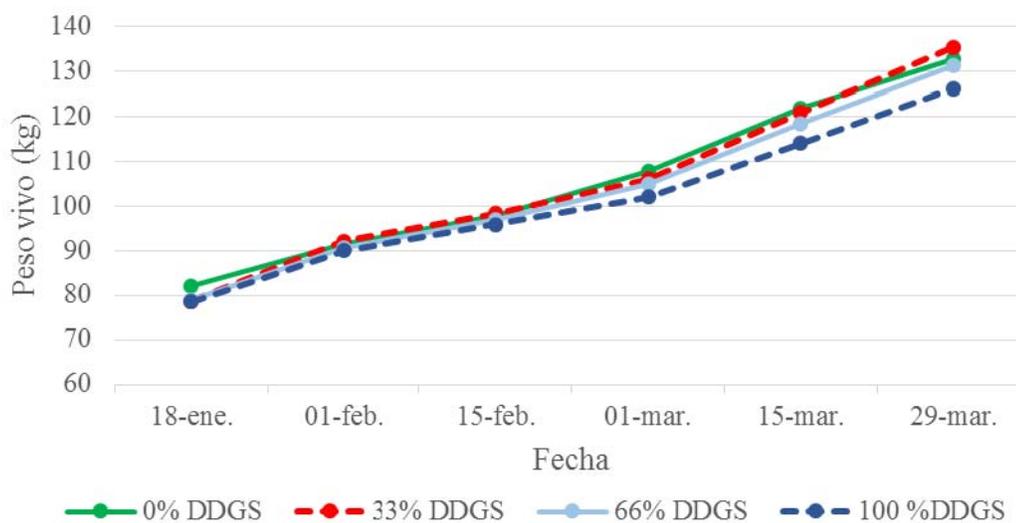


Figura No. 7. Evolución de peso vivo de los terneros/as destetados precozmente según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento durante el período experimental.

Durante el período experimental, el PV aumentó en forma lineal ( $P < 0,01$ ) como se muestra en la figura No. 7, siendo que la tasa de ganancia disminuyó en forma lineal ( $P = 0,0043$ ) conforme aumentó el nivel de inclusión de DDGS en el suplemento, como se representa en la figura No. 8.

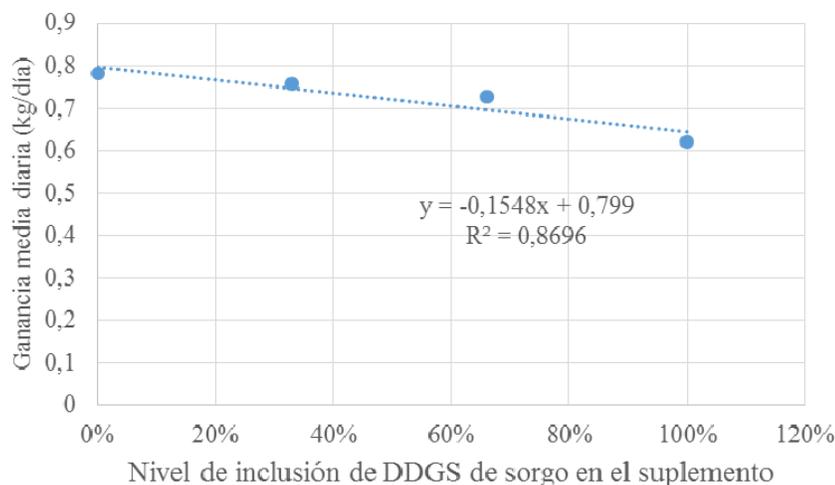


Figura No. 8. Ganancia media diaria según el nivel de inclusión de DDGS de sorgo en el suplemento.

La ganancia de peso vivo fue afectada significativamente por el tratamiento con una respuesta lineal negativa asociada al aumento de DDGS en el suplemento (GMD,  $\text{kg/día} = -0,1548x + 0,799$ ,  $P = 0,0043$ ). Al aumentar la proporción de DDGS en el suplemento la ganancia promedio diaria de peso disminuyó linealmente, registrando una reducción de 15 g por cada 10 unidades porcentuales de incremento en el nivel de DDGS en el suplemento. En cuanto a la altura al anca no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $P > 0,05$ ), así como tampoco en el indicador peso vivo/altura al anca final ( $P > 0,05$ ).

#### 4.3.2. Consumo de forraje y suplemento

El consumo de suplemento por parte de los animales fue total en todos los tratamientos, ya que al momento de medir el rechazo no se encontraba suplemento en el comedero.

El CMSS y CMST, expresados en kg por animal por día, registró diferencias significativas entre semanas de medición ( $P < 0,01$ ). También se encontró diferencias significativas para el consumo de forraje entre semanas ( $P < 0,05$ ). No se encontró diferencias significativas entre tratamientos y tampoco hubo interacción  $T \times S$  ( $P > 0,05$ ).

El consumo de forraje verde tampoco, expresado como porcentaje del PV, presentó diferencias significativas entre semanas ( $P < 0,05$ ), pero no entre tratamientos ni debido a la interacción  $T \times S$  ( $P > 0,05$ ).

Cuadro No. 16. Efecto del nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento para terneros de destete precoz sobre la composición de la alimentación, el consumo de suplemento, consumo forraje, asignación de forraje verde y consumo total, expresado en kg/animal/día y en porcentaje del peso vivo.

	0% DDGS	33% DDGS	66% DDGS	100% DDGS	T	S	T×S
Composición de la dieta (%)							
Pastura	78,7	78,5	80	75,7	ns	ns	ns
Suplemento	21,3	21,5	20	24,3	ns	ns	ns
Consumo MS (kg/día)							
Suplemento	1,11	1,06	1,04	1,01	ns	**	ns
Forraje	4,30	4,04	4,34	3,54	ns	*	ns
Total	5,41	5,1	5,38	4,55	ns	*	ns
Consumo MS (kg/100 kg PV)							
Suplemento	1,1	1,1	1,1	1,08	ns	ns	ns
Forraje	4,1	3,98	4,36	3,62	ns	ns	ns
Total	5,2	5,08	5,46	4,7	ns	ns	ns
Asignación de forraje verde (%)	7,39	7,36	7,34	7,37	ns	**	ns
CMS del forraje verde (kg/100 kg PV)	3,9	3,7	4,1	3,5	ns	*	ns

ns: probabilidad>0,05; \*: probabilidad<0,05; \*\*: probabilidad<0,01;

En la figura No. 9 se presenta la evolución del CMS de suplemento, forraje y total según las distintas semanas de medición.

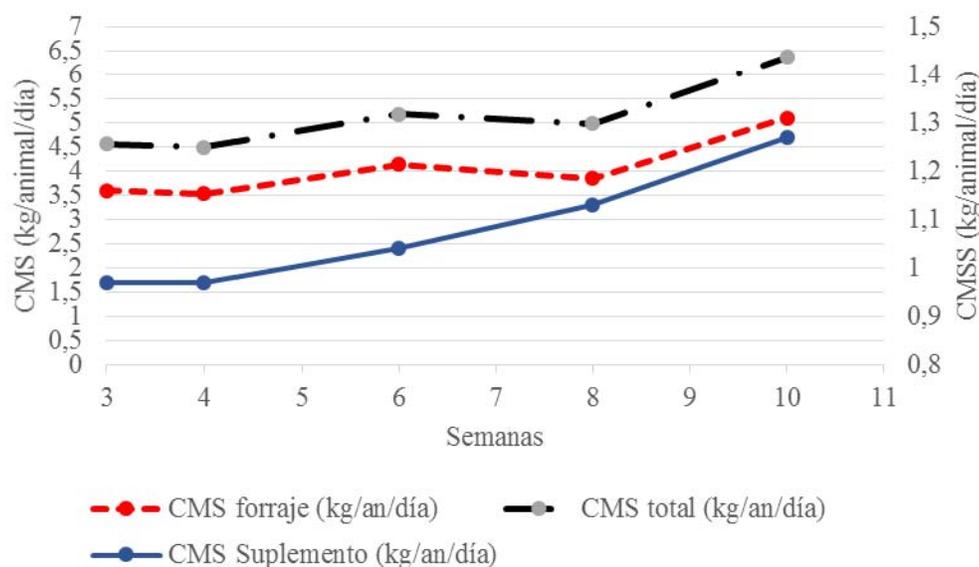


Figura No. 9. Evolución semanal del consumo de materia seca de suplemento, forraje y total de los terneros destetados precozmente durante el verano (18/01 al 29/03/2017).

En lo que respecta al CMSF, CMSS y CMST expresados en porcentaje del PV no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, semanas de medición y tampoco en la interacción T×S ( $P>0,05$ ).

La calidad del forraje consumido, caracterizado a partir de la composición química de muestras de “Hand-clipping” se presenta en el cuadro No. 17.

Cuadro No. 17. Efecto del nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento para terneros de destete precoz sobre la calidad del forraje seleccionado por terneros pastoreando pradera de festuca (valores promedio del experimento).

	S0	S33	S66	S100	P
MS (%)	89,3	90	89,9	90,3	ns
PC (%)	12,81	12,18	12,2	12,9	ns
FDNmo (%)	57,7	57,7	57,5	55,8	ns
FDAmo (%)	32,8	30,8	31,6	30	ns
C (%)	9,86	10,3	9,9	10	ns

Referencias, MS: materia seca; PC: proteína cruda; aFDNmo: fibra detergente neutro con amilasa y corregida por cenizas; FDAmo: fibra detergente ácido corregida por cenizas; C: cenizas; ns: no significativo ( $P>0,05$ ).

### 4.3.3. Eficiencia de conversión global

Al no disponer de un tratamiento testigo sin suplementación, no se reporta la EC del suplemento (ganancia de peso debido exclusivamente al suplemento), sino la EC global. No se encontraron diferencias significativas con respecto a la EC (entre tratamientos).

En la figura No. 10 se representa la eficiencia de conversión y la ganancia de peso de los terneros según diferentes niveles de DDGS en el suplemento.

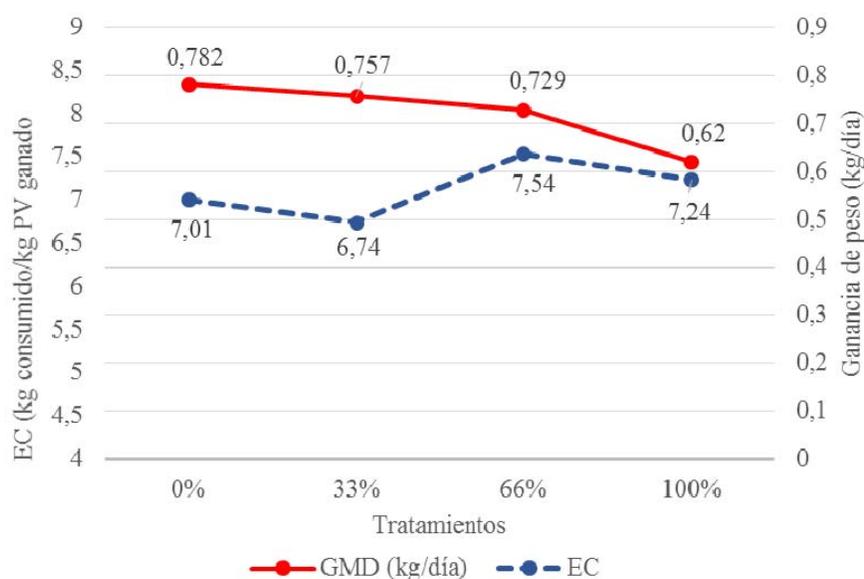


Figura No. 10. Eficiencia de conversión y ganancia de peso de los terneros/as destetados precozmente según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento durante el período experimental.

## 4.4.COMPORTAMIENTO ANIMAL EN PASTOREO

### 4.4.1. Probabilidad de ocurrencia para las actividades de pastoreo, rumia, descanso y tasa de bocado

En el cuadro No. 18 se presenta la probabilidad de ocurrencia de las diferentes actividades por tratamiento.

Cuadro No. 18. Efecto del nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento para terneros/as de destete precoz sobre la probabilidad de ocurrencia de las actividades de pastoreo, rumia y descanso, y tasa de bocado (bocados/ minuto).

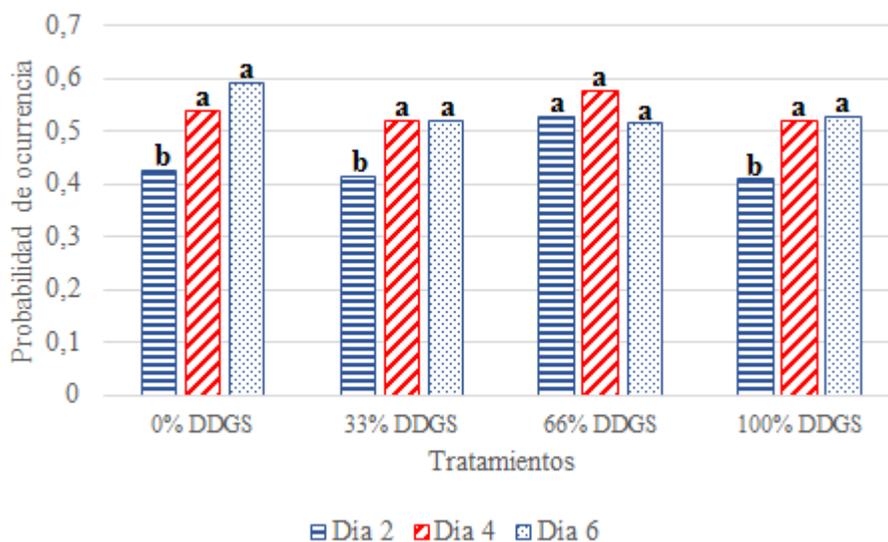
Variable	Tratamiento				Probabilidad de f				
	0% DDGS	33% DDGS	66% DDGS	100% DDGS	T	S	D(S)	T×S	T×D(S)
Pastoreo	0,52	0,49	0,55	0,49	n	*	**	ns	**
Rumia	0,15	0,15	0,16	0,16	n	*	*	ns	**
Descanso	0,33 ab	0,36 a	0,29 b	0,35 ab	*	*	**	ns	ns
Tasa de bocado	25,2	24,2	24,3	25,4	n	*	**	**	ns

Medias seguidas de letras diferentes en una misma actividad difieren ( $P < 0,05$ ). T: efecto del tratamiento; S: efecto de la semana; D(S); efecto del día dentro de la semana; ns: probabilidad  $> 0,05$ ; \*: probabilidad  $< 0,05$ ; \*\*: probabilidad  $< 0,01$

En cuanto a la actividad pastoreo, no se registraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0,05$ ) como se muestra en el cuadro No. 18, pero sí hubo interacción entre tratamientos y días dentro de la semana (TxD(S),  $P < 0,01$ ). En la figura No. 11 puede observarse que con excepción del tratamiento S66 que no registra diferencias en la actividad de pastoreo entre días de permanencia en la franja, los restantes registran menor actividad en el día 2, aumentando hacia el día 4.

También se registraron diferencias significativas entre semanas y días dentro de la semana de permanencia en la parcela (anexo 8.2).

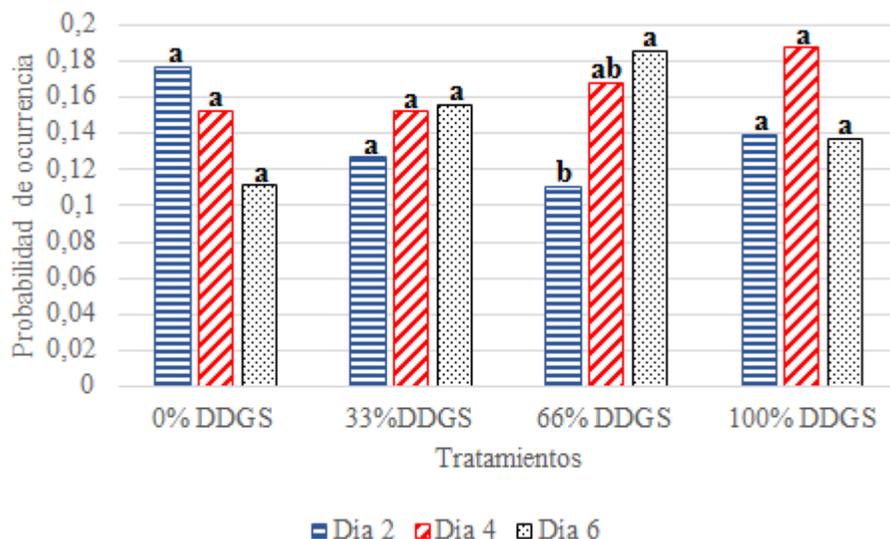
En la figura No. 11 se presenta la interacción TxD(S) la cual presentó diferencias significativas ( $P < 0,01$ ).



