



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA  
AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: EFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN DE RESIDUOS DE  
CELULOSA EN PARÁMETROS PRODUCTIVOS, SANITARIOS,  
CALIDAD DE LA CARCASA Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES EN  
OVINOS**

**AUTORES: FLORES BALAREZO, ANDRÉS MARTÍN  
MOREJÓN PANEZO, HJELMAR LEONARDO**

**DIRECTOR: ING. VELA TORMEN, DIEGO ALONSO**

**SANGOLQUÍ**

**2018**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, *“EFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN DE RESIDUOS DE CELULOSA EN PARÁMETROS PRODUCTIVOS, SANITARIOS, CALIDAD DE LA CARCASA Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES EN OVINOS”* fue realizado por los señores: *Flores Balarezo, Andrés Martín y Morejón Panezo, Hjelmar Leonardo* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditarlo y autorizar a para que lo sustenten públicamente.

**Sangolquí, 18 de mayo de 2018**

**Ing. Vela Tormen Diego Alonso**

C.C. 170775453-5



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, *Flores Balarezo, Andrés Martín y Morejón Panezo, Hjelmar Leonardo*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Efectos de la suplementación de residuos de celulosa en parámetros productivos, sanitarios, calidad de la carcasa y digestibilidad de nutrientes en ovinos* es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Sangolquí, 18 de mayo de 2018**

**Flores Balarezo Andrés Martín**

C.C. 171858779-1

**Morejón Panezo Hjelmar Leonardo**

C.C. 172241008-9



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

*Nosotros, Flores Balarezo, Andrés Martín y Morejón Panezo, Hjelmar Leonardo autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: Efectos de la suplementación de residuos de celulosa en parámetros productivos, sanitarios, calidad de la carcasa y digestibilidad de nutrientes en ovinos en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.*

Sangolquí, 18 de mayo de 2018

**Flores Balarezo Andrés Martín**  
C.C. 171858779-1

**Morejón Panezo Hjelmar Leonardo**  
C.C.172241008-9

## DEDICATORIA

*A mis padres, Marcelo y Liliana, por su amor y apoyo a lo largo de mi vida, por todo el esfuerzo que han hecho para darme siempre lo mejor, gracias a sus consejos y su guía he llegado a alcanzar mis sueños y anhelos.*

*A mis hermanos, Felipe, Karla y Luciana, por ser una alegría en mi vida, por acompañarme en todo momento, han sido mis mejores amigos más que hermanos.*

*A Ana María mi gran amor, por haberme acompañado en las tristezas y alegrías a lo largo de toda mi carrera, por comprenderme, amarme y apoyarme, gracias por alegrar mis días y hacer de mí una mejor persona.*

***Andrés Martín Flores Balarezo***

*A mi madre, Patricia, por su amor incondicional, su ejemplo de lucha y perseverancia ante cualquier dificultad que se presente en la vida, por los valores inculcados, por estar pendiente de mí y ser mi gran motivación para seguir adelante, te amo con todo mi corazón.*

*A mi padre, Leonardo, por estar siempre conmigo y apoyarme en toda decisión tomada en mi vida.*

*A mi hermana y a toda mi familia, por sus consejos, compañía y apoyo incondicional.*

*A mi novia, Dayana, por el amor que me has dado durante todo este tiempo juntos, por estar conmigo en los buenos y malos momentos, por ser mi gran amor, compañera y amiga.*

***Hjelmar Leonardo Morejón Panezo***

## AGRADECIMIENTO

*Extendemos el más sincero agradecimiento a las personas e instituciones que fueron participes en la ejecución y culminación de nuestro proyecto de investigación.*

*Al Grupo Familia Sancela del Ecuador S.A, por el apoyo y financiamiento para el oportuno desarrollo de nuestro proyecto de titulación.*

*A la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE y a la Facultad de Ingeniería Agropecuaria – IASA I, por habernos brindado la oportunidad de avanzar en nuestros estudios, así como a nuestros profesores por transmitirnos valiosos conocimientos y su ayuda diaria.*

*Al Ing. Diego Vela, por darnos su apoyo y respaldarnos a lo largo del desarrollo de nuestro proyecto.*

*Al Dr. Christian Ponce, por todos sus consejos, enseñanzas y apoyo, gracias por darnos su confianza y permitirnos desarrollar este proyecto, para nosotros ha sido un gusto el haber trabajado con usted.*

*Al Dr. César Ulloa, por brindarnos su apoyo y colaboración, por haber dedicado un valioso tiempo en aportar sus conocimientos y sugerencias de manera desinteresada.*

*A todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de nuestro proyecto.*

*Cordialmente,*

***Martín y Leonardo***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN ..... i

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD ..... ii

AUTORIZACIÓN ..... iii

DEDICATORIA ..... iv

AGRADECIMIENTO ..... v

ÍNDICE DE CONTENIDO ..... vi

ÍNDICE DE TABLAS ..... xi

ÍNDICE DE FIGURAS ..... xiii

RESUMEN ..... xiv

ABSTRACT ..... xv

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema ..... 1

1.2 Antecedentes ..... 2

1.3 Justificación del problema ..... 3

1.4 Objetivos ..... 4

1.4.1 General ..... 4

1.4.2 Específicos ..... 4

1.5 Hipótesis ..... 5

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 El ovino ..... 6

2.1.1	Generalidades .....	6
2.1.2	Clasificación taxonómica.....	6
2.1.3	Producción ovina .....	7
2.2	Razas cárnicas .....	8
2.2.1	Dorper.....	8
2.2.2	Katahdin .....	10
2.2.3	Cruza Katahdin × Dorper.....	11
2.3	Sistemas de alimentación.....	13
2.3.1	Pastoreo .....	13
2.3.2	Semiestabulación .....	14
2.3.3	Estabulación .....	14
2.4	Nutrición en ovinos .....	15
2.4.1	Alimentación y nutrición .....	15
2.4.2	Consumo de alimento.....	16
2.4.3	Requerimientos nutricionales del ovino .....	16
2.4.3.1	Proteína .....	17
2.4.3.2	Energía .....	18
2.4.3.3	Minerales.....	19
2.4.3.4	Vitaminas .....	22
2.4.3.5	Agua .....	23
2.5	Ingredientes comúnmente usados en la alimentación de ovinos .....	24
2.5.1	Pastos y forrajes .....	24
2.5.1.1	Gramíneas .....	25
2.5.1.2	Leguminosas.....	26



2.5.2	Concentrados .....	28
2.5.2.1	Fuentes proteicas .....	28
2.5.2.2	Fuentes energéticas .....	29
2.5.3	Residuos agroindustriales .....	29
2.5.4	Residuos industriales.....	30
2.6	Industria papelera.....	31
2.6.1	Procesamiento .....	32
2.6.1.1	Fuentes de fibra.....	32
2.6.1.2	Preparación de la pulpa.....	33
2.6.2	Sub-productos.....	34
2.7	Metabolismo ruminal de los hidratos de carbono.....	35
2.7.1	Clasificación y contenido de hidratos de carbono en alimentos.....	36
2.7.2	Carbohidratos y la fermentación ruminal .....	37
2.7.3	Destino de los productos de la fermentación de carbohidratos .....	38
2.8	Uso de residuos de celulosa.....	38

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1	Ubicación del lugar de investigación .....	41
3.1.1	Ubicación política.....	41
3.1.2	Ubicación geográfica.....	42
3.1.3	Ubicación ecológica .....	42
3.2	Materiales.....	42
3.2.1	Materiales de campo.....	42
3.2.2	Materiales de laboratorio .....	43

3.2.3	Fármacos .....	43
3.2.4	Insumos para balanceados .....	44
3.3	Métodos.....	44
3.3.1	Diseño experimental.....	45
3.3.1.1	Factores a probar.....	45
3.3.1.2	Tratamientos a comparar .....	45
3.3.1.3	Tipo de diseño .....	45
3.3.1.4	Características de las unidades experimentales .....	45
3.3.1.5	Croquis experimental .....	46
3.3.1.6	VARIABLES EVALUADAS .....	46
3.3.2	Manejo específico del experimento.....	47
3.3.2.1	Diseño de las instalaciones.....	47
3.3.2.2	Dietas experimentales .....	47
3.3.2.3	Recepción y adaptación de animales.....	48
3.3.2.4	Conformación de tratamientos .....	49
3.3.2.5	Toma de datos .....	49
3.3.2.5.1	Parámetros productivos.....	49
3.3.2.5.2	Parámetros sanitarios.....	51
3.3.2.5.3	Digestibilidad de nutrientes.....	52
3.3.2.5.4	Calidad de carcasa .....	53
3.3.3	Análisis de laboratorio .....	56
3.3.4	Análisis estadístico .....	56
3.3.4.1	Modelo matemático .....	56
3.3.4.2	Esquema del análisis de varianza .....	57

3.3.4.3	Análisis de datos .....	57
3.3.5	Análisis económico.....	58

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1	Parámetros productivos .....	59
4.2	Parámetros sanitarios .....	64
4.3	Digestibilidad de nutrientes .....	67
4.4	Calidad de carcasa.....	71
4.5	Perfil de ácidos grasos y aminoácidos.....	75
4.6	Análisis económico.....	82

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	84
5.2	Recomendaciones.....	85
5.3	Bibliografía .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Características productivas de la raza Dorper.....</i>	9
<b>Tabla 2</b>	<i>Características productivas de la raza Katahdin .....</i>	10
<b>Tabla 3</b>	<i>Características productivas de la craza Katahdin x Dorper .....</i>	13
<b>Tabla 4</b>	<i>Requerimientos diarios de nutrientes para ovinos.....</i>	17
<b>Tabla 5</b>	<i>Requerimientos de macro-minerales y micro-minerales para ovinos .....</i>	21
<b>Tabla 6</b>	<i>Composición nutricional de diferentes pasturas utilizadas en la alimentación ovina .....</i>	28
<b>Tabla 7</b>	<i>Composición química analizada del residuo de celulosa .....</i>	32
<b>Tabla 8</b>	<i>Tratamientos a comparar en la investigación.....</i>	45
<b>Tabla 9</b>	<i>Ingredientes y análisis químico (% base seca) de las dietas experimentales.....</i>	48
<b>Tabla 10</b>	<i>Esquema de análisis de varianza. ....</i>	57
<b>Tabla 11</b>	<i>Efecto de la suplementación de residuos de celulosa en el consumo de materia seca en corderos .....</i>	61
<b>Tabla 12</b>	<i>Efecto de la suplementación de residuos de celulosa en parámetros productivos en corderos .....</i>	63
<b>Tabla 13</b>	<i>Efecto de la suplementación de residuos de celulosa en parámetros sanitarios en corderos .....</i>	65
<b>Tabla 14</b>	<i>Efecto de la suplementación de residuos de celulosa en el consumo y digestibilidad de nutrientes en corderos durante un periodo de 5 días de digestión.....</i>	68
<b>Tabla 15</b>	<i>Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre el</i>	

	<i>rendimiento y calidad de carcasa en corderos .....</i>	73
<b>Tabla 16</b>	<i>Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre rendimiento por corte de carne en corderos .....</i>	74
<b>Tabla 17</b>	<i>Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre flank streaking y conformación de la carcasa en corderos.....</i>	75
<b>Tabla 18</b>	<i>Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre el contenido (g/100 g de músculo fresco) de ácidos grasos del músculo Biceps femoris de corderos Dorper x Katahdin.....</i>	76
<b>Tabla 19</b>	<i>Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre el contenido (g/100 g de músculo fresco) de aminoácidos del músculo Biceps femoris de corderos Dorper x Katahdin.....</i>	79
<b>Tabla 20</b>	<i>Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre el contenido (g/100 g de tejido fresco) de ácidos grasos del tejido sub-cutáneo de corderos Dorper x Katahdin .....</i>	81
<b>Tabla 21</b>	<i>Análisis de beneficio/costo .....</i>	83

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b>	Ejemplar macho de la raza Dorper .....	9
<b>Figura 2</b>	Ejemplar macho de la raza Katahdin .....	11
<b>Figura 3</b>	Ejemplar macho de la craza Katahdin × Dorper .....	12
<b>Figura 4</b>	Residuo de celulosa producido por .....	31
<b>Figura 5</b>	Método mecánico para la obtención de pulpa de celulosa .....	33
<b>Figura 6</b>	Ubicación del sitio experimental .....	41
<b>Figura 7</b>	Ubicación de bloques y tratamientos dentro del experimento .....	46
<b>Figura 8</b>	Escala de calificación del aspecto de las heces .....	51
<b>Figura 9</b>	Medición de la profundidad de la grasa .....	54
<b>Figura 10</b>	Medición del área de ojo de bife .....	54
<b>Figura 11</b>	Escala Flak Streaking Classes para carcasas de ovinos .....	55
<b>Figura 12</b>	Escala de conformación de carcasa para ovinos .....	55

## RESUMEN

Los efectos de la inclusión de dos niveles de residuos de celulosa (RC) en el desempeño productivo, digestibilidad de nutrientes, estatus sanitario y características de la canal en corderos fueron estudiados. Veinte y cuatro corderos (Peso vivo inicial  $25.8 \pm 4.2$  kg) fueron aleatoriamente asignados a una de las tres dietas experimentales. Las dietas de los tratamientos contenían RC en 0 (control), 7.5 o 15%. Los animales fueron alimentados individualmente por 68 d. A los 38 d, una prueba de digestibilidad fue realizada. Las características de las carcasas fueron medidas al final de periodo de alimentación. Los datos fueron analizados usando el procedimiento mixto de SAS como un DBCA. Las medias fueron separadas por los contrastes de 0 vs promedio de 7.5 y 15% de RC y 7.5 vs 15% de RC. Los tratamientos no tuvieron ningún efecto significativo en todos los parámetros productivo evaluados ( $P>0.138$ ). La digestibilidad de MS fue reducida por la suplementación de RC ( $P<0.001$ ) comparado a los corderos alimentados con el grupo control. La digestibilidad de la FDA se incrementó por la inclusión del RC ( $P=0.049$ ), y la digestibilidad de la FDN tendió a disminuir en los corderos alimentados con el RC ( $P=0.053$ ). Las características de las carcasas no fueron alteradas por el régimen de alimentación con excepción del PV vacío ( $P=0.05$ ). Los resultados de este experimento sugieren que las dietas con inclusión de RC hasta un 15% de MS no tuvieron ningún impacto en el desempeño productivo y calidad de carcasa.

### **Palabra clave.-**

- **CORDEROS**
- **RESIDUO DE CELULOSA**
- **CARACTERÍSTICAS DE LA CARCASA**
- **DESEMPEÑO PRODUCTIVO**
- **DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES**

## ABSTRACT

The effects of including two levels of cellulose residue (CR) on performance, nutrient digestibility, health parameters and carcass characteristics of lambs were studied. Twenty-four lambs ( $25.8 \pm 4.2$  kg initial body weight) were randomly allocated to 1 of 3 experimental diets. Treatment diets contained CR at 0 (Control), 7.5 or 15%. Animals were fed individually for 68 d. At d 38, a digestibility trial was accomplished. Carcass characteristics were measured at the end of the feeding trial. Data were analyzed using the mixed procedures of SAS as a completely randomized block design. Means were separated by the contrasts of 0 vs average of 7.5 and 15% CR and 7.5 vs 15% CR. Dietary treatment did not have any significant effect on all performance parameters evaluated ( $P>0.138$ ). Dry matter digestibility was reduced by CR supplementation ( $P<0.001$ ) compared to lambs fed the control group. Acid detergent fiber digestibility was increased by CR inclusion ( $P=0.049$ ), and FDN digestibility tended to decreased on lambs fed CR ( $P=0.053$ ). Carcass characteristics were not altered by feeding regimen with exception of final empty BW ( $P=0.05$ ). Results from this experiment suggested that dietary inclusion of CR up to 15% DM did not have any impact on performance and carcass quality.