Para un mismo tratamiento, letras diferentes indican diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ) entre medias.

Figura No. 11. Probabilidad de encontrar un ternero/a destetado precozmente pastoreando pradera de festuca según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento conforme avanzan los días de permanencia en la franja de pastoreo semanal.

En lo que hace a la actividad de rumia se reportaron diferencias significativas entre semana de medición ( $P < 0,05$ ) y días dentro de la semana ( $P < 0,01$ , anexo 8.3). También hubo interacción ( $T \times D(S)$ ,  $P < 0,01$ ) la cual se encuentra representada en la figura No. 12.



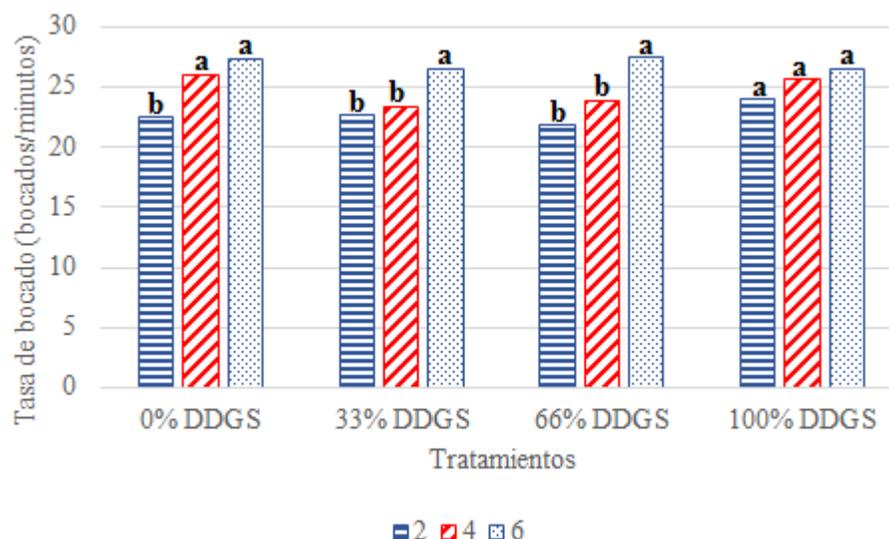
Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre medias.

Figura No. 12. Probabilidad de encontrar un ternero/a destetado precozmente en actividad de rumia según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento y el día de permanencia en la franja.

En la figura No. 12 puede apreciarse que a excepción del tratamiento S66, donde la actividad de rumia es menor significativamente el día 2 respecto al días 4 y 6, los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas en los días dentro de la semana.

La actividad de descanso presentó diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0,05$ ) como se puede observar en el cuadro No. 18. Para esta actividad se registraron diferencias significativas entre semana de medición y días dentro de la semana ( $P < 0,01$ , anexo 8.4).

La tasa de bocado (número de bocados/ minuto) se vio afectada por la semana, días dentro de la semana (anexo 8.5), y por la interacción  $T \times S$  ( $P < 0,01$ , anexo 8.6). También se vio afectado por la interacción  $T \times D(S)$  ( $P < 0,05$ ) como se muestra en la figura No. 14, no así por el tratamiento ( $P > 0,05$ ).



Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre medias.

Figura No. 13. Tasa de bocado registrada en cada día de observación dentro de la semana en la franja según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento de terneros/as destetados precozmente pastoreando pradera de festuca.

En la figura No. 13 puede observarse que con excepción del tratamiento S100 que no presenta diferencias en la tasa de bocado entre días de permanencia en la franja, los restantes registran menor tasa de bocado el día 2, aumentando hacia el día 6.

#### 4.4.2. Caracterización de la variación entre días en la altura de la pastura por efecto de la defoliación

Al evaluar la altura de la pastura en la semana 4 y 8 del experimento, se encontró diferencias significativas en los días dentro de la semana ( $P < 0,01$ ). Mientras que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, semanas de medición ( $P > 0,05$ ). Tampoco se encontró interacción TxS, TxD(S) ( $P > 0,05$ ).

En la figura No. 14 se muestra como fue la tasa de bocado para los diferentes tratamientos según los días de medición y el patrón de defoliación para toda la semana.

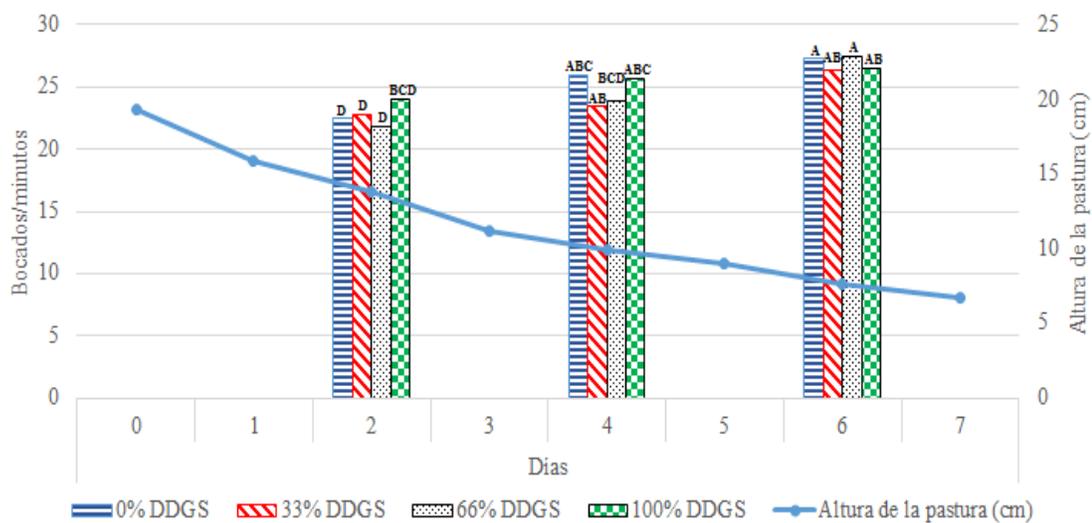


Figura No. 14. Tasa de bocado según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento de terneros/as destetados precozmente pastoreando pradera de festuca y su patrón de defoliación promedio para la semana 4 y 8.

#### 4.4.3. Patrón diurno de pastoreo

La distribución de la actividad de pastoreo durante el período diurno de medición (7:30 a 19:30 horas), fue afectado por semanas de medición, el día de permanencia en la franja (anexo 8.7), la interacción TxD(S) ( $P < 0,01$ ) y TxS ( $P < 0,05$ ). Se encontró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en determinados horarios de medición (7:30 a 10:30 h y 16:30 a 19:30 h,  $P < 0,01$ ).

En la figura No. 15 se presenta la probabilidad de ocurrencia de actividad de pastoreo durante el período de medición (7:30 a 19:30 h) según la proporción de DDGS en el suplemento de los terneros/as destetados precozmente. En el horario desde la 7:30 a 10:30 h, la probabilidad de encontrar un ternero pastoreando fue mayor en el tratamiento S66 respecto a los tratamientos S33 y S100 ( $P < 0,01$ ), sin diferencias significativas respecto al tratamiento S0 ( $P > 0,05$ ). Mientras que en el horario de las 16:30 a las 19:30 h, último horario de medición, el tratamiento S66, presentó menor probabilidad de encontrarse en actividad de pastoreo respecto a los tratamientos S33 y S100 ( $P < 0,01$ ), sin diferencias significativas respecto al tratamiento S0 ( $P > 0,05$ ). En los demás horarios de medición no se encontraron diferencias significativas en la probabilidad de encontrar un ternero en actividad de pastoreo ( $P > 0,05$ ).

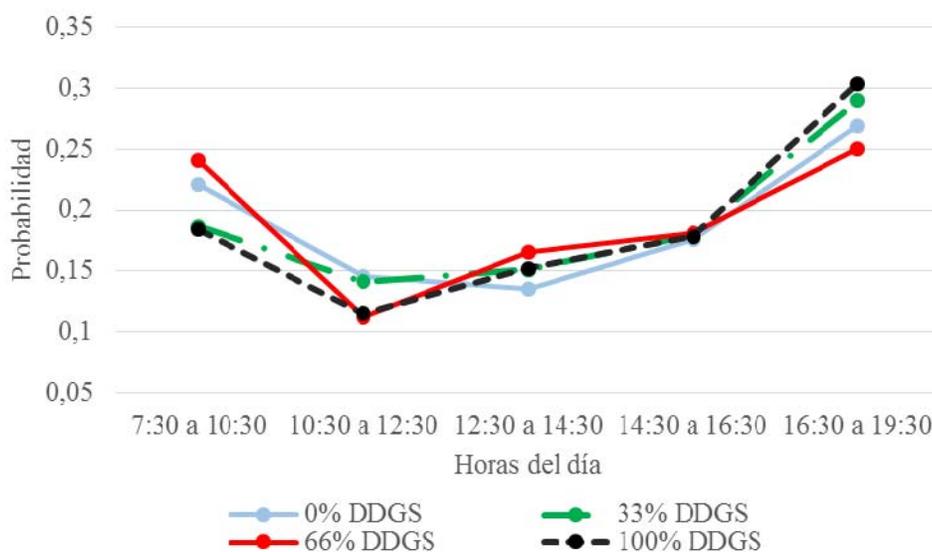


Figura No. 15. Probabilidad de encontrar un ternero/a destetado precozmente pastoreando la pradera de festuca según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento y el intervalo de horas del período de observación.

En la figura No. 16 se presenta interacción T×S según diferentes horas del día.

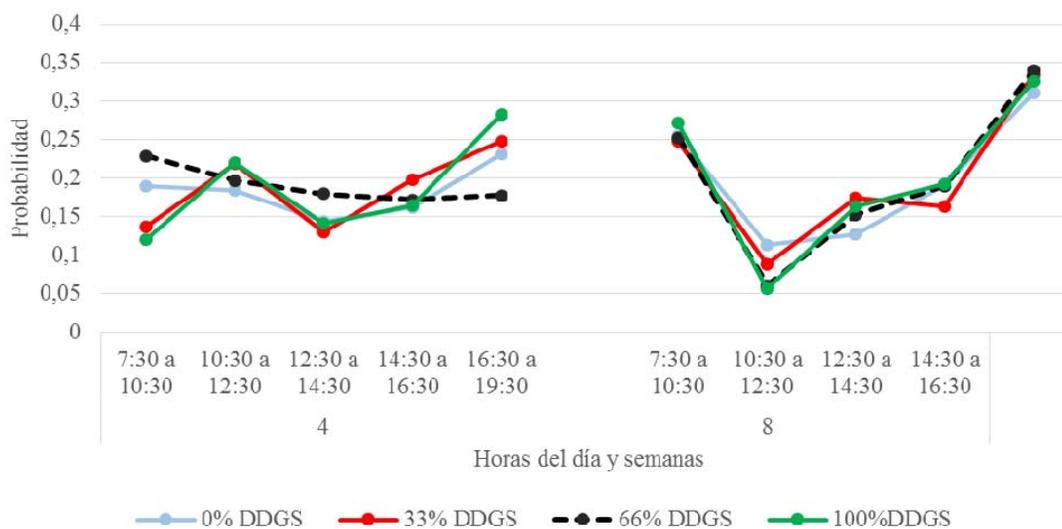


Figura No. 16. Interacción TxS en la probabilidad de encontrar un ternero/a destetado precozmente pastoreando la pradera de festuca en diferentes horas del día.

Referente a la semana 4 en el horario de 7:30 a 10:30 h, el tratamiento S66 fue el que presentó mayor probabilidad de encontrar un ternero en actividad de pastoreo

respecto a los tratamientos S33 y S100 ( $P < 0,01$ ) sin diferencias con el tratamiento testigo (0% de DDGS,  $P > 0,05$ ). Para el último horario de medición los tratamientos S100 y S33 difieren con el S66 ( $P < 0,01$ ), sin diferencia con respecto al tratamiento S0 ( $P > 0,05$ ). Para la semana 8 en el horario de 10:30 a 12:30 h la probabilidad de encontrar un ternero pastoreando en el tratamiento S100 fue menor respecto S0 ( $P < 0,05$ ) sin diferencias entre los demás ( $P > 0,05$ ). En el horario de 12:30 a 14:30 h el tratamiento S33 presentó mayor probabilidad de encontrar un ternero pastoreando respecto al tratamiento testigo ( $P < 0,05$ ), sin diferencia entre los demás tratamientos ( $P > 0,05$ ).

#### 4.5. TASA RESPIRATORIA COMO INDICADOR DEL ESTRÉS TÉRMICO

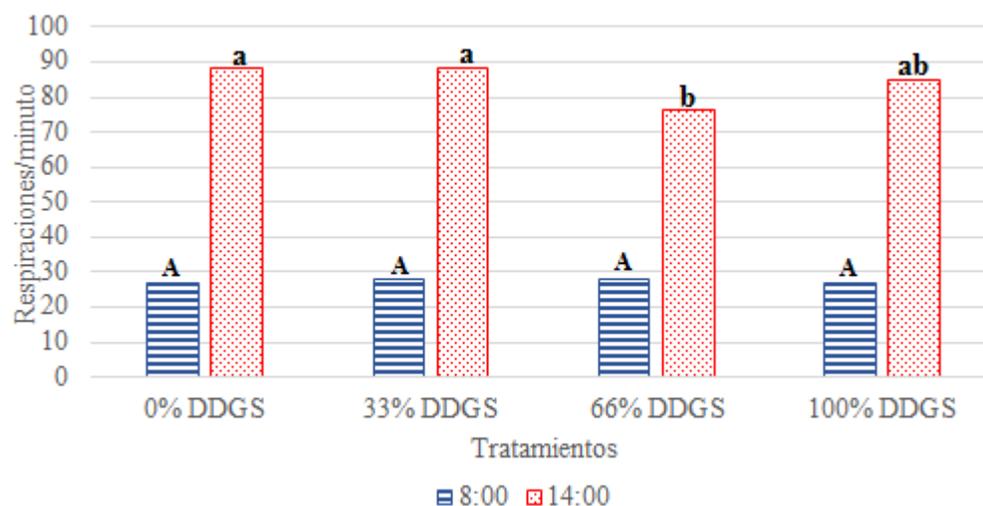
La tasa respiratoria fue medida a las 08:00 h (TR08) y 14:00 h (TR14). La TR08 no se registró diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0,05$ ) variando entre semanas y días dentro de la semanas ( $P < 0,01$ ). Las interacciones TxS y TxD(S) no fueron significativas ( $P > 0,05$ ). En los días dentro de la semana en mediciones realizadas a las 8:00 h se registró en terneros/as destetados precozmente que en el día 4 se dieron mayores respiraciones/minutos respecto al día 2 (31 vs. 26.6,  $P < 0,01$ ), a su vez también la tasa respiratoria fue mayor que el día 6 (31 vs. 24.8,  $P < 0,01$ ). En cuanto a la medición a las 14:00 h se registraron diferencias significativas entre tratamientos, semanas de medición y días dentro de la semana ( $P < 0,01$ ). También se observó interacción TxD(S) ( $P < 0,01$ ). No se registró interacción TxS ( $P > 0,05$ ).

En la figura No. 17 se muestra como fue la tasa respiratoria según semana de medición para los dos horarios de medición con su respectivo ITH.



Figura No. 17. Tasa respiratoria según semana para los dos horarios de medición con su respectivo ITH.

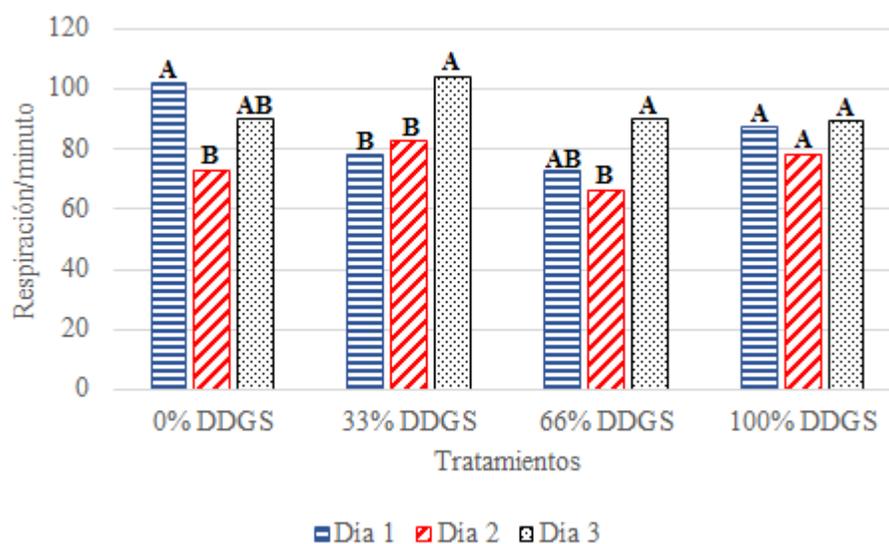
En las figuras No. 18 y No. 19 se muestra como fueron las variaciones en la tasa respiratoria de los terneros/as destetados precozmente durante el verano, entre tratamientos para los dos horarios de medición y las interacciones encontradas, T×S y T×D(S) para las 14:00 horas.