### Keywords.-

- **LAMBS**
- **CELLULOSE RESIDUE**
- **CARCASS CHARACTERISTICS**
- **LAMB PERFORMANCE**
- **NUTRIENT DIGESTIBILITY**



## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

La alimentación animal, es un factor limitante dentro de los sistemas de producción de fuentes de proteína de origen animal para el hombre. La producción de rumiantes en el Ecuador, enmarcado en un sistema de producción extensiva se basa en condiciones de pastoreo. Dentro de este sistema productivo, se busca la dotación de los nutrientes a través del pasto que los rumiantes necesitan para soportar tasas de mantenimiento y de producción que se acerquen a su potencial genético. Es muy frecuente la suplementación de concentrados durante etapas de mayor necesidad por parte del animal, y durante déficits del pasto. Sin embargo, la suplementación de concentrados involucra un alto costo de alimentación, por ende varios productores buscan nuevas alternativas más económicas. Por lo antes mencionado, algunos subproductos de distintas industrias son usados como una fuente alternativa de energía, como la pulpa de remolacha, lodo de palma, pulpa de papel, entre otros desechos (Asghar, Khan, & Mushtaq, 2008).

En la actualidad existen varias fábricas dedicadas a la producción de papel, las cuales son una de las principales industrias generadoras de residuos sólidos y efluentes en el mundo. En la mayoría de los casos, el residuo sólido como la pulpa reciclada de papel es depositado en quebradas, terrenos y rellenos sanitarios. Dando como resultado impactos ambientales negativos, así como preocupaciones sociales, entre los usuarios intermedios (Asghar, Khan, & Mushtaq, 2008).

## 1.2 Antecedentes

La problemática de los residuos de celulosa no es un tema nuevo, la búsqueda de mecanismos para eliminarlos o de reutilizarlos ha sido siempre de interés, por esta razón, la alternativa de incorporar distintos tipos de papel e incluso cartón en dietas para rumiantes no es algo reciente, esta idea data de tiempo atrás y ya ha sido probada por algunos investigadores en el mundo. Por ejemplo, (Coombe & Briggs, 1974) probaron el potencial del uso de papel como alimento para ovinos, en el cual analizaron la digestibilidad in vitro de la materia orgánica de varios tipos de papel y obtuvieron valores entre 22 a 65%. Además, usaron una alimentación basada en un forraje henificado más pellets compuestos por 65% de papel (52.5% digestibilidad in vitro), 32% harina de linaza y 3% minerales en carneros castrados, los cuales tuvieron en promedio una ganancia de peso de 117 g/día.

Por otro lado, (Malik, Razzaque, Yateem, Dandan, & Al-Bather, 1999) probaron el uso de una dieta basada en cartón fermentado enriquecido con proteína y un concentrado en distintas relaciones 0:100 (control), 25:75 (25%), 50:50 (50%) y 75:25 (75%), junto con 200g de heno de alfalfa para determinar la habilidad del cartón para reemplazar cereales en la dieta en corderos machos raza Naeemi. En este experimento se obtuvieron los siguientes valores para la ganancia diaria de peso: 279, 224, 146 y 86 g, y de conversión alimenticia: 5.1, 6.7, 7.7 y 11.3 para el control, 25%, 50% y 75%, respectivamente. Observándose que a medida que se incrementaba el nivel de cartón enriquecido con proteína, la ganancia diaria de peso se reducía y de forma opuesta para la conversión alimenticia. Además, se reportó que el peso de las carcasas fue significativamente más bajo para los tratamientos 50% y 75%.

Otro estudio de suplementación de residuos de celulosa fue conducida por (Abo, 2001), en el cual el objetivo de su investigación fue el probar los efectos nutricionales del uso de cartón corrugado. En este experimento se suministró a un primer grupo de corderos machos raza Awassi una dieta control basada en 40% cebada, 16% harina de soya, 12% afrecho de trigo, 1% caliza, 1% sal, 1% pre-mezcla para corderos y 29% paja de trigo; a un segundo grupo de corderos se les incorporó la misma dieta con un 10% de cartón en vez de la paja de trigo; y a un tercer grupo con un 20% de cartón en vez de la paja de trigo. Las ganancias diarias de peso fueron de 210, 200 y 205 g para cada uno de los grupos, respectivamente. El promedio de las conversiones alimenticias fueron de 6.3, 6.7 y 6.8 kg de alimento por kg de peso ganado para cada grupo, respectivamente. Finalmente, el costo del alimento por kilogramo ganado fue de US\$ 0.94, 0.87 y 0.74 para cada tratamiento. Por lo tanto, se redujo el costo en \$0.20 al utilizar un 20% de cartón en la dieta.

Previo al presente estudio, se realizaron pruebas de digestibilidad in situ del residuo de celulosa proveniente de la empresa Familia Sancela S.A., obteniendo una digestibilidad a las 24 horas de 40.02% y las 48 horas de 82.83%. Los antecedentes entregados indican un potencial uso de los residuos de la empresa papelera en alimentación de animales. En los casos expuestos se reportan experiencias en el ganado ovino, pero existen de igual forma investigaciones realizadas en otro tipo de rumiantes como en el caso de ganado bovino. Así, el uso de residuos producidos por la industria papelera, como es el residuo de celulosa, tienen un uso potencial en la alimentación animal.

### **1.3 Justificación del problema**

La fabricación de distintos productos a base de fuentes de origen vegetal o animal involucra la generación indirecta de varios subproductos, que por lo general estos suelen ser sometidos a tratamientos previos ya sea para su eliminación en un vertedero o destinados a su reutilización en

el sector agropecuario. Ejemplo de esto, es la industria procesadora de celulosa para la producción de papel (Familia Sancela S.A.), la cual produce alrededor de 40 toneladas diarias de residuos de celulosa. Lo que representa una potencial alternativa para el uso de este subproducto como suplementación de alimento de las raciones en rumiantes (ovinos).

La presente investigación supone una solución alternativa ante la constante demanda de nuevas fuentes alimenticias, y la mitigación de un posible impacto ambiental que puede generar el residuo de celulosa generado por parte de la empresa papelera. En la actualidad se buscan nuevos métodos para el aprovechamiento de este residuo, como es su aplicación en insumos para la construcción (ladrillos), elaboración de humus, incorporación en suelos y alimentación animal. En el último caso, este residuo al ser una fuente de celulosa es potencialmente aprovechable por los rumiantes, la cual se transforma en energía para sus procesos metabólicos de mantenimiento, desarrollo y producción.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

- Evaluar los efectos de la suplementación de residuos de celulosa en parámetros productivos, sanitarios, calidad de carcasa y digestibilidad de nutrientes en ovinos.

### **1.4.2 Específicos**

- Determinar el efecto de diferentes niveles de residuos de celulosa en el consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia en ovinos.
- Evaluar el efecto de la alimentación con diferentes niveles de residuos de celulosa en el estatus sanitario durante el periodo de engorde en ovinos.

- Evaluar el efecto de la alimentación con diferentes niveles de residuos de celulosa en las características de peso a la canal, profundidad de la grasa, área del músculo, conformación de la carcasa e infiltración de la grasa en ovinos al momento del faenamiento.
- Evaluar el efecto de diferentes niveles de residuos de celulosa sobre el porcentaje de digestibilidad de nutrientes en ovinos.
- Identificar el tratamiento con el cual se obtienen los mejores beneficios al usar distintos niveles de residuo de celulosa como suplemento alimenticio en ovinos.

### **1.5 Hipótesis**

**Ho:** La suplementación de residuos de celulosa **no** tiene un efecto en parámetros productivos, sanitarios, calidad de la carcasa y digestibilidad de nutrientes en ovinos.

**Hi:** La suplementación de residuos de celulosa tiene un efecto en parámetros productivos, sanitarios, calidad de la carcasa y digestibilidad de nutrientes en ovinos.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 El ovino

##### 2.1.1 Generalidades

El ovino es un rumiante que tiene la capacidad de adaptarse a condiciones extremas de clima, lo cual depende de la raza y su lugar de procedencia. Son animales gregarios, por lo que permanecen juntos mientras pastorean. Se alimentan de hierba fresca y se les puede suministrar alimento balanceado fácilmente, ya que utilizan su complejo aparato digestivo para realizar el proceso de rumia y absorción de nutrientes. La dieta usual de los ovinos es el forraje, ensilaje, y heno, aunque también pueden consumir granos (Vega & García, 2011).