A: letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre medias.

a, b: letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre medias.

Figura No. 18. Variación en la respiración por minuto en terneros destetados precozmente en verano según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento y el horario de medición.



Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,01$ ) entre medias.

Figura No. 19. Variación en la respiración por minuto de terneros destetados precozmente en verano según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento y el día de medición.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS, ESTRÉS TÉRMICO Y EVOLUCIÓN DE LA PASTURA

Comparando los datos climatológicos del período experimental del cuadro No. 10 respecto a los de la serie histórica 2007-2017, las temperaturas promedio mantuvieron la misma tendencia marcada históricamente, al igual que la humedad relativa se registró un promedio de 74,9%. La precipitación total del período experimental fue de 732,3 mm, un 53% superior al promedio histórico, donde la mayor parte se registró en el mes de febrero con 455,4 mm, siendo un mes atípico respecto a los registros históricos.

Considerando que el promedio histórico de temperatura para enero, febrero, marzo fue de  $23,7 \pm 1,25^\circ \text{C}$  y las precipitaciones de  $390,5 \pm 11,12 \text{ mm}$ , para la serie histórica de diez años, se podría concluir, por lo tanto que se trató de un verano normal con respecto a las temperaturas, donde se registraron días de altas temperaturas y HR que determinaron riesgo de estrés por calor en los meses de enero y febrero. En lo que hace a las precipitaciones se trató de un verano atípico por el exceso de las mismas, sobre todo en el mes de febrero.

Un valor de ITH promedio de 74 para enero y febrero como se muestra en el cuadro No. 11, estaría indicando un riesgo de estrés térmico leve, pudiendo generar estrés en los animales y un posible descenso en la productividad (García y Wright 2007, Arias et al. 2008). Estos autores afirman que toda vez que la temperatura ambiente aumente más allá de la zona de termo-neutralidad, los mecanismos para disipar el calor se ponen en funcionamiento (aumento en la respiración y la frecuencia cardíaca) y como resultado aumentan los requerimientos de mantenimiento. Mientras que en marzo el ITH promedio se encuentra en 69, lo que estaría indicando un riesgo nulo de estrés térmico en los animales.

La performance observada para los terneros suplementados sólo con ración P19 (tratamiento testigo) estuvo dentro de los valores esperados en función de lo reportado por Simeone y Beretta (2002), para terneros destetados precozmente durante el verano, manejados sobre praderas sembradas y suplementados al 1% del PV con el mismo tipo de ración y para una serie de años. Esto permite inferir que la performance animal no habría sido afectada significativamente por un “efecto año”.

La biomasa disponible pre pastoreo, que se muestra en la figura No. 5, así como la altura de la misma mostraron variaciones a lo largo del período experimental, observándose esto en la figura No. 6, la que puede ser explicada por la heterogeneidad

espacial que presentaba la misma dentro del potrero, así como también por las precipitaciones ocurridas en el período experimental, superiores a la media histórica en el mes de febrero y favorables a un rebrote más rápido y de mejor calidad para la semana 10. Sin embargo, a pesar de la variabilidad encontrada en la biomasa de forraje de entrada a lo largo del período experimental, la misma no fue diferente entre tratamientos.

## 5.2. UTILIZACIÓN DE LA PASTURA, SELECCIÓN Y CONSUMO

### 5.2.1. Utilización

La utilización del forraje no fue afectada por tratamientos registrando valores en torno a 45 y 55%, esto debido a que el CMSF no difirió entre tratamientos y a que estos se manejaron con la misma OF (8% PV), siendo a su vez que el forraje disponible de entrada y el remanente no presentaron diferencias entre tratamientos, como se muestra en el cuadro No. 12. Chiara et al., citados por Carámbula (2010) muestran que en general el grado de utilización puede ser entre 50 y 70% cuando se aplican técnicas de manejo apropiadas, por lo que la utilización de la presente investigación se encuentra dentro del rango mencionado. Mott, citado por Gregorini et al. (2007) afirma que al aumentar la carga animal, aumenta la utilización del forraje debido a una menor selectividad de los animales, disminuyendo así la ganancia individual pero aumentando la productividad por unidad de superficie. En este caso al estar una utilización media a baja (45 y 50%) tendría como resultado un pastoreo moderado, ganancias moderadas y a su vez un efecto positivo en las pasturas, donde se remueve material seco y se dan buenos consumos sin comprometer el rebrote, por lo que vuelve antes y tampoco se compromete la persistencia de la pastura (Lombardo, 2012).

Abreu et al. (2017) reportaron una utilización del forraje promedio de 41,1% para terneros suplementados al 1% PV con ración P19 sobre praderas permanentes en verano, menor a la reportada por Henderson et al. (2015) de 64% para las mismas condiciones salvo la composición de la pradera (*Cichorium intybus* y *Trifolium pratense*). En el presente experimento la utilización del forraje disponible para el tratamiento testigo se encontró en un punto intermedio (51,1%) entre las investigaciones anteriores.

### 5.2.2. Selección

Con una utilización media del forraje (51,1%) y observando la disminución en la proporción de leguminosas pre pastoreo (8,03%) y luego del pastoreo de la franja semanal (2,24%), podría afirmarse que los terneros/as destetados precozmente en verano realizaron cierta selectividad prefiriendo especies más apetecibles que la festuca, época

donde esta especie pierde calidad respecto a otras épocas del año como menciona Hodgson (1990).

La selectividad por parte de los terneros/as destetados precozmente no fue diferente entre tratamientos pudiendo explicarse a la ausencia de diferencias en la utilización del forraje, por lo que no habría un efecto por la sustitución en el suministro de un concentrado con el almidón como principal componente o un subproducto con alto contenido de fibra digestible y alto contenido de lípidos en la selectividad.

El pastoreo selectivo mencionado, estaría permitiendo a los animales elaborar su propia dieta seleccionando estratos de la planta más nutritivos, afirmando lo mencionado por De León (2007). Esta respuesta puede ser también explicada por la alta OF con las que se manejaron los terneros/as. Según Forbes, citado por Soto y Reinoso (s.f.) la selección aumenta con la disponibilidad de forraje, mientras que la misma baja cuando la disponibilidad es menor debido a la mayor competencia por parte de los animales, teniendo el animal que cosechar una dieta de menor calidad.

También se puede mencionar que el remanente luego del pastoreo estuvo siempre por encima de los 5 cm, por lo que sería un forraje remanente correcto según Perrachón (2009) quien menciona que un remanente de 5 cm adquiere mayor importancia cuanto más frecuentes son los pastoreos y mayor es la temperatura ambiente, o situaciones de déficit hídrico, como lo es el verano. Este alto remanente superior a los 5 cm de altura puede ser debido a la alta OF con que se manejaron las franjas semanales, lo que es un buen indicador para un rebrote más rápido de la pastura y poder acceder antes al mismo lugar para un próximo pastoreo.

Sin embargo, la evidencia en la selectividad a favor de las leguminosas, no se reflejó en cambios en la composición química del forraje consumido por parte de los terneros/as, como se observa en el cuadro No. 17, respecto de la calidad de la pastura ofrecida, pudiendo atribuirse al bajo peso relativo de las leguminosas en la pastura (8,03% promedio previo al pastoreo), no siendo evidenciado en la muestra del forraje seleccionado.

### 5.2.3. Consumo de forraje, suplemento y total

La OF es más de dos veces el consumo del animal, los terneros/as destetados precozmente podrían haber logrado el CMS deseado. Chilbroste et al. (2005) reportan que el máximo CMS se logra cuando la OF es tres a cuatro veces el consumo del animal.

Debido a la alta disponibilidad de biomasa aérea promedio de entrada a la parcela, la cual estuvo por encima de los 2000 kg MS/ha para todos los tratamientos, el consumo no se habría visto limitado por el comportamiento ingestivo, ya que como reporta Chilbroste (1998) este se da cuando la cantidad de forraje es baja. Si se pudo

haber afectado por este factor en algunas semanas donde la biomasa de entrada a la parcela, como en la semana 8, se encontró por debajo de los 2000 kg MS/ha como se muestra en la figura No. 5. En estas situaciones el consumo está determinado por el producto del peso de bocado, tasa de bocado y tiempo de pastoreo (Cangiano, 1996). Este autor reporta que el peso de bocado es muy sensible a variaciones en la altura del forraje y cuando disminuye la altura el animal compensa aumentando la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo. De acuerdo a lo reportado por Perrachón (2009) el CMS pudo haber estado limitado por la altura de entrada en la semana 6 y 8, cuando la misma estuvo por debajo de los 15 cm. Según este autor, se recomienda un rango de 15 a 20 cm de entrada a praderas permanentes durante el verano como factor no limitante del consumo animal

En el tratamiento testigo se registró un CMSF promedio de 4,1 kg MS/100 kg PV, superior al reportado por Abreu et al. (2017) de 3,11 kg MS/100 kg PV sobre una pradera de *Festuca arundinacea* (32,18% de MS, 11,6% de cenizas, 9,2% de PC, 61,99% de FDNmo, 32,8% de FDAmo y 3,21% de EE) pero menor al registrado por Henderson et al. (2015) de 5,59 kg MS/100 kg PV, sin embargo el mayor CMSF registrado por estos autores se puede explicar a que el destete precoz se llevó a cabo sobre una pradera de *Cichorium intybus* y *Trifolium pratense* (11,75% PC, 46,33% FDN, 31,99% FDA). Observando la calidad de cada una de las pasturas, se podría decir que el menor CMSF registrado en el presente experimento respecto al reportado por Henderson et al. (2015) se podría deber a la calidad de la pastura, donde el mayor contenido de FDN la pradera de festuca, generó un menor consumo de forraje por parte de los terneros.

En los tratamientos donde se incluye DDGS de sorgo, si bien se podría esperar una disminución en el CMSF, a medida que se incrementa gradualmente el DDGS en el suplemento debido a que aumenta el contenido de FDN, como se muestra en el cuadro No. 7, que sumado al de la pastura y que esta presentaba una digestibilidad inferior a 66%, se podría generar una regulación física del consumo mencionado por Chilibroste (1998), y una disminución en el tiempo de pastoreo aumentando la tasa de sustitución como reportan Bargo et al. (2002), sin embargo el CMSF no fue diferente entre tratamientos. Esta respuesta podría ser atribuible a la alta digestibilidad de la FDN remanente del proceso de destilación de alcohol (Schingoethe, 2007), o bien como argumentan Arroquy et al. (2014) el uso de un subproducto de la obtención de etanol al no tener almidón tiene la ventaja de no ejercer un efecto depresor sobre la digestibilidad de la fibra y el consumo de forraje. En este caso, no se registraron diferencias en el CMSF entre tratamientos, es decir ya sea suplementando con un concentrado que aporta almidón como ración P19 o un subproducto que aporta fibra de alta digestibilidad como el DDGS.

Otro aspecto que podría haber afectado en el CMSF en los tratamientos en los que se incluyó DDGS en el suplemento, es el contenido de EE de este subproducto, que

según MacDonald et al. (2007) varía entre un 7 y 14%, sin embargo en el presente experimento el contenido de EE estuvo muy por debajo de los valores mencionados tanto en los tratamientos mezclas como en el tratamiento S100, siendo 3,9% en este último caso. Según estos autores, a medida que aumenta el consumo de granos de destilería se incrementa el contenido de grasa, que reduce linealmente el consumo, y puede llegar a afectar la digestión de la fibra según Hess et al. (2008). El exceso de grasa (extracto etéreo) en la dieta de rumiantes tiene un efecto negativo sobre el crecimiento de las bacterias del rumen, donde las bacterias celulolíticas se ven más afectadas que las amilolíticas (Clariget y La Manna, 2016). Sin embargo Hess et al. (2008) mencionan que no es probable que haya efectos negativos si los mismos se incluyen en un rango menor al 2 a 3% de la dieta, para rumiantes en pastoreo suplementados con grasas. Asumiendo que los forrajes en general tienen 1% de EE (Clariget y La Manna, 2016), el PV promedio de los terneros durante el período experimental y los datos de composición química del suplemento se estimó el contenido de EE de la dieta (%) para los cuatro tratamientos.

Como se observa en la figura No. 20, el EE de la dieta aumentó con el incremento del DDGS en el suplemento, siendo el tratamiento S100 el que presentó mayor EE de la dieta, aunque por debajo de 2%, por lo que no hubo un efecto depresor del EE sobre la digestión del forraje, corroborando lo mencionado por Hess et al. (2008).

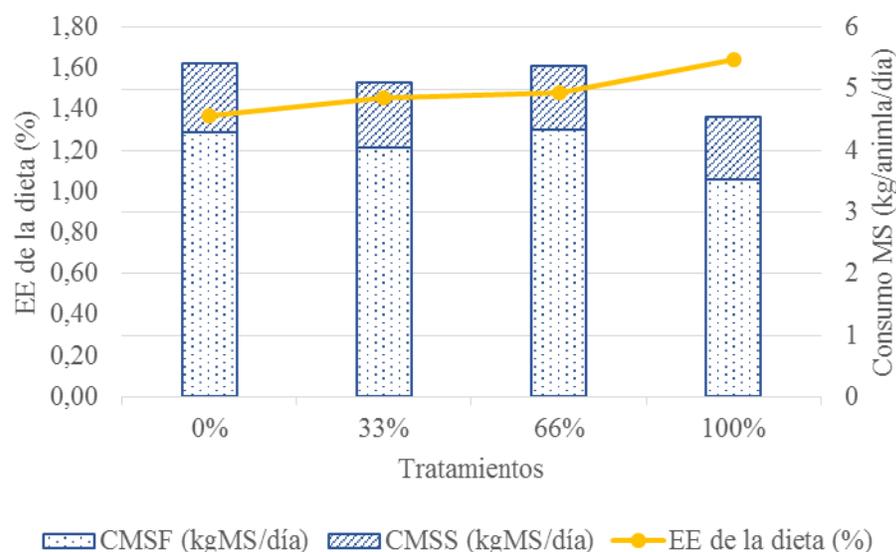


Figura No. 20. CMSF, CMSS y EE de la dieta según nivel de inclusión de DDGS en el suplemento en sustitución de ración P19.

Si bien no hay un testigo sin suplementación para evaluar y comparar cómo fue la utilización de forraje, ésta pudo haber sido menor respecto a animales sin suplementar, debido a la sustitución de forraje por suplemento, la cual para forrajes de alta calidad comienza en niveles de suplementación de 0,2 a 0,3% del PV (Damonte et al., 2004). Según Elizalde (2003), en forrajes de mala calidad la sustitución comienza con niveles de suplementación del 1% del PV, por lo que en este caso con terneros/as destetados precozmente manejados sobre pradera de festuca suplementados al 1% del PV, se estaría dando un efecto de sustitución de forraje por concentrado confirmando lo mencionado por Cepeda et al. (2005) lo que estaría generando una disminución en la eficiencia de cosecha de la pastura.

Morris et al. (2005) afirman que los granos con alto contenido de almidón generan un efecto negativo entre la digestibilidad del almidón y el forraje, debido a la competencia entre microorganismos amilolíticos y celulolíticos que lleva a una depresión en la utilización en el forraje. Bargo et al. (2002) señalan que la energía provista por el concentrado (carbohidratos fermentables) puede resultar en reducciones en pH ruminal, lo cual disminuye la actividad o el número de bacterias celulolíticas, y por ende la tasa de digestión de la fibra de la pastura y el CMS de la misma, aumentando la tasa de sustitución. A su vez Klopfeinstein (2007), Corrigan et al. (2009), Stalker (2010) afirman que al aumentar el DDGS como suplemento se genera una disminución en el CMSF por lo que aumenta la tasa de sustitución, sin embargo el CMST aumenta. Por lo tanto la suplementación al 1% del PV con granos de destilería como el DDGS, a pesar de que podrían eliminar esa correlación negativa entre el almidón y la

digestibilidad de la fibra, igualmente se estaría dando un efecto de sustitución de forraje por suplemento. Debido a que no se registró diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al CMSF, CMSS y CMST, la sustitución de forraje por suplemento se habría dado para ambos tipos de suplementos, así como las mezclas, independientemente de la composición química.

El CMSS sólo presentó efecto significativo entre semanas de medición ( $P < 0,01$ ). Cabe aclarar que no se encontró rechazo de suplemento en los comederos para ninguna semana del período experimental, por lo que al ir ajustando la oferta del mismo según el peso del animal registrado en la última pesada (1% del PV), al ir evolucionando éste, el consumo aumenta. Un desarrollo ruminal, más rápido se vio favorecido por la suplementación como afirma Orskov (1992) donde el mismo se ve favorecido por alimentos como granos de cereales y algunos subproductos. Por lo mencionado anteriormente es que no se encuentran diferencias entre tratamientos para suplemento expresado en % del PV, ya que la ración P19, la mezcla ración P19 más DDGS y DDGS sólo, se suministró en % de PV, siendo siempre el 1% para todos los tratamientos.

En cuanto a la digestibilidad de la MS de la dieta, la misma se estimó para cada tratamiento a partir de la siguiente fórmula, que toma en cuenta la FDA según Di Marco (2011): %digestibilidad in vitro de la MS =  $88,9 - (\%FDA \times 0,779)$ . La FDA utilizada para el cálculo, se obtuvo de la FDA<sub>mo</sub> reportada en el cuadro No. 17.

En el cuadro No. 19 se presenta la digestibilidad de la MS para cada tratamiento.

Cuadro No. 19. Proporción de forraje con su respectivo porcentaje de FDA y digestibilidad de la materia seca según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS en el suplemento.

	0% DDGS	33% DDGS	66% DDGS	100% DDGS
Forraje (%)	79	79	81	78
Suplemento (%)	21	21	19	22
FDA forraje (%)	32,8	30,8	31,6	30,7
FDA suplemento (%)	0,0	6,7	13,7	20,3
FDA dieta (%)	26	26	28	28
DIVMS del forraje (%)	63	65	64	65
DIVMS de la dieta (%)	69	69	67	67

La digestibilidad de la MS del forraje para todos los tratamientos se encontró por debajo de 66% en concordancia con lo mencionado por Mieres (2004), quien reporta para una pradera de festuca durante el verano una digestibilidad de 61,82%, donde el mecanismo que estaría regulando el consumo sería por un efecto físico que como menciona Chilbroste (1998), el mismo se da en condiciones de pastoreo, cuando la disponibilidad de forraje es alta y éste es de baja calidad (inferior a 66% de digestibilidad). Mejía Haro (2002) menciona que la digestibilidad del forraje está estrechamente relacionado con el consumo, incrementándose éste al aumentar la digestibilidad, lo cual controla la tasa de pasaje, pero cuando la digestibilidad del forraje supera el 66% el consumo se estabiliza o decrece (Ellis, citado por Mejía Haro, 2002).

A pesar de que los terneros no están sobre un forraje de baja calidad como lo es una pradera de gramínea compuesta por *Festuca arundinacea*, a medida que las pasturas mixtas de especies templadas maduran, disminuye el contenido de N y a su vez disminuye la digestibilidad, en contraparte de lo que sucede con el forraje muerto y la relación tallo/hoja que aumenta como menciona Hodgson (1990). Allison, citado por Mejía Haro (2002) observó que la suplementación proteica favorece la actividad microbiana ruminal incrementando la digestibilidad y velocidad de pasaje de la digesta y por ende el consumo a diferencia de lo que sucedería si suplementa con carbohidratos de fácil digestión donde se daría una disminución en el consumo voluntario de forraje.

El consumo responde a la suplementación proteica sólo cuando los forrajes contienen menos de 8 a 10% de PC. Por lo que la suplementación ya sea con ración P19 o DDGS mejoró la digestibilidad de la dieta y la velocidad de pasaje de la digesta y por ende haber aumentado el CMSF. Esto se puede observar en el cuadro No. 19 donde la digestibilidad de la MS de la dieta toma valores por encima a la digestibilidad de la MS del forraje.

Como conclusión general, al no encontrarse diferencias significativas entre tratamientos, la sustitución de ración P19 por niveles crecientes de DDGS de sorgo en el suplemento no tendría efecto en la utilización de la pastura, en la selección por parte de los animales, así como tampoco en el CMST al no afectarse ni el CMSF ni el CMSS.

### 5.3. VALOR NUTRITIVO DE LA DIETA

A medida que aumentó la concentración de DDGS en el suplemento en detrimento de ración P19, la composición química del suplemento cambió, aumentando el contenido de PC, EE y FDN respecto al tratamiento S0, observándose esto en el cuadro No. 7.

Si bien la PC aumenta, la disponibilidad de la misma puede verse afectada, debido al proceso de secado en la etapa de obtención del DDGS ya que se puede dar la

reacción de Maillard causando que los carbohidratos y proteínas se ligen, no quedando disponible para los animales (USGC, 2012). Kalscheur et al. (2008) mencionan que el contenido de PC es próximo a 30%, y de está un 47 a 57% es no degradable a nivel ruminal, pudiendo ser mayor. Según Erickson et al. (2005) el alto valor de PNDR del DDGS se debe a características innatas de la proteína, más que al secado o a la humedad, y no parece estar influenciado por el NIDA. Mientras que Cavalho et al. (2005) afirman que los granos secos de destilería, si bien representan una buena fuente de PNDR, en ciertos casos puede ser baja su digestibilidad intestinal. Sin embargo la performance animal en el presente experimento no se habría visto afectada por el contenido de NIDA debido a lo mencionado por Ham et al. (1994) donde el nivel de NIDA no afecto la eficiencia de la ganancia en terneros alimentados con DDGS.

La PC del DDGS de sorgo utilizado en el presente experimento (35%) fue mayor a la reportada por Kalscheur et al. (2008) próxima a 30%. Se puede concluir además que dichos resultados son muy similares a los mencionados por Tjardes y Wright (2002), para DDGS de maíz, los cuales reportaron un rango de valores que van del 25 al 32% de PC, por lo que no habría mucha variación en el DDGS ya sea obtenido a partir de sorgo o maíz. Este alto valor de PC registrado en la composición química del DDGS utilizado en el experimento puede deberse a la mezcla de DDGS de trigo y DDGS de sorgo, teniendo valores de 34 y 30% de PC, respectivamente (FEDNA, 2012).

Dado que la ración comercial P19, tiene 19% PC, la misma se incrementa al aumentar el nivel de DDGS en el suplemento. Así mismo una alta proporción de ésta es no degradable a nivel ruminal, entre 47 a 57% según Kalscheur et al. (2008), pudiendo cubrir los requerimientos de proteína metabolizable de terneros destetados precozmente que no han desarrollado el rumen siendo que la proteína microbiana sintetizada en el mismo, insuficiente para satisfacer la PM según lo reportado en el NRC (1996). Sin embargo la composición de la PM ya sea proveniente a través de la proteína microbiana o proteína no degradable a nivel ruminal (PNDR) puede variar (Spiehs et al., 2002).

Mientras que en cuanto al aporte de energía, en el tratamiento S0 la misma es aportada principalmente por almidón, cuando se incrementa el contenido de DDGS en el suplemento el aporte de energía a partir de almidón disminuye, aumentando el aporte de esta a partir de la grasa y los carbohidratos estructurales altamente digestibles (Klopfenstein, 2008). Este cambio, puede llevar a un aumento en la producción animal como consecuencia de un aumento en el valor energético del alimento según Akayezu et al. (1998), y también según Klopfenstein (2001) a partir de prevenir riesgos de acidosis.

En el presente trabajo, la sustitución de almidón en el suplemento por fibra de alta calidad y EE, redujo la GMD de los terneros destetados precozmente en 15 g por cada 10 unidades porcentuales de incremento en el nivel de DDGS en el suplemento.

MacDonald et al. (2007) mencionan que el contenido de lípidos en los granos de destilería varía entre un 7 y 14% sin embargo el contenido de EE del DDGS utilizado

en el presente experimento fue de 3,9% como se muestra en el cuadro No. 7. Este valor de EE del DDGS es también inferior al reportado por Tjardes y Wright (2002), Spiehs et al. (2002) de 8 - 10% y 10,9%, respectivamente. El menor valor de EE observado en la composición química del DDGS utilizado en el experimento pudo deberse a que fue una mezcla de DDGS de sorgo y trigo, presentando el DDGS de trigo según FEDNA (2012) un valor de 4,5% de EE, siendo inferior al DDGS de sorgo de 9,4%.

La diferencia en el valor de EE del DDGS reportado entre los mencionados autores y el utilizado en el presente experimento puede también atribuirse a la variabilidad dentro de plantas y entre plantas que van desde el 1,8 y el 19,1% (Arroquy et al., 2014). A su vez Buckner et al. (2011) mencionan que la variabilidad en el contenido de grasa entre diferentes plantas de etanol puede relacionarse con la cantidad de solubles de destilería que se agregan a los granos de destilería. Esto también mencionado por Díaz et al. (2012) donde la gran variación en el contenido de grasa en el DDGS se debe a la cantidad de condensados solubles añadidos a la torta húmeda no fermentada antes del secado, que luego produce el DDGS. Arroquy et al. (2014) reportan que el secado de los granos de destilería puede alterar el perfil lipídico por oxidación durante el proceso. Se debe considerar que en algunos casos se realiza una extracción de aceite sobre el subproducto dejando un contenido mínimo de lípidos.

La FDN (54,1%) presentó valores superiores a los mencionados por Tjardes y Wright (2002) de 39 a 45%. Según Schingoethe (2007) la FDN remanente del proceso de destilación de alcohol es altamente digestible lo cual permite su uso en dietas ricas en almidón o forrajes, sin embargo según Di Lorenzo y Galyean (2010) se debe considerar que esta fibra no es considerada fibra efectiva ya que no estimula la salivación ni la rumia.

Estas diferencias en cuanto a la composición química del DDGS reportado por diferentes autores y el utilizado en el presente experimento, se pueden deber al grano de origen utilizado, ya que muchos autores utilizaron grano de maíz en sus respectivas investigaciones, mientras que en el experimento se utilizó DDGS proveniente de grano de sorgo. A su vez Spiehs et al. (2002) mencionan que la gran variación en el contenido de nutrientes puede ser debido al porcentaje de solubles secos añadidos a los granos secos y la duración del proceso de fermentación que afecta el grado de eliminación del almidón, por lo que pueden existir diferencias en la composición química del subproducto obtenido según la planta de procesamiento.

En lo que hace a minerales, el contenido de cenizas del DDGS utilizado en el presente experimento (4,92%) estuvo muy por debajo de lo mencionado Spiehs et al. (2002) donde afirman que es próxima a 9%. En cuanto al contenido de fósforo del DDGS de maíz, Tjardes y Wright (2002) reportan que este tiene un contenido entre 0,78 y 1,08%. Según Arroquy et al. (2014) es elevado el contenido de este mineral en los granos de destilería producto de la disponibilidad del fósforo así como también del agregado de los solubles, donde un valor alto de fósforo indica que se le agregó una alta

proporción de solubles. Considerando los requerimientos de fósforo de un ternero/a destetado precozmente de 0,32% mencionados por Simeone y Beretta (2002) y que estos son cubiertos por la suplementación con ración P19, al incrementarse el contenido de DDGS en el suplemento, se estaría generando un exceso de fósforo en el balance de este nutriente. También Arroquy et al. (2014) mencionan que el contenido de azufre de los granos de destilería es elevado, misma causa que el fósforo, donde el agregado de solubles incrementa el contenido de éste mineral, mientras que también el contenido de azufre puede verse elevado cuando se utiliza ácido sulfúrico para controlar el pH de la fermentación. Sin embargo Kalscheur et al. (2008) mencionan que el contenido de éste mineral puede ser muy variable, por lo que hay que ser cuidadoso ya que un alto nivel en el alimento y agua puede provocar desórdenes en el sistema nervioso central, disminuyendo la performance animal. En los granos de destilería el contenido de azufre puede llegar a duplicar o quintuplicar a los niveles de requerimientos de azufre para bovinos de carne.

En el tratamiento S100 podría esperarse una deficiencia de calcio ya que es un subproducto con un bajo contenido de este mineral, según Tjardes y Wright (2002) el contenido de calcio del DDGS oscila entre 0,17 y 0,26% pudiendo no cubrir los requerimientos de calcio de 0,64% mencionado por Simeone y Beretta (2002). Sin embargo el CMSF estaría cubriendo el déficit de éste mineral que tiene el DDGS.

Como sucede con otros nutrientes según Spiels et al. (2002) la concentración de minerales varía entre años, cultivos, región, y de acuerdo al ajuste de la fermentación que tienen las distintas plantas de procesamiento. Dichas concentraciones algunas veces pueden conducir desórdenes metabólicos y/o pueden llegar a contener mayores niveles en las heces, provocando así contaminaciones en el suelo (Arroquy et al., 2014).

Con respecto a la calidad de la pastura, los valores de PC fueron de 12,5% similar a los mencionados por Mieres (2004) de 13,5 % para pradera de festuca en verano. Mientras que la FDN de la pastura ofrecida en el presente experimento (54,3%) fue levemente inferior a la mencionada por Mieres (2004) de 58,8%. En conclusión, la calidad de la pastura se encontró dentro de lo esperado para el verano, aunque el contenido de PC y EM sería limitante para cubrir los requerimientos de terneros destetados precozmente de 2,60 Mcal/kg de EM y 16% de PC mencionados por Simeone y Beretta (2002). La suplementación al 1% del PV con concentrados energético-proteico (ración P19) en la composición del suplemento sería indispensable para lograr la performance requerida por estos terneros de (500-600 g).

## 5.4.PERFORMANCE ANIMAL

### 5.4.1. Crecimiento animal y eficiencia de conversión

La GMD y por lo tanto la evolución de PV de los terneros en el tratamiento testigo (S0) (0,74 kg/día) fue la esperada ya que estuvo dentro de los rangos mencionados por Simeone y Beretta (2002) y a su vez la respuesta fue consistente e incluso superior a la reportada por Simeone et al. (1997), De León et al. (1998), Henderson et al. (2015), Abreu et al. (2017), siempre que los terneros fueron manejados sobre praderas con una OF de 8% del PV, suplementados al 1% del PV con ración comercial de destete precoz. Las diferencias en la calidad de la pastura estival utilizada en dichos experimentos posiblemente podrían estar explicando la mayor ganancia diaria en la presente investigación, así como a las condiciones ambientales en las que se realizaron los mismos.

En pasturas de alta calidad la GMD reportada por Morris et al. (2005) fue superior a la del presente experimento cuando se usó sólo DDGS como suplemento (S100) (1,15 vs. 0,63 kg/día). Estas diferencias podrían explicarse por la diferente categoría animal utilizada en la investigación, así como la calidad de la base forrajera y condiciones en las que se realizó el experimento (efecto año). Las ganancias obtenidas por Greenquist et al. (2009), Islas y Soto-Navarro (2011) de 0,92 y 1,08 kg/día respectivamente, suplementando con DDGS sobre forrajes de alta calidad fueron también superiores a las registradas en el tratamiento S100.

En forrajes de baja calidad (8-9% PB, 67% FDN) Loy et al. (2008), Jenkis et al. (2009) utilizando DDGS como suplemento en niveles de 0,81 y 0,75% del PV respectivamente obtuvieron ganancias de 0,89 kg/día en el caso del primer autor, mientras que el segundo autor de 0,78 kg/día, similar ganancia (0,82 kg/día) a la obtenida por Gadberry et al. (2010) también suplementando con DDGS sobre forrajes de baja calidad. Estas ganancias fueron superiores a las registradas en la presente investigación de 0,63 kg/día del tratamiento S100.

En el caso de los tratamientos en los que se mezcló DDGS con ración P19 el peso final de los terneros numéricamente fue mayor pudiendo explicarse por una mejor complementación de nutrientes y minerales del subproducto y la ración P19 a los también provenientes de la pradera de festuca, sin embargo no hubo diferencias significativas en el peso final de los terneros entre tratamientos.

En cuanto a la ganancia promedio diaria de peso disminuyó 15 g por cada 10 unidades porcentuales de incremento en el nivel de DDGS en el suplemento como se muestra en la figura No. 8.