##### 2.1.2 Clasificación taxonómica

<b>Reino:</b>	Animal
<b>Subreino:</b>	Mamífero
<b>Tipo:</b>	Cordados
<b>Clase:</b>	Mamíferos
<b>Orden:</b>	Ungulado
<b>Suborden:</b>	Artiodáctilos
<b>Familia:</b>	Bóvidos
<b>Subfamilia:</b>	Caprinae
<b>Género:</b>	<i>Ovis</i>
<b>Especie:</b>	<i>Ovis aries</i>

### **2.1.3 Producción ovina**

La producción ovina constituye una fuente de proteína animal para satisfacer las necesidades nutricionales humanas, además, brinda una variada gama de productos como leche, lana, piel, carne, entre otros. Los ovinos presentan una buena adaptabilidad a climas templados, tropicales y subtropicales, como también un fácil manejo de la explotación (Lema & Cacuango, 2012).

Alrededor del mundo se estima que existen 1.200 millones de cabezas de ganado ovino, donde la mayor parte del mismo se encuentra en Asia y Oceanía. En la actualidad, los ovinos se crían en la mayoría de los países, debido a que la lana constituye el 5% de la fibra textil del mundo (Dirección de Educación Agraria, 2012).

Australia es el mayor productor de lana, alcanzando el 29% de la producción mundial, otros países productores son China, Nueva Zelanda, Argentina, Sudáfrica y Uruguay. En cuanto a la producción de carne ovina, Nueva Zelanda es el mayor exportador superando el 50% del total de la producción mundial (Dirección de Educación Agraria, 2012).

Según el (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2016), en el Censo Nacional Agropecuario 2016, las cabezas de ovinos presentes en el Ecuador representan aproximadamente el 15% del total del ganado en el país, el cual incluye ganado vacuno, porcino, ovino y caprino. El total de cabezas de ovinos supera los 1.13 millones, del cual más del 98% se encuentra en la región sierra, y la provincia que lidera la lista, según la tenencia de cabezas de ovino, es Chimborazo con más del 29%. El número total de Unidades Productivas Agropecuarias (UPAs) dedicadas a la crianza de ovinos en el país es de 178 mil, de las cuales más del 76% son de menos de 5 hectáreas y poseen el 58% del ganado ovino del país. La raza criolla es la predominante, la cual representa el 93% de las razas utilizadas, y el sistema productivo más utilizado es al pastoreo usado por el 94% de las

UPAs. Además, el consumo per cápita/año de la carne ovina es de 0.62 kg, lo cual es una consecuencia de la falta de presencia del producto y la disminución del hábito de consumo, limitándose a el consumo estacional en el campo, autoconsumo rural (Monteros, 2009).

## **2.2 Razas cárnicas**

La mejor forma de categorizar las razas de ovinos es por medio de su propósito productivo, de esta forma se puede encontrar razas con un mejor desempeño en la producción de carne, leche o lana. Adicionalmente, existen muchas razas catalogadas como de doble y hasta triple propósito (e.g. producen lana, leche y carne).

En el Ecuador existen diversas razas con distintos potenciales productivos, entre las cuales podemos encontrar: Corriedale, Suffolk, Pelibuey, Rambouillet, East Friesian, Cheviot, Blackbelly, Merino, Katahdin, Dorper y Criolla. Razas como la Dorper y Katahdin son ampliamente utilizadas para la producción de carne de calidad, además de otras importantes cualidades, las cuales las ubican como una atractiva elección al momento de elegir una raza cárnica. A continuación se describirán algunas características importantes de estas razas.

### **2.2.1 Dorper**

Esta raza tiene origen sudafricano mediante el cruzamiento de animales Dorset Horn y Persian Black Head en el año de 1930. Es un animal que se caracteriza por su alta rusticidad, por lo tanto se puede adaptar a condiciones severas de alimentación como de clima. La raza Dorper ha obtenido las mejores características de las razas de las cuales origina. Por ejemplo, tiene un gran poder de adaptación a distintas condiciones ambientales como son áridas, frías, templadas, tropicales y húmedas. Esta habilidad le ha permitido distribuirse ampliamente por todo el mundo (Cárdenas, 2010).



**Tabla 1**  
*Características productivas de la raza Dorper*

<b>Ítem</b>	<b>Valor</b>
Taza de concepción, %	75-90
Corderos nacidos por hembra preñada, %	83-157
Corderos destetados por hembra preñada, %	81-134
Peso al nacimiento, kilogramos	4.1-5
Supervivencia hasta el destete, %	80-96
Edad aconsejada para la reproducción de la hembra, meses	8-9 (peso mínimo 40 kilos)
Madurez sexual del macho, meses	5-6
Ganancia diaria de peso desde el nacimiento hasta el destete, gramos/día	188-282
Ganancia diaria de peso desde el destete al sacrificio, gramos/día	65-260
Eficiencia alimenticia, %	7.1-10.7

Fuente: (Facey Group, 2013)

Los Dorper son una raza que posee una madurez sexual temprana, son de temperamento manso y de apariencia robusta (Figura 1). Las hembras son de fuerte instinto maternal, facilidad de parto y larga vida productiva. Además, los corderos logran excelentes pesos tanto al nacimiento como al destete. Según (Facey Group, 2013), las características productivas de la raza Dorper (Tabla 1) varían según el sistema productivo, manejo, condiciones ambientales y alimentación que poseen diversas fincas. A mejores prácticas productivas y dietas de alta calidad, la raza podrá mostrar su mejor potencial productivo.



**Figura 1** Ejemplar macho de la raza Dorper

Fuente: (Cárdenas, 2010)

### 2.2.2 Katahdin

El desarrollo de la raza empezó al final de 1950 con la importación de un pequeño número de ovejas de pelo del Caribe por Michael Piel, granjero del estado de Maine, Estados Unidos. El objetivo de esta cruce era el combinar el pelaje, prolificidad y rusticidad de las ovejas de las Islas Vírgenes con la conformación de la carne y la tasa de crecimiento de las razas de lana. Se comenzó con la cruce entre las ovejas de pelo y varias razas Británicas, especialmente Suffolk. Después de casi 20 años de cruzar los híbridos resultantes y la selección de individuos con la combinación deseada, se obtuvo un rebaño de ovejas a las cuales se las llamó Katahdin debido al monte Katahdin localizado en Maine. El resultado del cruce fue un animal con mejor carne y con adaptación al clima cálido (Cárdenas, 2010).

**Tabla 2**

*Características productivas de la raza Katahdin*

Ítem	Valor
Taza de concepción, %	74-98
Corderos nacidos por hembra preñada, %	130-168
Corderos destetados por hembra preñada, %	123-162
Peso al nacimiento, kilogramos	3.1-5.05
Supervivencia hasta el destete, %	92-97
Edad aconsejada para la reproducción de la hembra, meses	9-11 (peso mínimo 40 kilos)
Ganancia diaria de peso desde el nacimiento hasta el destete, gramos/día	150-388
Ganancia diaria de peso desde el destete al sacrificio, gramos/día	120-300
Eficiencia alimenticia, %	9.1

Fuente: (Sánchez, 2012)

La raza Katahdin no tiene lana, es de cuidado fácil, es una oveja de tipo cárnica, naturalmente tolerante a condiciones climáticas extremas y capaces de tener altos rendimientos en una amplia variedad de ambientes. El propósito de esta raza es la eficiencia en la producción de carne. Esta

raza no necesita ser esquilada. El color de su pelaje puede tener cualquier color o patrón (Katahdin Hair Sheep International, 2017).

Los animales Katahdin son musculosos, de tamaño mediano (Figura 2). Las hembras presentan buena aptitud maternal y producción de leche. Poseen gran potencial en la fertilidad y supervivencia de corderos (Tabla 2). Los corderos crecen y maduran rápidamente a un peso aceptable por el mercado y producen carcasas relativamente delgadas y bien musculadas con textura muy suave. El peso de las hembras maduras en pie puede oscilar entre 60 a 80 kilogramos y el de los machos adultos entre 80 y 140 kilogramos, sin embargo se recomienda faenar a los animales para el mercado cuando alcanzan los 45 kilogramos (Partida, Braña, Jiménez, Ríos, & Buendía, 2013).