Esta disminución en la GMD que se produjo al incrementar el DDGS en el suplemento en sustitución de ración P19, refleja un balance nutricional levemente desfavorable, el cual podría deberse tanto a un incremento en los requerimientos nutricionales de los terneros/as destetados precozmente, como a una reducción en la oferta de nutrientes.

En cuanto a la oferta de EM podría pensarse que al aumentar el DDGS en el suplemento aumente la oferta de EM, ya que el alto contenido de lípidos de los granos de destilería donde según MacDonald et al. (2007) varía entre un 7 y 14% aumenta la concentración energética de la dieta, sin embargo el EE del DDGS en el presente experimento fue de 3,9%. En tal sentido, la contribución del EE al aporte energético no habría sido muy importante con relación a la ración P19. Como contrapartida, no sería de esperarse un efecto asociativo negativo a nivel ruminal, donde valores por debajo de 2-3% MS de la dieta para rumiantes en pastoreo no afectarían la digestión de la fibra (Hess et al., 2008). Esto conduce a concluir que no se incrementó el valor energético del suplemento y que la GMD podría haber sido afectada al aumentar el DDGS como consecuencia de que el consumo de energía entre tratamiento pudo haber variado entre suplementos y a su vez tampoco se generó un efecto negativo en la digestión de la fibra y en el consumo, que afectarían la GMD.

Los requerimientos para terneros/as de destete precoz en pastoreo según Simeone y Beretta (2002) son de 2,60 Mcal/kg de EM, 16% PC, para lograr una ganancia entre 500 y 600 g. Los requerimientos de EM se dividen en los destinados a mantenimiento y ganancia de peso.

Dentro de los destinados a mantenimiento están los de metabolismo basal, actividad básica y actividad de cosecha. Hay que considerar que los requerimientos de energía para mantenimiento para animales en crecimiento son afectados por el PV, sexo, stress térmico y actividad de pastoreo y básica (Simeone, 2005).

Los requerimientos de EM seguramente hayan sido cubiertos por la oferta de energía proveniente de la pastura y el suplemento ya que las ganancias estuvieron dentro del rango mencionado por Simeone y Beretta (2002). Por lo que la disminución en la GMD de los tratamientos en los cuales se incrementó el DDGS en el suplemento en sustitución de ración P19 podría haber estado relacionada con aumentos en los requerimientos energéticos respecto al tratamiento S0.

Observando el comportamiento de los animales en pastoreo, rumia y tasa de bocado como se muestra en el cuadro No. 18 del apartado de Resultados, donde al no presentarse diferencias significativas por el hecho de incluir niveles crecientes de DDGS en el suplemento se podría pensar que la energía destinada para mantenimiento sea similar entre tratamientos, pudiendo destinarse más energía hacia crecimiento y deposición de grasa. En terneros de destete precoz la ganancia está explicada en mayor proporción por músculo, hueso y agua, implicando que la ganancia diaria sea

energéticamente menos cara respecto a animales adultos que presentan mayor deposición de grasa (Di Marco, citado por Pordomingo, 2013). Debido al comportamiento animal en pastoreo, la reducción de 15 g por cada 10 unidades porcentuales de incremento en el nivel de DDGS en el suplemento no estaría dada por este factor.

Los requerimientos energéticos pudieron verse afectados por un aumento en la excreción de nitrógeno en heces y orina, que como mencionan Morteiro y Young (2014) donde con un nivel de 21% de PB en la dieta, si bien aumenta la retención de nitrógeno por parte del animal, se observa una disminución en la eficiencia de retención y un aumento en la excreción en heces y orina. Al presentarse diferencias significativas entre tratamientos en la GMD, se puede concluir que en cuanto a la PM consumida por los terneros/as destetados precozmente del tratamiento S0, fue suficiente para cumplir con el crecimiento y desarrollo de los mismos ya que estos presentaron performance que estuvo dentro de los rangos a los reportados por Simeone y Beretta (2002), es decir la performance animal no se vio afectada por el sólo suministro de ración P19, sin embargo podría haber un efecto negativo en la performance animal por parte de la PM adicional de los tratamientos en los que aumenta el contenido de DDGS en el suplemento debido a los aumentos en los requerimientos energéticos como consecuencia de la energía que habría que destinarse para eliminar el exceso de amoníaco, afirmando lo mencionado por Huntington y Archibeque (2000), Luke (2012), Clerc et al. (2017). Al no haber diferencias en el CMST entre tratamientos y observarse una disminución en la GMD por incremento en los niveles de DDGS en el suplemento en detrimento de ración P19, los costos energéticos podrían haber aumentado debido a la eliminación de urea, por ser el DDGS un subproducto alto en PC.

Otro factor relacionado con el aumento de los requerimientos energéticos que pudo haber provocado una disminución en la GMD es el aumento en el contenido de fibra de la dieta a medida que se incrementa el contenido de DDGS, donde Dieguez (2014) menciona que la proporción de ácido grasos volátiles varía con la dieta, donde al aumentar el contenido fibroso de la misma se producirá más ácido acético, mientras que disminuye la proporción de ácido propionico, siendo el ácido butírico constante entre dietas. Según este autor la emisión de metano y anhídrido carbónico se asocia a dietas fibrosas por lo que se consideran menos eficientes desde el punto de vista energético, por lo que al incrementar el DDGS, aumenta el contenido fibroso del suplemento y de la dieta (siendo que la fibra de la pastura es igual para todos los tratamientos) lo que estaría aumentando los requerimientos energéticos y como consecuencia una posible disminución en la GMD.

Según Simeone et al. (2004) la menor calidad de la pastura estival, sumado a las altas temperaturas de la estación, podría generar estrés para el animal y afectar negativamente el consumo e incrementar los costos de mantenimiento, por lo que la EC se podría ver afectada. Sin embargo se obtuvo para el tratamiento testigo una mejor EC a

la reportada por Henderson et al. (2015), que experimentando con terneros de destete precoz en el verano sobre pradera de *Cichorium intybus* y *Trifolium pratense*, y suplementando al 1% de PV con ración P19, logran EC global de 9.8:1, peor a la registrada en el presente experimento de 7.01:1 pudiendo explicarse por diferencias en la calidad y composición de la pradera, mientras que Abreu et al. (2017) reportaron mejor eficiencia de conversión global respecto al presente experimento (6,92 vs. 7,01). Mientras que al incluir niveles crecientes de DDGS en el suplemento en sustitución de ración P19 la EC global, si bien numéricamente a medida que aumentó el mismo en la dieta la EC global tendió a mejorar en el tratamiento S33 para luego aumentar en los tratamientos S66 y S100, aunque no se reportaron diferencias significativas entre tratamientos, como se muestra en la figura No. 10.

Vizcarra (1989), reportó para terneros destetados precozmente manejados sobre praderas sin suplementación ganancia de 201 g/animal/día durante un período de 60 días. Tomando este valor como referencia para estimar la EC del suplemento en el presente experimento, arroja un valor de 1,77:1, 1,57:1, 1,72:1, 1,83:1 para los tratamientos 0, 33, 66 y 100% de DDGS en el suplemento. Estas eficiencias de conversión son mejores a la reportada por Simeone y Beretta (2002) de 3,6:1. En la medida que se incluyó DDGS en el suplemento la EC global no presentó diferencias significativas respecto a la del testigo sin DDGS en el suplemento y observando la eficiencia de conversión del suplemento cuando se sustituye totalmente la ración comercial con 19% de proteína cruda por DDGS se necesita sólo un 3,3% más de subproducto.

## 5.5.COMPORTAMIENTO ANIMAL EN PASTOREO Y ESTRÉS TÉRMICO

En cuanto al comportamiento animal en pastoreo, la actividad de pastoreo no presentó diferencias entre tratamientos. CSIRO, citado por NRC (1996) estima un incremento en los requerimientos de energía por pastoreo entre un 10 a 20% en condiciones muy buenas y hasta un 50% en condiciones de máxima extensividad donde el animal debe caminar grandes distancias en busca de alimento y agua. Sin embargo al no presentarse diferencias entre tratamientos no habría un efecto por el nivel de inclusión de DDGS en el suplemento en cuanto a la actividad de pastoreo por lo que el gasto de energía de mantenimiento en procura de un mayor tiempo de pastoreo fue similar para todos los tratamientos. Sí se registró interacción TxD(S) la cual fue similar entre tratamientos, donde el día 2 de permanencia en la parcela la actividad de pastoreo fue menor respecto a los días 4 y 6. Esto se debe a lo mencionado por Cangiano (1996), al entrar a la franja el día 2 la disponibilidad de forraje es alta, con una altura superior a la de los días 4 y 6, por lo tanto el animal destina menos tiempo al pastoreo que los demás días ya que el peso de bocado es mayor, sin embargo al disminuir el forraje el día 4 y 6 de la semana, el tiempo de pastoreo y la tasa de bocado aumentan como

mecanismo de compensación para lograr el CMS deseado. Esto se reportó para todos los tratamientos a excepción del tratamiento S66 donde no se encontraron diferencias significativas como se muestra en la figura No. 11, sin embargo no habría un efecto por la proporción de DDGS en el suplemento ya que el tratamiento S100 fue similar al tratamiento S0 y S33.

En cuanto a la actividad de rumia y descanso se podría pensar que fuera lo contrario a la actividad de pastoreo, donde el día 2, esta actividad fuera mayor disminuyendo en los días debido a lo mencionado por Cangiano (1996), sin embargo no se registró diferencias entre tratamientos, a diferencia del tratamiento S66 donde el día 2 el animal destino mas tiempo a pastoreo y menos a la actividad de rumia.

En cuanto a la actividad de pastoreo esta podría haber disminuido con el aumentó del DDGS en el suplemento mientras que las actividades de rumia y descanso aumentarían, debido a lo mencionado por Harris, citado por Cruz y Sánchez (2000) quien indica que la FDN se asocia con el llenado físico del animal o sea su capacidad de CMS por lo que al aumentar la FDN con niveles crecientes de DDGS como se muestra en el cuadro No. 7 debido a la mayor concentración de FDN del subproducto respecto a la ración P19, podría generar un llenado más rápido del rumen y disminuya la actividad de pastoreo aumentando la actividad de descanso, mientras que al aumentar el contenido de fibra en los tratamientos con inclusión de DDGS se estimularía la rumia como mencionan Cruz y Sánchez (2000), pero a su vez Di Lorenzo y Galyean (2010) mencionan que esta fibra no es considerada fibra efectiva ya que no estimula la salivación ni la rumia. Por lo que no se registraron diferencias significativas entre tratamientos para las actividades de pastoreo y rumia, por lo que al incluir DDGS en niveles crecientes sustituyendo ración P19, no afectó el comportamiento del animal para mencionadas actividades. Rovira (2002) reporta que la mayor parte de la rumia se realiza en horas de la noche y más aún si se trata del verano. Sólo se vio afectada entre tratamientos la actividad de descanso, donde el tratamiento S33 presentó mayor probabilidad de encontrar un ternero descansando y el tratamiento S66 la menor probabilidad.

#### 5.5.1. Patrón diurno de pastoreo

Durante el día en mediciones realizadas durante el período desde las 7:30 h hasta las 19:30 h hubo diferencias significativas entre tratamientos sólo en las mediciones observadas desde 7:30 a 10:30 h y desde 16:30 a 19:30 h. En las primeras horas de la mañana los terneros de los tratamientos con 33 y 100% de DDGS en el suplemento, la probabilidad de encontrar estos pastoreando fue menor a la del resto de los tratamientos. Este efecto no estaría explicado por el consumo del subproducto ya que en el tratamientos con 66% de DDGS la probabilidad de encontrar los terneros en actividad de pastoreo fue superior al tratamiento que incluye solamente ración P19.

Mientras que en la última hora del día la probabilidad de encontrar un ternero pastoreando fue menor en el que incluye 66% de DDGS en el suplemento respecto a los demás tratamientos. En la figura No. 15 se puede observar lo mencionado por Rovira (2012), el pastoreo se produce en su mayoría al amanecer que comienza un poco antes de la salida del sol y dura unas dos o tres horas, y al atardecer que se inicia al final de la tarde y continúa hasta entrada la noche. García y Wright (2007) afirman lo mencionado por Rovira (2012) donde el momento del día en el que ocurren las mayores actividades de pastoreo es determinado por el clima y en particular la temperatura ambiente, donde durante los días calurosos del verano hay un cambio en los hábitos de pastoreo predominando la actividad al amanecer, atardecer y durante la noche. Por lo que en horas de alta temperatura el ternero destina más tiempo a rumia y descanso en detrimento de actividad de pastoreo.

#### 5.5.2. Tasa respiratoria como indicador del estrés térmico

En épocas donde se dan altas temperaturas, los lípidos pueden ayudar a reducir el estrés calórico (Infocarne, s.f.). Por lo que podría pensarse que al incrementarse el contenido de DDGS del suplemento, subproducto que contiene alto EE, disminuya el estrés calórico en dichos tratamientos, sin embargo no se registraron diferencias significativas entre los mismos en ningún horario de medición, por lo que no habría efecto benéfico desde el punto de vista de disminuir el estrés calórico a medida que se sustituye ración P19 por DDGS. Esto posiblemente también explicado por el bajo contenido de EE del subproducto (3,9%) en la presente investigación el cual estuvo por debajo del rango de 7-14% mencionado por MacDonald et al. (2007).

García et al. (2007) mencionan que cuando los mecanismo fisiológicos de mitigación del estrés calórico como son el jadeo y la sudoración, y los cambios de comportamiento alcanzan el punto máximo, el animal disminuye el consumo, en particular el de alimentos con alto contenido de fibra que generan un gran calor de fermentación en el rumen, por lo que en este caso sí podría pensarse que al aumentar el DDGS en la dieta, aumente el estrés calórico en los terneros, sin embargo al tener el DDGS una fibra fácilmente fermentable (USGC, 2012) estaría explicando la ausencia de diferencias entre tratamientos, lo que estaría de acuerdo con lo mencionado por Martínez et al. (2010b) mencionando que las grasas permitirían aumentar el consumo de energía, sin elevar el CMS ni el calor de fermentación.

El aumentó de la tasa respiratoria a las 14 horas en ambas semanas, se debe exclusivamente a un aumentó de la temperatura y a un ITH elevado. Según Bartaburu (2007), en novillos en terminación la tasa respiratoria de un animal bajo condiciones normales son 40 respiraciones/minuto, por lo que en el presente experimento en el horario de las 14 horas se dieron respiraciones/minuto muy por encima de las

mencionadas por este autor, por lo que se puede afirmar que los animales estuvieron en estrés térmico durante esa hora.

La TR14 registró diferencias significativas entre tratamientos, como se muestra en la figura No. 18. Si se observa la figura, el tratamiento con 66% de DDGS en el suplemento presentó menores respiraciones por minuto respecto a los demás tratamientos, pudiendo deberse a una capacidad genética en los animales para mantener en condiciones de termoneutralidad su temperatura corporal.

## 5.6.DISCUSIÓN GENERAL

A modo de síntesis, el incremento gradual de DDGS en sustitución de ración P19 como suplemento para terneros de destete precoz, tiene como principal cometido mantener o mejorar la performance animal por el hecho de ser un subproducto con alto aporte energético y proteico, siendo el último alto en proteína de sobre paso, adecuándose a los requerimientos de dicha categoría. Siendo además, este subproducto más viable económicamente, donde el principal costo de aplicar la técnica de destete precoz es el alimento que debe adquirirse para llevar a cabo la misma (67% de los costos totales). En éste experimento se observó una disminución en la ganancia de peso vivo de 15 gramos por cada 10 unidades porcentuales en el nivel de incremento de DDGS en el suplemento. No se observaron diferencias en el CMSF, CMSS y por ende en el CMST, además de una probabilidad similar de actividad diaria total de pastoreo por el hecho de incrementar el nivel de DDGS en sustitución de ración P19.

El incremento en el nivel de DDGS, originó incrementos en el consumo de FDN y EE, sustituyendo al almidón como fuente de energía. A su vez se incrementaron las cantidades de PNDR, pudiendo cubrir los requerimientos de PM, debido a la baja síntesis de proteína bacteriana por la escasa fermentación a nivel ruminal de los terneros/as destetados precozmente, sin embargo esto no se reflejó en mejoras en la performance animal, explicándose por el hecho de un exceso de PM, donde el animal debe excretar parte del excedente como NNP en la orina, determinando un incremento en los costos energéticos. Ello también se debe a que al aumentar el contenido fibroso de la dieta debido a la inclusión en niveles crecientes de un alimento con mayor contenido de FDN como lo es el DDGS, genera aumentos en los requerimientos energéticos debido a una menor eficiencia energética, con la consecuente disminución en la ganancia media diaria.

En cuanto a la eficiencia de conversión global no se registraron diferencias entre tratamientos sin embargo si se calcula la eficiencia de conversión del suplemento tomando como referencias las ganancias reportadas por Vizcarra (1989) de 201 gramos/animal/día para terneros destetados precozmente manejados en pradera sin

suplementación se estaría necesitando sólo un 3,3% más de DDGS respecto a ración P19.

## 6. CONCLUSIONES

- La sustitución de ración comercial P19 por niveles crecientes de DDGS de sorgo reduce linealmente la GMD de terneros/as destetados precozmente durante el verano suplementados al 1% del PV sobre praderas permanentes. Al aumentar la proporción de DDGS en el suplemento, por cada 10 unidades porcentuales de incremento, la ganancia promedio diaria de peso registra una reducción de 15 g, sin afectarse el consumo de materia seca total, ni la EC.
- Si bien con incrementos graduales de DDGS no se maximiza la ganancia media diaria cuando este se incluye en un 100%, sigue siendo viable económicamente la inclusión del subproducto.

## 7. RESUMEN

El presente trabajo fue realizado entre el 2 de enero de 2017 y el 29 de marzo de 2017 en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, perteneciente a la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, ubicada en el departamento de Paysandú, Uruguay. El período experimental estuvo comprendido desde el 18 de enero y 29 de marzo, contando con 10 semanas de duración. El objetivo de este experimento fue evaluar el potencial de la burlanda seca de sorgo (DDGS) como suplemento para terneros de destete precoz manejados sobre pasturas sembradas. A un total de 40 terneros/as (20 machos y 20 hembras) Hereford nacidos en primavera del 2016 y destetados precozmente a los  $63 \pm 8,8$  días de edad aproximadamente, con un peso vivo promedio de  $81,2 \pm 7,9$  kg. Los terneros fueron bloqueados por peso vivo y sorteados dentro de cada bloque a uno de los cuatro tratamientos, caracterizados por los niveles crecientes de inclusión de DDGS en el suplemento en sustitución de ración P19, en niveles de 0, 33, 66 y 100% de DDGS en el suplemento. La performance animal, medida como ganancia media diaria de peso, fue afectada por la inclusión de niveles crecientes de DDGS en el suplemento en sustitución de ración P19 con una respuesta lineal negativa asociada al aumento de DDGS en el suplemento determinando que al aumentar la proporción de DDGS en el suplemento la ganancia promedio diaria de peso disminuyó linealmente, registrando una reducción de 15 g por cada 10 unidades porcentuales de incremento en el nivel de DDGS en el suplemento ( $P=0,02$ ), rechazando la hipótesis planteada; por lo que aquellos animales suplementados con un mayor nivel de DDGS (S100) presentaron, numéricamente, menor peso vivo final que aquellos en los cuales el suministro de DDGS fue menor (S0, S33, S66) sin embargo no se registraron diferencias significativas entre tratamientos en el peso vivo final ( $P>0,05$ ). La eficiencia de conversión global no presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0,05$ ). En lo que hace al comportamiento animal en pastoreo se observaron diferencias significativas entre tratamientos en lo que hace a la actividad de pastoreo, rumia ( $P>0,05$ ), sí se dieron diferencias en cuanto al descanso ( $P<0,05$ ), sin embargo las mismas no repercutieron en cuanto al consumo de materia seca total ya que éste no presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0,05$ ). Mientras que en lo que hace al día dentro de la semana sí se dieron diferencias significativas producto ( $P<0,01$ ) por un efecto de la mayor biomasa de forraje a la entrada de la parcela y la relación estrecha que tiene esta con la altura de la pastura, permitiendo al animal un mayor peso de bocado, menor tasa de bocado y tiempo de pastoreo para lograr el CMS deseado. Sobre el estrés calórico, registrado en el horario de las 14:00 hrs, no se encontraron diferencias entre tratamientos, por lo que se puede concluir que al incrementar el nivel de DDGS en el suplemento en sustitución de ración P19, no tiene efecto sobre el estrés por calor ya que todos los animales se encontraron bajo estrés cuando el índice de ITH se encontró por encima de 72 debido a las altas temperaturas.

Palabras clave: Terneros de destete precoz; DDGS; Suplementación;  
Asignación de forraje; Praderas.

## 8. SUMMARY

This research was conducted from January 2nd. 2017 to March 29th. 2017 in the Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC, intensive meat production unit), of the Estación Experimental (experimental post) Mario A. Cassinoni, a dependency of Facultad de Agronomía (school of agronomy), Universidad de la República, located in the department of Paysandú, Uruguay. The experimental period lasted 10 weeks, between January 18<sup>th</sup>. and March 29<sup>th</sup>., 2017. The objective of this experiment was to evaluate the potential of sorghum dried burlanda (DDGS) as a supplement for early weaning calves managed on sown pastures. A total amount of 40 Hereford calves (20 males and 20 females) were considered for this study, all born in the spring of 2016 and weaned early at  $63 \pm 8.8$  days of age, with an average live weight of  $81.2 \pm 7.9$  kg. The calves were divided into blocks according to liveweight, and consequently, assigned randomly to one of four treatments, all of which included an increase in the amount of DDGS in the supplement in substitution of ration P19, at levels of 0, 33, 66 and 100% of DDGS in the supplement. Animal performance, measured in average daily weight gain, was affected by the inclusion of increasing levels of DDGS in the supplement in substitution of ration P19 with a negative linear response associated with the increase of DDGS in the supplement, determining that by increasing the proportion of DDGS in the supplement the average daily weight gain decreased linearly, registering a reduction of 15 g for each 10 percentage units of increase in the level of DDGS in the supplement ( $P = 0.02$ ), rejecting the hypothesis proposed; therefore, those animals supplemented with a higher level of DDGS (S100) presented, numerically, lower final live weight than those in which the supply of DDGS was lower (S0, S33, S66), however, there were no significant differences between treatments in final live weight ( $P > 0.05$ ). The overall conversion efficiency did not show significant differences between treatments ( $P > 0.05$ ). Regarding animal behavior in grazing, significant differences were observed between treatments in terms of grazing activity, rumination ( $P > 0.05$ ), if there were differences in terms of rest ( $P < 0.05$ ), however, they did not affect the total dry matter consumption since this did not present significant differences between treatments ( $P > 0.05$ ). While in what does day within the week if there were significant differences product ( $P < 0.01$ ) by an effect of the greater biomass of forage at the entrance of the plot and the close relationship that it has with the height of the pasture, allowing the animal a larger bite weight, lower bite rate and grazing time to achieve the desired CMS. Regarding caloric stress, recorded at 2:00 pm, no differences were found between treatments, so it can be concluded that increasing the level of DDGS in the supplement in substitution of P19 ration has no effect on the heat stress since all the animals were under stress when the ITH index was found above 72 due to the high temperatures.

Keywords: Precociously weaned calves; DDGS; Supplementation; Forage assignment; Grasslands.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Abreu, M.; Becerra, J.; Esponda, M. 2017. Utilización de grasas protegidas en la suplementación de terneros de destete precoz pastoreando praderas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 115 p.
2. Adami, I.; Betancur, H.; Esteves, Á. 2008. Evaluación del encierro diurno y la suplementación energética como estrategia de manejo en novillos Hereford pastoreando praderas mezclas de gramíneas y leguminosas durante el período estival. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 115 p.
3. Ahern, N.; Nuttelman, B.; Buckner, C.; Klopfenstein, T.; Erickson, G. 2011. Use of Dry-rolled Corn, Dry or Wet Distillers Grains Plus Solubles as an Energy Source in High Forage Diets for Growing Cattle. (en línea). In: Nebraska beef reports. Lincoln, Nebraska, University of Nebraska. Institute of Agriculture and Natural Resources. pp. 20-21 (Paper no. 599). Consultado set. 2017. Disponible en <http://beef.unl.edu/ebf37cf5-8583-427d-8e81-a608c226f97e.pdf>
4. Akayezu, J. M.; Linn, J. G.; Harty, S. R.; Cassady, J. M. 1998. Use of distillers grains and co-products in ruminant diets. (en línea). In: Minnesota Nutrition Conference (59th., 1998, Bloomington, MN). Proceedings. Elk River, Minnesota, Cargill Animal Nutrition Center. pp. 1-11. Consultado mar. 2018. Disponible en [https://www.biofuelscoproducts.umn.edu/sites/biodieselfeeds.cfans.umn.edu/files/cfans\\_asset\\_416592.pdf](https://www.biofuelscoproducts.umn.edu/sites/biodieselfeeds.cfans.umn.edu/files/cfans_asset_416592.pdf)
5. Anzolabehere, M.; Cortazzo, N. 2017. Utilización de granos secos de destilería obtenidos a partir de sorgo (ddgs) en raciones concentradas ofrecidas a terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 57 p.
6. Arias, R.; Mader, T; Escobar, P. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Temuco, Chile, Universidad Católica de Temuco. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Agronomía. 16 p.
7. Arroquy, J.; Berruhet, F.; Brunetti, M.; Martínez Ferrer, J.; Pasinato, A. 2014. Uso de subproductos del destilado de granos en bovinos para carne. In: Jornada Nacional de Forrajes Conservados (1a., 2014, Manfredi). Recopilación de presentaciones técnicas. Córdoba, INTA. pp. 1-59.

8. Bargo, F.; Muller, L.; Delahoy, J.; Cassidy, T. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science*. 85:1777-1792.
9. Barletta, A.; Sánchez, Y.; Valazza, L. 2012. Obtención de bioetanol a partir de la fermentación de sorgo. Córdoba, Argentina, Universidad Tecnológica Nacional. 4 p.
10. Bartaburu, D. 2007. Stress calórico; un tema de bienestar animal...y productivo. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 121: 46- 49.
11. Berasain, S.; Patrón, L.; Vidart, M. 2002. Efecto de la suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal sobre el comportamiento ingestivo y consumo voluntario en novillos Hereford pastoreando en dos asignaciones de forraje en verdeo y pradera en estado vegetativo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 111 p.
12. Beretta, V.; Simeone, A.; Elizalde, J. C.; Baldi, F. 2006. Performance of growing cattle grazing moderate quality legume-grass temperate pastures when offered varying forage allowance with or without grain supplementation *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 47:793-797
13. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Cortazzo, D. 2013. Uso de comederos de autoconsumo en la suplementación de terneros de destete precoz en pastoreo. In: *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (15ª., 2013, Paysandú)*. Simplificando la intensificación ganadera; el autoconsumo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 42-47.
14. Bothast, R.; Schlicher, M. 2004. Biotechnological processes for conversion of corn into etanol. (en línea). *Applied Microbiology and Biotechnology*. 67: 19-25. Consultado ago. 2017. Disponible en <https://www.agro.uba.ar/users/fernande/BothastSchlicherEthanol2005.pdf>
15. Bruni, M.; Trujillo, A. I.; Facchin, L.; Saragó, L.; Chilbroste, P. 2014. Evaluación nutricional para rumiantes de la burlanda de sorgo húmeda obtenida de la producción de etanol de ALUR Paysandú. *Cangüé*. no. 35: 28-38.
16. Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. 1996. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.
17. Cao, Z.; Anderson, J.; Kalscheur, K. 2014. Ruminant degradation and intestinal digestibility of dried or wet distillers grains with increasing concentrations of condensed distillers solubles. *Journal of Animal Science*. 87: 3013-3019.

18. Carámbula, M. 2010. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.
19. Cavalho, L.; Melo, D.; Pereira, C.; Rodrigues, A.; Cabrita, A.; Fonseca, A. 2005. Chemical compositions, in vivo digestibility, N degradability and enzymatic intestinal digestibility of five protein supplements. *Animal Feed Science and Technology*. 119: 171-178.
20. Cepeda, M.; Scaiewicz, A.; Villagrán, J. 2005. Manejo de la frecuencia de suplementación en la recría de terneros sobre pasturas mejoradas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 77 p.
21. Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: I predicción del consumo. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 18 p. Consultado mar. 2018. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/281209792\\_Fuentes\\_comunes\\_de\\_error\\_en\\_la\\_alimentacion\\_del\\_ganado\\_lechero\\_I\\_Prediccion\\_del\\_consumo](https://www.researchgate.net/publication/281209792_Fuentes_comunes_de_error_en_la_alimentacion_del_ganado_lechero_I_Prediccion_del_consumo)
22. \_\_\_\_\_; Gibb, M.; Tamminga S. 2005. Pasture characteristics and animal performance. In: Dijkstra, J.; Forbes, J. M.; France, J. eds. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. 2nd. ed. Wallingford, CABI. pp. 683-706.
23. Clariget, J.; La Manna, A. 2016. Consideraciones para no excederse de grasa en dieta de bovinos. (en línea). Montevideo, UY, INIA. s.p. Consultado mar. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Sequ%C3%ADa/Consideraciones%20para%20no%20excederse%20de%20grasa%20en%20dieta%20de%20bovinos.pdf>
24. Clerc, J. V.; Fonseca, M.; Rocco, J. 2017. Sustitución de la proteína verdadera por niveles crecientes de nitrógeno no proteínico de lenta liberación (Optigen) en terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 51 p.
25. Corrigan, M.; Klopfenstein, T.; Erickson, G.; Meyer, N.; Vander Pol, K.; Greenquist, M.; Luebke, M.; Karges, K.; Gibson, M. 2009. Effects of level of condensed distillers solubles in corn dried distillers grains on intake, daily body weight gain, and digestibility in growing steers fed forage diets. *Journal of Animal Science*. 87: 4073-4081.

26. Cruz, M.; Sánchez, J. 2000. La fibra en la alimentación del ganado lechero. *Nutrición Animal Tropical*. 6(1): 39-74
27. Dahlke, G. R.; Strohbehn, D. R. 2012. Dry Distillers Grain as a Creep Feed for Calves. (en línea). Iowa State University. Animal Industry Report no. 658. s.p. Consultado ago. 2017. Disponible en [http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1725&context=ans\\_ar](http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1725&context=ans_ar)
28. Damonte, I.; Irazabal, G.; Reinante, R.; Shaw, M. 2004. Efecto de la asignación de forraje y de la suplementación con grano de maíz entero o molido sobre la performance de novillos Hereford pastoreando verdes durante el otoño. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 139 p.
29. De León, M.; Silvera, E.; Torres, S. 1998. Efecto del nivel de suplementación en pasturas sobre la ganancia de peso de terneros destetados precozmente. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 62 p.
30. \_\_\_\_\_; Peuser, R.; Bulashevick, M.; Boetto, C. 2004. Suplementación de pasturas de baja calidad. (en línea). Boletín Técnico Producción Animal. 66: 1-4. Consultado mar. 2018. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/66-sup\\_pasturas\\_baja\\_calidad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/66-sup_pasturas_baja_calidad.pdf)
31. \_\_\_\_\_. 2007. Interacciones “pastura-animal”. (en línea). INTA Manfredi. Agromercado. Cuadernillo clásico de forrajeras no. 135. 2 p. Consultado 25 may. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/128-interacciones\\_19.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/128-interacciones_19.pdf)
32. Díaz-Royón, F.; García, A.; Rosentrater, K. A. 2012. Composition of Fat in Distillers Grains. (en línea). Ames, Iowa State University. Agricultural and Biosystems Engineering. 9 p. Consultado ago. 2017. Disponible en [http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1673&context=abeng\\_pubs](http://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1673&context=abeng_pubs)
33. Di Costanzo, A. 2012. Feeding Distillers’ Grains to Beef Cattle. (en línea). s.l., University of Minnesota Extension. 2 p. Consultado set. 2017. Disponible en [https://www.extension.umn.edu/agriculture/beef/components/docs/feeding\\_distillers\\_grains\\_to\\_beef\\_cattle.pdf](https://www.extension.umn.edu/agriculture/beef/components/docs/feeding_distillers_grains_to_beef_cattle.pdf)
34. Dieguez, F. 2014. Algunos aspectos a considerar en la nutrición de rumiantes. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 150: 32-34. Consultado

mar. 2018. Disponible en [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R150/R\\_150\\_32.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R150/R_150_32.pdf)

35. Di Lorenzo, N.; Galyean, M. 2010. Applying technology with newer feed ingredients- Do the paradigms apply?. *Journal of Animal Science*. 88 (E. Suppl): E123-E132.
36. \_\_\_\_\_. 2013. Uso de subproductos de la producción de etanol en nutrición animal. *In: Jornada Nacional de Forrajes Conservados (5ª., 2014, Manfredi)*. Hacia sistemas ganaderos de precisión con valor agregado. Córdoba, INTA. pp. 69-74.
37. Di Marco, O. 2013. Estimación de calidad de los forrajes. (en línea). Balcarce, Buenos Aires, Balcarce, Sitio Argentino de Producción Animal. 3 p. Consultado may. 2018. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/45-calidad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf)
38. Durrieu, M.; Camps, D. 2002. Destete precoz; técnica y evaluación económica dentro del sistema. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. pp. 15-18. Consultado 24 may. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/destete/16-destete\\_precoz.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/destete/16-destete_precoz.pdf)
39. Elizalde, J. C. 2003. Suplementación en condiciones de pastoreo. (en línea). *In: Jornada de Actualización Ganadera (1a., 2003, Balcarce, AR)*. Resúmenes. Balcarce, s.e. pp. 17-28. Consultado mar. 2018. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_pastoril\\_o\\_a\\_campo/56-suplementacion\\_campo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_pastoril_o_a_campo/56-suplementacion_campo.pdf)
40. Erickson, G.; Klopfenstein, T.; Adams, D.; Rasby, R. 2005. General overview of feeding corn milling co-products to beef cattle. (en línea). *In: Corn Processing Co-Products Manual*. Lincoln, NE, USA, University of Nebraska. pp. 3-12. Consultado mar. 2018. Disponible en <https://beef.unl.edu/4ea342c5-839f-45c6-b166-667509fd8296.pdf>
41. Gadberry, M.; Beck, P.; Morgan, M.; Hubbell, D.; Butterbaugh, J.; Rudolph, B. 2010. Effect of dried distillers grains supplementation on calves grazing bermudagrass pasture or fed low-quality hay. *The Professional Animal Scientist*. 26:347–355.
42. Gamba, D.; Terzián, A. 2015. Evaluación de la degradabilidad de la fuente proteica utilizada en dietas para terneros de destete precoz manejados en régimen de confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 95 p.