**Figura 2** Ejemplar macho de la raza Katahdin

Fuente: (Katahdin Hair Sheep International, 2017)

### **2.2.3 Cruza Katahdin × Dorper**

Entre las cruza de pelo, la Katahdin × Dorper es la cruza más popular. Algunas características importantes de esta cruza son: la resistencia a parásitos, buenos comportamientos productivos

(Tabla 3), mejores cualidades de muda de pelaje y la elevada tasa de reproducción de la raza Katahdin es balanceada con el crecimiento superior y la musculatura de la raza Dorper. Además, el vigor híbrido es otra razón para realizar una cruce de este tipo. El vigor híbrido es cuando el desempeño productivo de la descendencia de la cruce es superior al promedio del desempeño de los padres (Sheep 201, 2017).



**Figura 3** Ejemplar macho de la cruce Katahdin × Dorper

Los ovinos de pelo y carne, como los Katahdin y Dorper, son ideales para realizar cruces. Existen muchas razones para cruzar ovinos de pelo. La razón de mayor importancia es la ventaja de complementar las debilidades de una raza con las fortalezas de otra y viceversa. Los ovinos de pelo tienden a sobresalir en la resistencia y rasgos reproductivos, pero carecen de crecimiento y calidad de carcasa comparada con las razas de lana de carne. Así, cruzando hembras de pelo con machos de lana de carne (Suffolk, Hampshire, Texel), corderos superiores en el mercado serán producidos, y las características del ovino de pelo se mantendrán. Todos los corderos productos de esta cruce serán adecuados para la producción de carne (Sheep 201, 2017).

**Tabla 3**  
*Características productivas de la cruce Katahdin x Dorper*

Ítem	Valor
Peso al nacimiento, kilogramos	3.3
Peso al destete, kilogramos	17.9
Consumo promedio de alimento, kilogramos	1.33
Ganancia diaria de peso desde el nacimiento hasta el destete, gramos/día	228
Ganancia diaria de peso desde el destete al sacrificio, gramos/día	298
Conversión alimenticia, kilogramo/kilogramo	4.46
Rendimiento comercial a la canal, %	50.83
Rendimiento verdadero a la canal, %	55.25
Espesor grasa subcutánea, mm (edad: 137 días)	3.62
Área del musculo <i>L. dorsi</i> , cm <sup>2</sup> (edad: 137 días)	15.87

Fuente: (Vázquez, Partida de la Peña, Rubio, & Méndez, 2011)

## 2.3 Sistemas de alimentación

### 2.3.1 Pastoreo

Es un sistema de crianza donde el animal adquiere su alimento pastoreando a voluntad durante el día. Se puede encontrar métodos de pastoreo continuo, rotacional e intensivo. Estos sistemas dependen del control de los hábitos de pastoreo de los animales. Se controla que animales van a pastorear, además de cuándo, cómo y por cuánto tiempo una determinada pastura se va a pastorear. Se debe tomar en cuenta que un sobre o sub pastoreo generará un daño progresivo a las pasturas, así como al suelo (Lema & Cacuango, 2012).

En el caso de los ovinos, estos tienen una boca más angosta y labios más flexibles que el ganado vacuno; por lo tanto, estos pueden ser más selectivos al momento de pastorear mediante la toma de bocados individuales. Además, estos evitan consumir pasturas viejas y maduras, especialmente

tallos que contienen semillas. Los ovinos usualmente pastorean por 9 a 11 horas/día y rumian por 7 a 10 horas/día (Lema & Cacuango, 2012).

### **2.3.2 Semiestabulación**

El sistema de semiestabulación o de estabulación parcial consiste en confinar a los animales por un periodo de tiempo determinado o un lapso de tiempo durante el día (7 am a 12 am e incluso hasta las 5 pm) con el fin de suministrarles parte de su alimentación diaria en un comedero (suplemento alimenticio, heno, ensilaje, etc.) y el resto de su ración será consumida en el potrero. El tiempo que se retiene a los animales en el establo depende de la cantidad de alimento que se suministra dentro de la instalación (Arronis, 2009).

### **2.3.3 Estabulación**

El sistema de estabulación consiste en el confinamiento de los animales durante toda su vida bajo estructuras adecuadas, las cuales cuentan con todo el equipamiento necesario para su desarrollo y cuidado. El tipo de construcción puede variar desde estructuras muy simples con techo y paredes parciales a complejas estructuras con bebederos y comederos automáticos. Dentro de estos sistemas se emplea mano de obra calificada y asesoría técnica profesional para llevar un manejo adecuado de la explotación agropecuaria. Además, se llevan registros de producción mediante el uso de softwares específicos, los cuales determinan los tiempos y costos por cada etapa productiva. Se emplean razas especializadas y sistemas de cruzamiento definidos, y se mantiene una alimentación de calidad cubriendo con todos los requerimientos nutricionales que necesita el animal (Partida, Braña, Jiménez, Ríos, & Buendía, 2013).

## **2.4 Nutrición en ovinos**

### **2.4.1 Alimentación y nutrición**

Los piensos, ya sean adquiridos o producidos en la granja, constituyen una parte importante de los gastos de producción, alrededor del 50% al 60%, en cualquier explotación agropecuaria.

Nutrición animal significa proveer a los animales la cantidad adecuada de todos los nutrientes necesarios para una producción óptima. En consecuencia, implica el conocimiento de los nutrientes en sí, los factores que afectan a los requerimientos de los animales, y los alimentos utilizados para suplir esos nutrientes. A más de hacer referencia a la conversión de los componentes químicos de los forrajes y granos en carne, lana y leche; el nitrógeno, carbono y minerales de los forrajes y otros alimentos se transforman a través de los procesos de digestión, absorción y asimilación en el animal. Además, para que estos procesos se lleven a cabo de una forma eficiente, se depende del estado fisiológico del animal y la calidad y cantidad de los alimentos (Castellaro, Orellana, & Escanilla, 2015).

Los ovinos son rumiantes caracterizados por tener un estomago compuesto por cuatro compartimentos: retículo, rumen, omaso y abomaso. El rumen, cuya capacidad es de 4-10 litros, almacena millones de microorganismos que fermentan y transforman los alimentos en productos que los ovinos utilizan para su crecimiento. Por ello, si existe ausencia de microorganismos, los ovinos no podrían existir, ya que estos poseen la capacidad de romper la celulosa de los forrajes que se encuentran en el material vegetal digerible por el animal, permitiendo así la obtención de la energía contenida en los vegetales fibrosos (Romero & Bravo, 2009).

Según (Romero & Bravo, 2009) mencionan que el papel fundamental en la nutrición de

rumiantes es alimentar de una forma correcta a los microorganismos del rumen, los cuales a su vez alimentan al animal, por consiguiente, se debe tener cuidado a la hora de seleccionar las fuentes de alimento, las cuales deben conservar una población de microorganismos sana y productiva. Así, se asegura que los ovinos, en sus distintos estados fisiológicos, reciben suficientes nutrientes para llevar a cabo sus funciones diarias.

#### **2.4.2 Consumo de alimento**

Entre los tres a siete meses de edad, el consumo de un cordero puede variar de 1 a 1.6 kg de materia seca/día, este depende del tamaño de los animales y la calidad del alimento, pero permite una orientación para generar un programa de engorde. De esta manera, se evita desperdicios de alimento que influyen en los costos de producción y rentabilidad de la explotación. En el caso de animales adultos, sobre los 12 meses de edad en ovinos, se debe considerar: el peso y edad del animal, una dieta bien balanceada y una calidad adecuada de los insumos; el consumo oscilará entre 1.8 a 3 kg de materia seca/día. Además, el consumo real de alimento también dependerá de la cantidad de alimento ofrecido, competencia por alimento disponible, palatabilidad y forma física del alimento. Por ejemplo, un cordero destetado con un peso de 20 kilos de capacidad de crecimiento elevada deberá consumir 6% de materia seca en base a su peso vivo. Por lo tanto, su consumo diario de materia seca deberá ser de 1.2 kg (National Research Council, 2007).

#### **2.4.3 Requerimientos nutricionales del ovino**

Los requerimientos nutricionales del ganado ovino hacen referencia a la demanda diaria de energía, proteína, vitaminas, minerales y agua, para llevar a cabo un óptimo desarrollo, producción y reproducción. No obstante, estos requerimientos varían según el sistema de producción, estado fisiológico, sexo, edad y peso vivo (Tabla 4). Los requerimientos de energía y proteína



gradualmente se reducen mientras el animal alcanza la madurez (Romero & Bravo, 2009).