43. García, A.; Wright, C. 2007. Efecto del medio ambiente sobre los requerimientos nutricionales del ganado en pastoreo. (en línea). South Dakota State University Extension. Paper no. 540. 5 p. Consultado mar. 2018. Disponible en [http://openprairie.sdstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1539&context=extension\\_extra](http://openprairie.sdstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1539&context=extension_extra)
44. González, J. M. s.f. El estrés calórico en bovinos. (en línea). Río Cuarto, Sitio de Producción Animal. pp. 68-74. Consultado 1 jun. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/etologia\\_y\\_bienestar/bienestar\\_en\\_bovinos/14-stres.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/14-stres.pdf)
45. Greenquist, M.; Klopfenstein, T.; Schacht, W.; Erickson, G.; Vander Pol, K.; Luebbe, M.; Brink, K.; Schwarz, A.; Baleseng, L. 2009. Effects of nitrogen fertilization and dried distillers grains supplementation: forage use and performance of yearling steers. *Journal of Animal Science*. 87 (11).3639-3646
46. Gregorini, P.; Agnelli, L.; Masino, C. 2007. Producción animal en pastoreo; definiciones que clarifican significados y facilitan la comprensión y utilización de términos usados comúnmente. (en línea). Río Cuarto, Sitio Argentino de Producción Animal. 5 p. Consultado mar. 2018. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/61-produccion\\_en\\_pastoreo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/61-produccion_en_pastoreo.pdf)
47. Gustad, K.; Klopfenstein, T.; Erickson, G.; Vander Pol, K.; MacDonald, J.; Greenquist, M. 2006. Dried distillers grains supplementation of calves grazing corn residue. (en línea). Lincoln, Nebraska. University of Nebraska. Lincoln Extension. pp. 36-37. Consultado mar. 2018. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Galen\\_Erickson/publication/228513530\\_Dried\\_Distillers\\_Grains\\_Supplementation\\_of\\_Calves\\_Grazing\\_Corn\\_Residue/links/569537b508ae425c68982820/Dried-Distillers-Grains-Supplementation-of-Calves-Grazing-Corn-Residue.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Galen_Erickson/publication/228513530_Dried_Distillers_Grains_Supplementation_of_Calves_Grazing_Corn_Residue/links/569537b508ae425c68982820/Dried-Distillers-Grains-Supplementation-of-Calves-Grazing-Corn-Residue.pdf)
48. Ham, G.; Stock, R.; Klopfenstein, T.; Larson, E.; Shain, D.; Huffman, R. 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with soluble as a source of protein and energy for ruminants. *Journal of Animal Science*. 72: 3246-3257.
49. Harborth, K.; Marston, T.; Llewellyn, D. 2006. Comparison of corn and grain sorghum dried distillers grains as protein supplements for growing beef heifers. (en línea). Lincoln, Nebraska, University of Nebraska. pp. 3-6. Consultado mar. 2018. Disponible en

[https://www.biofuelscoproducts.umn.edu/sites/biodieselfeeds.cfans.umn.edu/files/cfans\\_asset\\_411754.pdf](https://www.biofuelscoproducts.umn.edu/sites/biodieselfeeds.cfans.umn.edu/files/cfans_asset_411754.pdf)

50. Haydock, K.; Shaw, N. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15 (76): 663-670.
51. Henderson, A.; Iribarne, R.; Silveira, M. 2015. Evaluación del sistema de autoconsumo para la suplementación de terneros de destete precoz pastoreando praderas durante el verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
52. Hess, B. W.; Moss, G. E.; 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.
53. Hodgson, J. 1985. The control of herbage intake in the grazing ruminant. *Proceedings of the Nutrition Society*. 44: 339- 346.
54. \_\_\_\_\_. 1990. *Grazing management: science into practice*. New York, Longman. 203 p.
55. Hoffman, P.; Combs, D. 2007. Uso de la digestibilidad del FDN en la formulación de raciones. *Focus on Forage*. 6(3): 1-5.
56. Huntington, G.; Archibeque, S. 2000. Practical aspects of urea and ammoniametabolism in ruminants. *Journal of Animal Science*. 77: 1-11.
57. Infocarne. s.f. Grasas protegidas (rumen by-pass). (en línea). Málaga. s.p. Consultado mar. 2018. Disponible en <http://www.infocarne.com/bovino/grasas.asp>
58. Islas, A.; Soto-Navarro, S. 2011. Effect of supplementation of dried distillers grains with solubles on forage intake and characteristics of digestion of beef heifers grazing small-grain pasture. *Journal of Animal Science*. 89:1229-1237.
59. Jahn, E.; Arredondo, S.; Bonilla, W.; Del Pozo, A. 2002. Efecto de la temperatura y la suplementación energética sobre la producción de leche en vacas lecheras a pastoreo. (en línea). *Agricultura Técnica*. 62 (2): s.p. Consultado 14 jun. 2016. Disponible en [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072002000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072002000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
60. Jenkins, K.; McDonald, J.; McCollum, F.; Amosson, S. 2009. Effects of Level of Dried Distillers Grain Supplementation on Native Pasture and Subsequent

Effects on Wheat Pasture Gains. *The Professional Animal Scientist*. 25(5): 596-604.

61. Jones, M.; Macdonald, J.; Erickson, G.; Klopfenstein, T.; Bondurant, R. 2015. Dried Distillers Grains Supplementation of Calves Grazing Irrigated Corn Residue. Lincoln, Nebraska, University of Nebraska. pp. 25-26.
62. Kamande, G. 2006. Digestión ruminal y nutrición. (en línea). *In*: Congreso de Forrajes (15º., 2006, Buenos Aires). Digestión ruminal y nutrición. Producir XXI. pp. 1-4. Consultado mar. 2018. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/96-digestion\\_ruminal.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/96-digestion_ruminal.pdf)
63. Kalscheur, K.; García, A.; Rosentrater, K.; Wright, C. 2008. Co-productos del etanol para las dietas del ganado. (en línea). Brookings, South Dakota State University. 6 p. Consultado set. 2017. Disponible en [http://openprairie.sdstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1146&context=extension\\_fact](http://openprairie.sdstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1146&context=extension_fact)
64. Klopfenstein, T. 1996. Distillers as an energy source and effect of drying on protein availability. *Animal Feed Science and Technology*. 60: 201-207.
65. \_\_\_\_\_. 2001. Distillers grains for beef cattle. *In*: Ethanol Co-Products Workshop (7th., 2001, Lincoln). DDGS: issues to opportunities. Nebraska, USA, Corn Growers Association. pp. 1-9.
66. \_\_\_\_\_.; Lomas, L.; Blasi, D.; Epp, M.; Adamas, D.C. 2007. Summary Analysis of Grazing Yearling Response to Distillers Grains. (en línea). Lincoln, Nebraska, University of Nebraska. pp. 10-11. Consultado ago. 2017. Disponible en <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.uy/&httpsredir=1&article=1057&context=animalscinber>
67. \_\_\_\_\_.; Erickson, G. E.; Bremer, V. R. 2008. Board-invited review: use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science*. 86: 1223-1231.
68. Lacuesta, P.; Vázquez, A. 2001. Efecto del destete precoz y la condición corporal al parto sobre la performance reproductiva en vacas primíparas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 150 p.
69. Larson, E.; Stock, R.; Klopfenstein, T.; Sindt, M.; Huffman, R. 1993. Feeding Value of Wet Distillers Byproducts for Finishing Ruminants. *Journal of Animal Science*. 71: 2228-2236.

70. Lodge, S. L.; Stock, R. A.; Klopfenstein, T. J.; Shain, D. H.; Herold, D. W. 1997. Evaluation of corn and sorghum distillers byproducts. *Journal of Animal Science*. 75: 37-43.
71. Lombardo, S. 2012. Asignación de forraje. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 143: 32-35.
72. Loy, T.; Klopfenstein, T.; Erickson, G.; Macken, C.; Macdonald, J. 2008. Effect of Supplemental Energy Source and Frequency on Growing Calf Performance. (en línea). Lincoln, Nebraska, University of Nebraska. pp. 3504-3510. Consultado mar. 2018. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/23176051\\_Effect\\_of\\_Supplemental\\_Energy\\_Source\\_and\\_Frequency\\_on\\_Growing\\_Calf\\_Performance](https://www.researchgate.net/publication/23176051_Effect_of_Supplemental_Energy_Source_and_Frequency_on_Growing_Calf_Performance)
73. Macdonald, J.; Klopfenstein, T.; Erickson, G.; Griffin, W. 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. *Journal of Animal Science*. 85:2614-2624.
74. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1979. Carta de reconocimientos de suelos del Uruguay. Montevideo. t.3, 452 p.
75. Martínez, A.; Pérez, M.; Pérez, L.; Gómez, G. 2010a. Digestión de los lípidos en los rumiantes; una revisión. *Revista Interciencia*. 35 (supl. 4): 240-246.
76. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Carrión, D. 2010b. Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 11 (supl. 8): 1-21.
77. Mejía Haro, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. (en línea). *Acta Universitaria*. 12(3): 56-63. Consultado abr. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41612204>
78. Mieres, J. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. 80 p. (Serie Técnica no. 142).
79. Millot, J.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamientos de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas de Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
78. Morris, S.; Klopfenstein, T.; Adams, D.; Erickson, G.; Vander Pol, K. 2005. The Effects of Dried Distillers Grains on Heifers Consuming Low or High Quality Forage. Lincoln, Nebraska, University of Nebraska. pp. 18-20.
81. Morteiro, I.; Young, I. 2014. Evaluación del efecto del nivel de proteína en la dieta de terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis

Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 72 p.

82. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of Beef Cattle. 7th. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 242 p.
83. Orskov, E. R.; Ryle, M. 1990. Energy nutrition in ruminants. Essex, Elsevier. 149 p.
84. \_\_\_\_\_. 1992. Protein nutrition in ruminants. San Diego, Academic Press 175 p.
85. Perrachón, J. 2009. Manejo del pasto. Revista del Plan Agropecuario. no. 130: 42-45.
86. Pigurina, G. 1997. Suplementación dentro de una estrategia de manejo en áreas de ganadería extensiva. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 195- 200 (Serie Técnica no. 13).
87. Pordomingo, A. J. 2013. Feedlot; alimentación, diseño y manejo. (en línea). Anguil, INTA. 170 p. Consultado mar. 2018. Disponible en [http://inta.gob.ar/sites/default/files/scripttmp-inta\\_feedlot\\_2013.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/scripttmp-inta_feedlot_2013.pdf)
88. Rovira, J. 2002. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo: requerimientos nutritivos. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 336 p.
89. \_\_\_\_\_. 2012. Uso de sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. Montevideo, INIA. 83 p. (Serie Técnica no. 202).
90. Schingoethe, D. 2007. Strategies, benefits, and challenges of feeding ethanol byproducts to dairy and beef cattle. (en línea). Brookings, South Dakota State University. 15 p. Consultado mar. 2018. Disponible en <http://www.dairyweb.ca/Resources/FRNS2007/Schingoethe.pdf>
91. \_\_\_\_\_. 2011. Utilization of DDGS by Cattle. (en línea). Brookings, South Dakota State University. 8 p. Consultado ago. 2017. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.190.4299&rep=rep1&type=pdf>
92. Serna-Saldívar, S. 2010. Cereal Grains: properties, Processing, and Nutritional Attributes. Boca Raton, FL, CRC. 752 p.
93. Simeone, A. 1995. Destete precoz: una alternativa tecnológica para incrementar la productividad del rodeo de cría. Cangüé. no. 5: 22-27.

94. \_\_\_\_\_.; Beretta, V.; De León, M.; Silvera, E.; Torres, S.; Widmaier, G. 1997. Efecto del nivel de suplementación en pasturas sobre la ganancia de peso de terneros destetados precozmente. *Revista Argentina de Producción Animal*. 17 (supl. 1): 60-61.
95. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 118 p.
96. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2004. Uso de alimentos concentrados en sistemas ganaderos. ¿Es buen negocio suplementar al ganado? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (6<sup>a</sup>, 2004, Paysandú, UY). Manejo nutricional en ganado de carne. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 10-17.
97. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Bentancur, O. 2012. Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos. *Agrociencia (Montevideo)*. 17 (1):131-140.
98. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Elizalde, V.; Cortazzo, D.; Bentancur, O. 2013. Recría en pastoreo de terneros destetados precozmente en invierno en la R.O.U. *Revista Argentina de Producción Animal*. 33 (supl. 1): 1-9.
99. Spiehs, M. J.; Whitney, M. H.; Shurson, G. C. 2002. Nutrient database for distillers dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*. 80: 2639–2645.
100. Soca, P.; Cabrera, M.; Bruni, M. 2007. Niveles de suplementación, ganancia de peso vivo y conducta de vacunos en crecimiento bajo pastoreo de campo natural. *Agrociencia (Montevideo)*. 11 (1):1-10.
101. Stock, R.; Lewis, J.; Klopfenstein, T.; Milton, C. 1999. Review of New Information on the Use of Wet and Dry Milling Feed By-Products in Feedlot Diets. (en línea). Lincoln, Nebraska, University of Nebraska. 12 p. Consultado ago. 2017. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1565&context=animalscifacpub>
102. Suárez-Mena, F. X.; Hill, T. M.; Heinrichs, A. J.; Bateman, H. G.; Aldrich, J. M.; Schlotterbeck, R. L. 2011. Effects of including corn distillers dried grains with solubles in dairy calf feeds. *Journal of Dairy Science*. 94:3037–3044.
103. Tjardes, J.; Wright, C. 2002. Feeding corn distiller's co-products to beef cattle. (en línea). Brookings, South Dakota State University. College of Agriculture and Biological Sciences. 5 p. Consultado ago. 2017. Disponible en

[https://www.extension.umn.edu/agriculture/beef/components/docs/feeding\\_corn\\_distillers\\_grains\\_to\\_beef\\_cattle\\_sdsu.pdf](https://www.extension.umn.edu/agriculture/beef/components/docs/feeding_corn_distillers_grains_to_beef_cattle_sdsu.pdf)

104. USGC (United States Grains Council, US). 2012. A guide to distiller's dried grains with solubles. 3rd. ed. Washington, D. C. 406 p.
105. Vizcarra, J.1989. Algunas estrategias para el manejo del rodeo de cría. In: Estrategias de suplementación de pasturas en sistemas intensivos. Montevideo, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. pp. 1-15.
106. Zambarda, R.; Piva, J.; Pascoal, L. 2011. Desenvolvimento de bezerros de corte desmamados aos 80 ou 152 días até os 15-16 meses de idade. Revista Brasileira de Zootecnia. 40 (1): 221-229.

## 10. ANEXOS

### Anexo 1. Manejo durante el período pre-experimental

El período experimental fue precedido del período pre experimental, el cual constó de dos etapas: la fase de transición a la dieta sólida posterior al destete precoz de acuerdo con el protocolo reportado por Simeone y Beretta (2002), seguida de una fase de introducción gradual al consumo de DDGS. Al finalizar la primera fase todos los terneros consumían 0,5 kg de fardo y 1 kg de concentrado energético-proteico, no observándose rechazo en el comedero. Durante la segunda fase los terneros fueron manejados grupalmente por tratamiento en las mangas donde se realizó el destete precoz es decir los terneros fueron separados por tratamientos siendo suplementados al 1% del peso vivo además de 0,5 kg de fardo el cual no varió a lo largo de esta fase; se le comenzó ofreciendo a los 3 tratamientos que incluían DDGS, 33% del mismo y el resto, ración P19 (66% del suplemento), mientras que el tratamiento testigo (0% DDGS) sólo se le ofreció ración P19. Al día siguiente se aumentó la proporción de DDGS en los tratamientos S66 y S100, dando 66% de DDGS y 33% de ración P19, mientras que los otros dos tratamientos ya quedaron fijos. Por último se aumentó la concentración de DDGS en el tratamiento S100 de DDGS, en la cual se incluyó sólo DDGS para estos animales, quedando los demás tratamientos sin variar. El período pre experimental tuvo una duración de 17 días (02/01/2017 al 18/01/2017) donde la etapa uno se llevó a cabo en 12 días, mientras que los 5 días restantes corresponden a la siguiente etapa.

### Anexo 2. Actividad de pastoreo

En cuanto a la actividad de pastoreo la semana 8 presentó mayor probabilidad de encontrar un ternero pastoreando dentro de la franja que la semana 4 (0,5851 vs. 0,4291,  $P < 0,01$ ). Mientras que en los días dentro de la semana, en los días 4 y 6 la probabilidad de encontrar un ternero pastoreando fue mayor que en el día 2 lo cual se observa en la figura No. 11 ( $P < 0,01$ ).

### Anexo 3. Actividad de rumia

En lo que hace a la actividad de rumia la probabilidad de encontrar un ternero rumiando fue mayor en la semana 4 respecto a la semana 8 (0,1711 vs. 0,1282,  $P < 0,01$ ). Mientras que, en los días de permanencia en la semana, el día 2 la probabilidad de encontrar un ternero rumiando fue menor que el día 4 (0,1365 vs. 0,1646,  $P < 0,05$ ).

#### Anexo 4. Actividad de descanso

En la semana 4 se encontró mayor probabilidad de encontrar un ternero descansando respecto a la semana 8 (0,4002 vs. 0,2738,  $P < 0,01$ ). En el día 2 de permanencia dentro de la parcela hubo diferencia significativas respecto al 4 en la

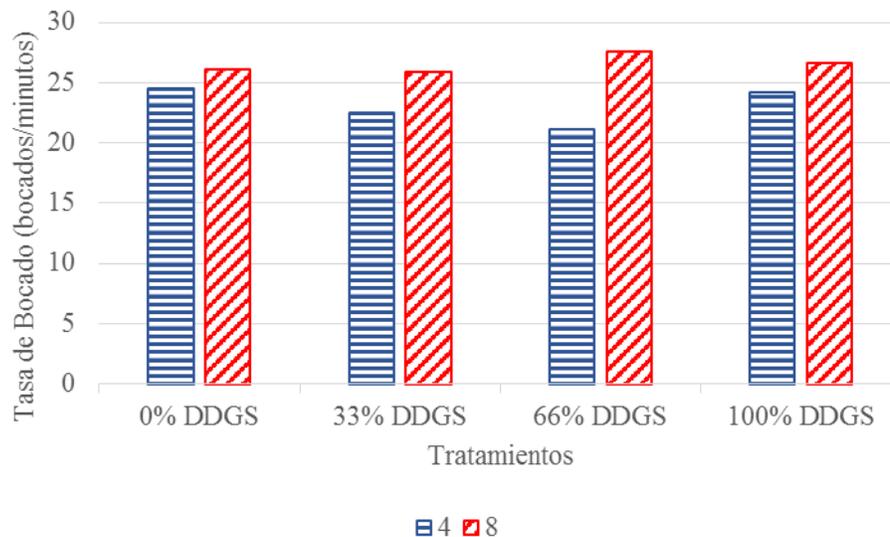
probabilidad de encontrar un ternero descansando (0,4080 vs. 0,2908,  $P<0,01$ ), mientras que no se registró diferencias significativas en la probabilidad de encontrar un ternero descansando entre los días 4 y 6 de permanencia en la parcela ( $P>0,05$ ).

#### Anexo 5. Tasa de bocado

En la semana 8 se registró una tasa de bocado promedio de 26,5 bocados/minutos, difiriendo significativamente de la tasa de bocado registrada en la semana 4 de 23,1 bocados/minuto. En el día 6 dentro de la semana la tasa de bocado fue significativamente mayor a la tasa de bocado observada en el día 4 de permanencia en la parcela (26,95 vs. 24,73,  $P<0,01$ ). Mientras que el día 4 se presentó mayor tasa de bocado, con diferencias significativas respecto al día 2 de la semana (24,73 vs. 22,79,  $P<0,01$ ).

#### Anexo 6. Interacción para tasa de bocado

En la figura No. 1 se representa la interacción TxS para la tasa de bocado.



Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P<0,01$ ) entre medias.

Figura No. 1. Tasa de bocado registrada en cada semana de medición según el nivel de sustitución de ración P19 por DDGS como suplemento de terneros/as destetados precozmente pastoreando pradera de festuca.

#### Anexo 7. Patrón diurno de pastoreo

En las figura No. 2 se presenta la probabilidad de encontrar un ternero en actividad de pastoreo en los diferentes días (2, 4 y 6) de la semana y durante diferentes

horas del día, respectivamente. Como se muestra en la figura No. 2 en los horarios de 7:30 a 10:30 y 10:30 a 12:30 la probabilidad de encontrar un ternero en actividad de pastoreo fue mayor en el día 4 respecto a los días 2 y 6 ( $P < 0,01$ ), no habiendo diferencias significativas entre estos dos días ( $P > 0,05$ ). En cuanto al horario de medición de las 12:30 a 14:30, la probabilidad de encontrar un ternero en actividad de pastoreo fue menor en el día 2 respecto al día 4 y 6 ( $P < 0,01$ ) sin diferencias entre estos dos días ( $P > 0,05$ ). Mientras que en el último horario de medición la probabilidad de encontrar un ternero en actividad en pastoreo fue mayor en los días 2 y 6 respecto al día 4 de medición ( $P < 0,01$ ).

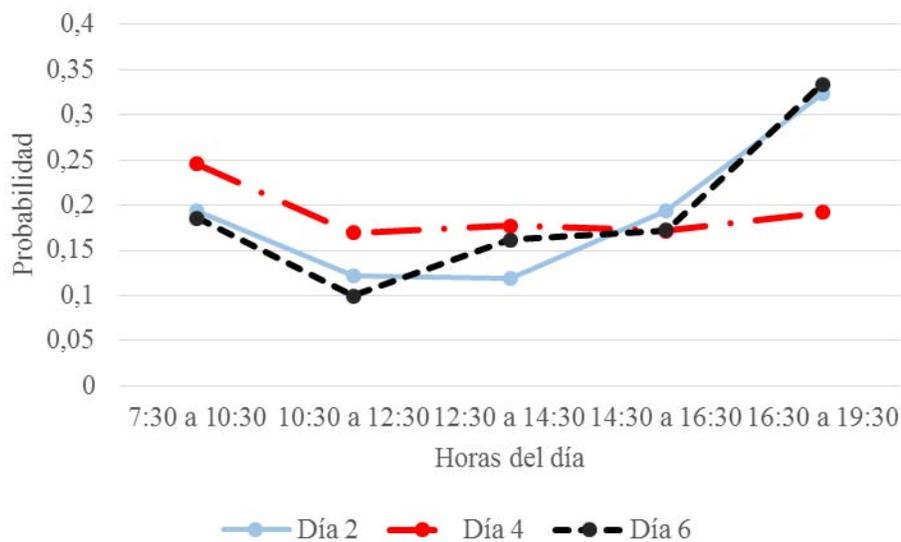


Figura No. 2. Probabilidad de encontrar un ternero/a destetado precozmente pastoreando la pradera de festuca según día de permanencia en la semana y el intervalo de horas del período de observación.

## ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

### Anexo 8. Disponibilidad de forraje

#### Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	4	0,21	0,8843
Semana	4	16	56,3	<.0001
Trat*semana	12	16	0,94	0,5319

### Anexo 9. Biomasa post pastoreo

#### Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	4	0,58	0,6569
Semana	4	16	60,92	<,0001
Trat*semana	12	16	1,86	0,1224

### Anexo 10. Utilización del forraje

#### Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	20	1,41	0,2685
Semana	4	20	0,89	0,4902
Trat*semana	12	20	0,44	0,9254

### Anexo 11. Altura del forraje de entrada

#### Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	4	0,84	0,5376
Semana	4	16	27,54	<,0001
Trat*semana	12	16	0,47	0,9032

### Anexo 12. Altura de rechazo del forraje

#### Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	20	0,93	0,4457
Semana	4	20	24,5	<,0001
Trat*semana	12	20	0,38	0,9564

Anexo 13. Consumo de MS de forraje en kg/animal/día

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	4	1,84	0,2798
Semana	4	16	4,76	0,0101
Trat*semana	12	16	0,39	0,9469

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	20	1,41	0,27
Semana	4	20	0,89	0,4906
Trat*semana	12	20	0,44	0,9264

Anexo 15. Consumo de MS de suplemento en kg/animal/día

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	4	4,16	0,101
Semana	9	36	694	<,0001
Trat*semana	27	36	1,65	0,0792

Anexo 16. Consumo de MS de suplemento en %PV

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	4	1	0,4789
Semana	9	36	1	0,4577
Trat*semana	12	36	1	0,4931

Anexo 17. Consumo de MS total en kg/animal/día

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	4	1.94	0.2646
Semana	4	16	6.64	0.0024
Trat*semana	12	16	0.40	0.9439

Anexo 18. Consumo de MS total en %PV

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F-Valor	Pr > F
Trat.	3	20	1.43	0.2624
Semana	4	20	0.90	0.4827
Trat*semana	12	20	0.44	0.9254

Anexo 19. Composición química del forraje consumido

Fracción proteína cruda

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F Valor	Pr>F
Trat.	3	0,3010375	0,10034583	1,15	0,4324

Fracción FDN

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F Valor	Pr>F
Trat.	3	0,90495	0,30165	2,54	0,1945

Fracción FDA

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F Valor	Pr>F
Trat.	3	213,54994	71,1833125	0,85	0,5342

Fracción ceniza

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F Valor	Pr>F
Trat.	3	138,35365	46,1178833	0,68	0,6077

Anexo 20. Altura de anca final

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F Valor	Pr>F
Trat.	3	2,0813902	0,69379673	0,27	0,8433
PVINI.	1	5,34884735	5,34884375	2,1	0,2434

Anexo 21. Eficiencia de conversión global

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F Valor	Pr>F
Trat.	3	0,67998314	0,22666105	1,07	0,478
PVINI.	1	0,00120892	0,00120892	0,01	0,9445

Anexo 22. Ganancia media diaria

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F Valor	Pr>F
Trat.	3	0,01876879	0,00625626	0,84	0,5534
PVINI.	1	0,00043838	0,00043838	0,06	0,8234

Anexo 23. Peso final de los terneros

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F Valor	Pr>F
Trat.	3	88,26794874	29,42264958	1,02	0,4923
PVINI.	1	56,4673323	56,4673323	1,97	0,2554

Anexo 24. Probabilidad de ocurrencia de cada actividad dentro del período de observación

Actividad de pastoreo

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	36	1,71	0,1828
Semana	1	36	85,21	<,0001
Día_dentrosem.	2	72	26,62	<,0001
Trat*semana	3	36	0,97	0,4157
Trat*día_dentrosem.	6	72	3,18	0,008

Actividad de rumia

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	36	0,21	0,8888
Semana	1	36	20,9	<,0001
Día_dentrosem.	2	72	2,77	0,0696
Trat*semana	3	36	1,2	0,3238
Trat*día_dentrosem.	6	72	3,77	0,0025

Actividad de descanso

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	36	3,2	0,0348
Semana	1	36	68,91	<,0001
Día_dentrosem.	2	72	32,54	<,0001
Trat*semana	3	36	0,4	0,7559
Trat*día_dentrosem.	6	72	0,78	0,5904

Anexo 25. Tasa de bocado

8:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	35	2,16	0,1101
Semana	1	35	5,46	0,0253
Día_dentrosem.	2	70	4,33	0,0168
Trat*semana	3	35	5,16	0,0046
Trat*día_dentrosem.	6	70	0,98	0,4481

11:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	35	3,22	0,0345
Semana	1	35	36,54	<,0001
Día_dentrosem.	2	70	10,8	<,0001
Trat*semana	3	35	3,3	0,0315
Trat*día_dentrosem.	6	70	2,6	0,0245

14:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	35	3	0,0437
Semana	1	35	14,59	0,0005
Día_dentrosem.	2	70	9,29	0,0003
Trat*semana	3	35	1,18	0,3326
Trat*día_dentrosem.	6	70	1,47	0,201

17:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	35	1,55	0,2193
Semana	1	35	33,5	<,0001
Día_dentrosem.	2	70	26,51	<,0001
Trat*semana	3	35	1,67	0,1908
Trat*día_dentrosem.	6	70	0,07	0,9983

19:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	35	1,28	0,2952
Semana	1	35	14,62	0,0005
Día_dentrosem.	2	70	18	<,0001
Trat*semana	3	35	2,5	0,0752
Trat*día_dentrosem.	6	70	0,9	0,4971

Anexo 26. Evolución de la altura de forraje dentro de la semana (CM)

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	4	0,29	0,8291
Semana	1	4	1,29	0,3202
Día_dentrosem.	7	28	126,04	<,0001
Trat*semana	3	4	0,13	0,9367
Trat*día_dentrosem.	21	28	1,47	0,1675
Trat*semana*día_dent.	28	28	1,37	0,2028
Alt. INI	1	59	17,56	<,0001

Anexo 27. Distribución de la probabilidad de ocurrencia de cada actividad cada 2 horas durante el período de observación

Actividad de pastoreo

De 7:30 a 10:30 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	36	5,74	0,0026
Semana	1	36	59,95	<,0001
Día_dentrosem.	2	72	7,91	0,0008
Trat*semana	3	36	6,74	0,001
Trat*día dentrosem.	6	72	0,64	0,7022

De 10:30 a 12:30 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	36	1,76	0,1725
Semana	1	36	92,11	<,0001
Día_dentrosem.	2	72	11,49	<,0001
Trat*semana	3	36	3,33	0,0302
Trat*día dentrosem.	6	72	3,66	0,0032

De 12:30 a 14:30 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	36	1,87	0,152
Semana	1	36	0,38	0,5409
Día_dentrosem.	2	72	9,09	0,0003
Trat*semana	3	36	3,15	0,0367
Trat*día dentrosem.	6	72	3,82	0,0023

De 14:30 a 16:30 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	36	0,04	0,9887
Semana	1	36	1,1	0,3007
Día_dentrosem.	2	72	2,22	0,1161
Trat*semana	3	36	2,23	0,1017
Trat*día_dentrosem.	6	72	2,36	0,0389

De 16:30 a 19:30 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	36	4,9	0,0059
Semana	1	36	63,31	<,0001
Día_dentrosem.	2	72	21,28	<,0001
Trat*semana	3	36	5,75	0,0025
Trat*día_dentrosem.	6	72	2,4	0,0363

Anexo 28. Tasa respiratoria

08:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	35	0,86	0,4717
Semana	1	35	36,19	<,0001
Día_dentrosem.	2	70	25,37	<,0001
Trat*semana	3	35	0,16	0,9218
Trat*día_dentrosem.	6	70	0,66	0,6798

14:00 horas

Tests de tipo 3 de efectos fijos

Efecto	Num. DF	Den. DF	F Valor	Pr>F
Trat.	3	35	4,51	0,0089
Semana	1	35	61,11	<,0001
Día_dentrosem.	2	70	19,65	<,0001
Trat*semana	3	35	1,35	0,2744
Trat*día_dentrosem.	6	70	4,71	0,0004