Los requerimientos nutricionales para ovinos en diferentes estados productivos se detallan en las tablas elaboradas por el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos (NRC).

**Tabla 4**  
*Requerimientos diarios de nutrientes para ovinos*

Peso del animal	Ganancia de peso/día	Materia seca por animal		Energía			Proteína Cruda		Calcio		Fosforo		Vitamina A	Vitamina E
		kg	% peso	TDN (kg)	ED (Mcal)	EM (Mcal)	%	g	%	g	%	g	UI	UI
<i>Destete temprano de corderos - Potencial de crecimiento Moderado</i>														
10	200	0,5	5,0	0,40	1,8	1,4	25,4	127	0,80	4,0	0,38	1,9	470	10
20	250	1,0	5,0	0,80	3,5	2,9	16,7	167	0,54	5,4	0,25	2,5	940	20
30	300	1,3	4,3	1,00	4,4	3,6	14,7	191	0,52	6,7	0,25	3,2	1410	20
40	345	1,5	3,8	1,16	5,1	4,2	13,5	202	0,51	7,7	0,26	3,9	1880	22
50	300	1,5	3,0	1,16	5,1	4,2	12,1	181	0,47	7,0	0,25	3,8	2350	22
<i>Destete temprano de corderos - Potencial de crecimiento Rápido</i>														
10	250	0,6	6,0	0,48	2,1	1,7	26,2	157	0,82	4,9	0,37	2,2	470	12
20	300	1,2	6,0	0,92	4,0	3,3	17,1	205	0,54	6,5	0,24	2,9	940	24
30	325	1,4	4,7	1,10	4,8	4,0	15,4	216	0,51	7,2	0,24	3,4	1410	21
40	400	1,5	3,8	1,14	5,0	4,1	15,6	234	0,57	8,6	0,29	4,3	1880	22
50	425	1,7	3,4	1,29	5,7	4,7	14,1	240	0,55	9,4	0,28	4,8	2350	25
60	350	1,7	2,8	1,29	5,7	4,7	14,1	240	0,48	8,2	0,26	4,5	2820	25
<i>Corderos finalizando - 4 a 7 meses de edad</i>														
30	295	1,3	4,3	0,94	4,1	3,4	14,7	191	0,51	6,6	0,25	3,2	1410	20
40	275	1,6	4,0	1,22	5,4	4,4	11,6	185	0,41	6,6	0,21	3,3	1880	24
50	205	1,6	3,2	1,23	5,4	4,4	10,0	160	0,35	5,6	0,19	3,0	2350	24
<i>Corderos sustitutos de carnero</i>														
40	330	1,8	4,5	1,1	5,0	4,1	13,5	243	0,43	7,8	0,21	3,7	1880	24
60	320	2,4	4,0	1,5	6,7	5,5	11,0	263	0,35	8,4	0,18	4,2	2820	26
80	290	2,8	3,5	1,8	7,8	6,4	9,6	268	0,30	8,5	0,16	4,6	3760	28
100	250	3,0	3,0	1,9	8,4	6,9	8,8	264	0,27	8,2	0,16	4,8	4700	30

\*Kg = kilogramos, g = gramos, TDN = nutrientes digestibles totales, ED = energía digestible, EM = energía metabolizable, UI = unidades internacionales.

Fuente: (National Research Council, 2007)

### 2.4.3.1 Proteína

En los pequeños rumiantes, las proteínas constituyen el principal componente de la mayor parte de los tejidos. Por ello, las proteínas son utilizadas para reparar tejidos viejos y construir nuevos tejidos, dependiendo más de la calidad que de la cantidad ingerida. Esta función se lleva a cabo por los aminoácidos, que se combinan para formar proteínas. Existen cientos de aminoácidos conocidos en las plantas. Sin embargo, sólo 20 aminoácidos forman la proteína animal. De estos, 10 pueden

ser formados por los tejidos, mientras que los restantes deben ser incluidos en la dieta. En el caso de animales monogástricos, los aminoácidos denominados esenciales se deben suplementar, pero en rumiantes estos son sintetizados por los microorganismos presentes en el rumen (Cheeke, 2005).

La importancia de las proteínas en la nutrición está dada por varias funciones que desarrollan en el organismo animal. Todas las enzimas que catalizan las reacciones químicas en los sistemas biológicos son proteínas. Un mal manejo en la suministración de proteínas puede ocasionar: crecimiento retardado, baja producción de leche, infertilidad, y menor eficiencia en la utilización de los alimentos (Contreras & Noro, 2010).

El requerimiento de proteína en la alimentación de ovinos se puede suplir mediante fuentes de alto nivel proteico como: forraje, heno y granos de leguminosas. Sin embargo, en primer lugar se debe tomar en cuenta la cantidad de proteína presente en cada fuente y el requerimiento nutricional del animal. Este último varía dependiendo a varios factores (peso, estado fisiológico y sexo) y son específicos para cada uno de estos. Por ejemplo, para un cordero destetado de 20 kilos de peso vivo el requerimiento diario de proteína es del 17,1% (National Research Council, 2007).

#### **2.4.3.2 Energía**

La energía proveniente de los alimentos es un nutriente principal para el normal desempeño de todos los procesos metabólicos presentes en un ovino. Por consiguiente, sin energía no se lograría producir reacciones químicas y musculares, además cualquier producto de origen animal no podrían ser sintetizado. Por ello, los animales deben obtener un suministro constante de energía a través de sus alimentos (Romero & Bravo, 2009).

Los ovinos necesitan el suministro de energía para mantener sus funciones corporales normales,

como son: moverse, crecer y reproducirse, además de producir músculo, leche y lana. Los rumiantes obtienen su energía principalmente de los carbohidratos (azúcar, almidón y celulosa) y grasas presentes en el alimento (Romero & Bravo, 2009).

Las principales fuentes de energía para los pequeños rumiantes son en su mayoría pastos, heno y granos. Los pastos de mala calidad o las cantidades inadecuadas de alimento son las causas básicas de deficiencias energéticas (Giménez, 1994).

La energía es el factor limitante más común en la nutrición de los ovinos. Una escasez de energía se traducirá en una disminución de la producción, falla reproductiva, aumento de la mortalidad y mayor susceptibilidad a enfermedades y parásitos. Por esta razón, es importante tener en cuenta las características energéticas de los alimentos suministrados y los requerimientos energéticos para los ovinos en cada una de sus fases. Por ejemplo, para un cordero de engorde con un peso aproximado de 20 kilos, el requerimiento de energía metabolizable es de 3.3 Megacalorías diarias (National Research Council, 2007).

#### **2.4.3.3 Minerales**

Muchos minerales son necesarios en una dieta para ovinos, tanto macrominerales como microminerales (Tabla 5). Los macrominerales son requeridos en grandes cantidades por todas las células del cuerpo de animal, siendo estos el calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), magnesio (Mg), sodio (Na) y cloro (Cl). En cuanto a los microminerales son requeridos en pequeñas cantidades, siendo estos el yodo (I), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobalto (Co), selenio (Se). Sin embargo, cuando son ingeridos en altas cantidades sobre los niveles requeridos, pueden resultar tóxicos y afectar el desarrollo del animal (Castellaro, Orellana, & Escanilla, 2015).

El calcio es un constituyente necesario de los huesos y dientes, y es esencial para regular la acción del corazón y la actividad muscular. Una deficiencia de calcio resulta en un pobre crecimiento y el desarrollo de los huesos de los animales en crecimiento. El fósforo es un componente esencial de la sangre y las células del cuerpo. Participa en las reacciones químicas que liberan la energía en el cuerpo. La relación entre Ca y P en una dieta para ovinos debe ser de por lo menos 2:1. El Mg está implicado en la estructura ósea y tiene una función principal en los tejidos musculares y nerviosos. Una asignación demasiado alta de Mg puede ocasionar cojeras, mientras que una asignación demasiado baja puede ocasionar calambres (Castellaro, Orellana, & Escanilla, 2015).

El Na es importante para el mantenimiento de la presión correcta en los líquidos corporales, y junto con el K y Mg, está involucrado en la transmisión de los impulsos nerviosos y de la contracción muscular. Un comportamiento común en respuesta a una deficiencia de Na es cuando el animal se encuentra lamiendo constantemente pisos, paredes, tierra, etc. El S rara vez es asignado en las dietas para ovinos, pero está involucrado en la formación de aminoácidos esenciales metionina y cisteína. Una deficiencia directa de S en ovinos es poco probable y si ocurre está relacionada con una mala alimentación proteica. El Mn es un constituyente necesario de los huesos y lana, y es esencial para regular la actividad reproductiva. Una deficiencia de Mn resulta en problemas de ataxia, anomalías esqueléticas y problemas en la reproducción (Castellaro, Orellana, & Escanilla, 2015).

El Cu es un elemento de importancia en dietas ovinas, el cual está involucrado con el sistema nervioso y favorece la coordinación nerviosa y muscular. Una deficiencia de Cu resulta en problemas de ataxia, anemia, osteoporosis y esterilidad. En contraste, una sobredosificación de Cu

causa daño del hígado y riñones, lo cual resulta en la muerte del animal en pocos días. La toxicidad se produce cuando el nivel de Cu se encuentra sobre 10 ppm. El Zn es un elemento esencial para una actividad reproductiva normal. Una deficiencia de Zn ocasiona pérdida de peso, bajo consumo de alimento e infertilidad (Castellaro, Orellana, & Escanilla, 2015).

El I actúa en la síntesis de las hormonas de la tiroides; tiroxina y triyodotironina. Estas hormonas juegan un papel importante en la termorregulación, metabolismo intermedio, reproducción, crecimiento, desarrollo y la función muscular. Una deficiencia de I ocasiona agrandamiento de la tiroides (bocio). El Se actúa en diversas funciones corporales como: el crecimiento, reproducción, la prevención de enfermedades y la integridad de los tejidos. Una deficiencia de Se ocasiona distrofia muscular o enfermedad del “músculo blanco” en los corderos, caracterizada por debilidad, rigidez y deterioro de los músculos (Sheep 201, 2017).

**Tabla 5**

*Requerimientos de macro-minerales y micro-minerales para ovinos*

<b>Nutriente</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Nivel máximo tolerable</b>
<b>Macrominerales, % de materia seca</b>		
Sodio	0.09 - 0.18	
Cloro	.	
Calcio	0.20 - 0.82	
Fósforo	0.16 - 0.38	
Magnesio	0.12 - 0.18	
Potasio	0.50 - 0.80	
Azufre	0.14 - 0.26	
<b>Microminerales, partes por millón de materia seca</b>		
Iodo	0.1 - 0.8	50.0
Hierro	30.0 – 50.0	500.0
Cobre	7.0 - 11.0	25.0
Molibdeno	0.5	10.0
Cobalto	0.1 - 0.2	10.0
Manganeso	20.0 – 40.0	1000.0
Zinc	20.0 – 33.0	750.0
Selenio	0.1 - 0.2	2.0
Flúor	.	60.0 – 150.0

Fuente: (National Research Council, 2007)

El suministro de minerales en las raciones debe estar correctamente proporcionado y elaborado de acuerdo al estado fisiológico, sexo y edad, evitando tener excesos o deficiencias de los mismos.

#### **2.4.3.4 Vitaminas**

Las vitaminas son compuestos que son necesarios para el crecimiento normal, la salud y la reproducción. Al igual que los minerales, las vitaminas pueden ser clasificadas dentro de dos grupos: solubles en grasa y solubles en agua. Las vitaminas solubles en grasa son almacenadas en los tejidos grasos y son pobremente excretadas. Las vitaminas solubles en agua (excepto la B12) son fácilmente excretadas en la orina (Giménez, 1994).

Distintas vitaminas tienen funciones específicas en los ovinos. La vitamina A se usa principalmente para la normal actividad reproductiva, asegurando una buena formación del óvulo. La vitamina D toma parte en el metabolismo del Ca y el P, la cual tiene un papel importante en la preñez tardía y el parto. La vitamina E tiene influencia en el sistema inmune e interacción con el selenio influenciando al buen crecimiento y viabilidad de corderos. Las vitaminas del complejo B participan en la transformación de los carbohidratos. La vitamina K participa en el proceso de coagulación sanguínea (Sheep 201, 2017).

Las vitaminas del complejo B y la vitamina K son usualmente sintetizadas en cantidades adecuadas en el rumen, la vitamina D es obtenida con la exposición de los animales a la luz solar y la vitamina C puede ser sintetizada en casi todos los animales a excepción de primates, conejillo de indias y otros animales como especies de murciélagos y aves. Por esta razón, la inclusión adicional de estas vitaminas en dietas no es usual, pero diversos estudios aseguran que la suplementación de algunas de estas genera respuestas positivas. Sin embargo, vitaminas como la A y la E son las de mayor importancia. La deficiencia de vitamina A es usual cuando los ovinos

son alimentados con altas cantidades de balanceado, pasturas o henos secos por largo tiempo. La vitamina E por su parte reduce las necesidades de selenio y tiene un efecto antioxidante que preserva por más tiempo la calidad de la carne (Cheeke, 2005).

Las vitaminas pueden ser suministradas a los ovinos por medio de una inyección intramuscular, en mezclas minerales o balanceados. La mezcla mineral es el método más utilizado debido a diversas complicaciones que podría generar la inyección. Al añadir al balanceado las vitaminas de mayor relevancia como son la A y E, es necesario contar con los requerimientos adecuados. Por ejemplo según (National Research Council, 2007), para corderos destetados de 20 kilos el requerimiento diario de vitamina A es de 940 unidades internacionales (UI) y de vitamina E es de 24 UI.

#### **2.4.3.5 Agua**

Los ovinos, al igual que todos los animales, requieren agua para vivir. Las necesidades de agua en ovinos son considerablemente menores que en bovinos, pero siempre debe disponerse de agua fresca y estar a libre disposición (*ad libitum*), ya sea en explotaciones en estabulación como en condiciones de pastoreo (Castellaro, Orellana, & Escanilla, 2015).

El requerimiento de agua para un ovino adulto es de 2 a 3.5 litros/día y de un cordero es de 2 litros/día. Si el forraje predominante es muy seco, el consumo diario de agua aumenta considerablemente al igual que en las épocas más calurosas (Romero & Bravo, 2009).

Según (Giménez, 1994) algunas de las funciones del agua en el cuerpo del animal, son: la digestión de los alimentos, regulación de la temperatura corporal, lubricación y el transporte de los residuos del cuerpo.

## **2.5 Ingredientes comúnmente usados en la alimentación de ovinos**

Las explotaciones de ovinos basan su alimentación en las praderas naturales y en una menor proporción en praderas sembradas. Donde, la calidad nutritiva y la productividad de las praderas es muy variable, debido a que depende de factores como: 1) disponibilidad de agua, 2) fertilidad del suelo, 3) especies forrajeras que la conforman y 4) utilización y manejo de las praderas (Romero & Bravo, 2009).

Para llevar un adecuado manejo de la nutrición y producción los ovinos deben consumir pastos cultivados o artificiales como son: 70% gramíneas (raygrass anual o perenne, pasto azul, kikuyo), 20% leguminosas (trébol blanco, trébol rojo, alfalfa, vicia), 10% otros (caña de maíz, holco, orejuela, remolacha forrajera, col, brócoli) (Proyecto de desarrollo de la producción de cárnicos sanos en el norte del Ecuador, 2006). Así mismo, el (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2013) recomienda que una buena mezcla forrajera debe constar de ocho partes de gramíneas (fuente de energía) y dos partes de leguminosas (fuente proteica).

### **2.5.1 Pastos y forrajes**

Dentro de las especies forrajeras existen dos grandes grupos que se diferencian especialmente por su valor nutritivo: 1) las gramíneas son consideradas especies energéticas de clima templado a frío y presentan diferentes tasas de crecimiento de acuerdo a la época del año, y 2) las leguminosas que son un componente importante en la mezcla forrajera debido a su capacidad de fijar nitrógeno y por su mayor aporte de proteína que las gramíneas (Romero & Bravo, 2017). A continuación se indican las características de las gramíneas y leguminosas más utilizadas en las praderas.



### 2.5.1.1 Gramíneas

#### **Raygrass perenne (*Lolium perenne*)**

El raygrass perenne es una variedad (metabolismo C-3) que se caracteriza por perdurar más de dos años, pudiendo llegar hasta tres o cuatro años. Se adapta muy bien a climas templados, prefiriendo suelos fértiles y húmedos con un pH cercano a la neutralidad. Posee un sistema radical fibroso poco profundo y crecimiento erecto, con hojas de color verde claro brillante. Incluye características como: 1) excelente vigor de plántulas, 2) fácil establecimiento, 3) buen crecimiento invernal, 4) rápida recuperación después del pastoreo, 5) tolerancia a los suelos ácidos, 6) buena competitividad contra otras especies, 7) asociación con raygrass anual, trébol rojo y trébol blanco en praderas de rotación corta y de alta calidad (Cook, 2017).

#### **Raygrass anual (*Lolium multiflorum*)**

El raygrass anual es una variedad de corta duración que se adapta muy bien a suelos fértiles y húmedos. Su alta palatabilidad y digestibilidad hacen de esta especie sea altamente valorada dentro de los sistemas de forraje y ganadería. Se usa en muchos entornos cuando se requiere una cobertura rápida de alimentación. Incluye características como: 1) alto potencial de rendimiento, 2) establecimiento rápido, 3) idoneidad para la renovación de labranza reducida, 3) uso en suelos pesados y anegados, y 4) aunque es anual, en climas templados algunos tipos pueden comportarse como bienales, perennes de corta vida, o perennes (Hannaway, y otros, 1999).

Según (Hannaway, y otros, 1999) indican también que, aunque el raygrass anual crece rápidamente y es altamente productivo, es de corta vida y naturaleza agresiva lo hace menos deseable en mezclas de pastos permanentes.

**Pasto azul (*Dactylis glomerata*)**

Es un pasto perenne que se adapta muy bien a condiciones templadas siendo más tolerante que el raygrass. Prefiere los suelos limosos o arcillosos, aunque puede producir y sobrevivir en suelos livianos. Tiene un ciclo vegetativo de 3 a 4 meses, sus hojas son largas de color verde azulado y bordes lisos. Es una especie adecuada para formar pasturas de larga duración, por lo general más de cuatro años. Es utilizado para pastoreo o corte. Incluye características como: 1) exige suelos de mediana a alta fertilidad y húmedos con moderada acidez y alcalinidad, 2) establecimiento lento, 3) no soporta pastoreos frecuentes e intensos, 4) buena calidad forrajera, 5) se asocia bien en praderas con alfalfa, o en mezclas con raygrass perenne y anual, y trébol blanco (Gélvez, 2017).

**Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)**

Es una gramínea muy común y mejor adaptada en las zonas de clima frío. Tiene una adaptación a cualquier tipo de suelo, pero no tiene un buen desarrollo si éstos son demasiado pobres en nutrientes. Es una planta que se extiende superficialmente y se propaga vegetativamente por medio de estolones. Es utilizado para pastoreo, ensilaje, heno y prados. Incluye características como: 1) resiste especialmente a la sequía, 2) óptima producción en suelos de alta fertilidad, 3) tolera el pisoteo y altas capacidades de carga, 4) no tolera las heladas, y 5) se asocia bien en praderas con trébol blanco (Gélvez, 2017).

**2.5.1.2 Leguminosas****Trébol rojo (*Trifolium pratense*)**

Es una planta perenne de vida corta, adaptándose a zonas frías y húmedas. Presenta un rápido crecimiento de primavera y baja resistencia al invierno. Su óptimo desarrollo lo alcanza en un suelo franco o franco arcilloso, aunque se adapta bien a una gama de suelos. El hábito de crecimiento de

la planta varía de erecto a rastrero; sistema radicular fibroso, tallo leñoso, hojas trifoliadas y flor de color rosa o rojo. Es utilizado en pastoreo en mezcla con gramíneas, pero también se puede utilizar para corte, heno o ensilaje y como abono verde. Incluye características como: 1) alto valor nutritivo, con elevado contenido de proteína y minerales, 2) rápido establecimiento y producción inicial, 3) alta capacidad de fijar nitrógeno, 4) tolera baja fertilidad y suelos ligeramente ácidos, 5) resistente a las sequías y suplanta a la alfalfa en suelos menos profundos, y 6) tolera la sombra mejor que la mayoría de leguminosas (Hall, 2008).

### **Trébol blanco (*Trifolium repens*)**

Es una leguminosa forrajera ampliamente cultivada que se adapta muy bien a las regiones de clima frío. Presenta un óptimo desarrollo en un suelo de mediana a alta fertilidad de textura franca a franco-arcillosas. Es una planta rastrera, herbácea y perenne, produce gran cantidad de estolones que se enraízan en los entrenudos, hojas trifoliadas de forma ovalada con manchas blancas características propias de esta especie. Es utilizado como pasto, heno y ensilaje para muchas clases de ganado. Incluye características como: 1) alto valor nutritivo, 2) tolerancia al pisoteo, 2) buena adaptabilidad, 3) no tolera suelos ácidos y las sequías, y 4) ayuda a la fijación de N y la protección contra la erosión del suelo (Hall, 1993).

### **Alfalfa (*Medicago sativa*)**

Es una planta utilizada como forraje distribuida geográficamente en todo el mundo. Presenta un amplio margen de adaptación a condiciones de clima y suelo. Teniendo un buen desarrollo en climas secos y suelos fértiles. Tiene un ciclo de vida productiva de 5 a 12 años, dependiendo de la variedad utilizada y el clima. Es una leguminosa herbácea y perenne con un sistema radicular bien definido, tallos erectos, hojas dispuestas alternativamente sobre el tallo, de forma pinadas y

trifoliadas, flores de color púrpura formadas en racimos abiertos. Es utilizada principalmente en forma de heno para varias especies zootécnicas. Incluye características como: 1) alto valor nutritivo en comparación a todas las especies forrajes cultivadas para heno en la zona interandina, 2) rica en minerales y vitaminas, 3) resistente a la sequía, pero entra en un periodo de latencia durante periodos secos, 4) buena adaptabilidad, y 5) tolerante a suelos alcalinos (Molina, 2010).

**Tabla 6**

*Composición nutricional de diferentes pasturas utilizadas en la alimentación ovina*

	<b>Materia seca</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Proteína cruda</b>	<b>Extracto etéreo</b>	<b>Fibra cruda</b>	<b>ELN*</b>	<b>FDN*</b>	<b>FDA*</b>
<b>Gramíneas</b>								
Ryegrass anual	21.39	11.94	11.29	3.41	22.80	52.97	57.80	42.53
Ryegrass bianual	20.77	12.28	12.52	3.66	27.12	52.67	50.97	31.59
Ryegrass perenne	20.46	12.71	14.44	6.68	26.77	46.60	61.65	53.92
Pasto azul	23.41	14.12	17.20	4.72	29.02	40.85	55.55	35.27
<b>Leguminosas</b>								
Trébol blanco	24.72	10.54	25.33	3.77	21.40	50.05	46.71	30.64
Trébol rojo	15.55	10.59	28.41	4.57	33.80	43.87	47.00	38.14

\* ELN = extracto libre de nitrógeno, FDN = fibra detergente neutra, FDA = fibra detergente ácida.

Fuente: (Armijos, 2014)

## 2.5.2 Concentrados

### 2.5.2.1 Fuentes proteicas

La suplementación de proteína es necesaria para incrementar la cantidad de proteína así como para satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales. Para rumiantes, el requerimiento de aminoácidos ya es ampliamente cubierto por la síntesis microbiana del rumen; por lo tanto, la calidad de la proteína presente en la dieta es de menor importancia. Sin embargo, existe una tendencia a dividir la proteína para rumiantes en: nitrógeno fermentable para microbios y proteína que escapa de la fermentación ruminal. Los suplementos proteicos son arbitrariamente definidos por tener al menos 20% de proteína cruda. Las fuentes altas en proteína utilizadas en concentrados

para la alimentación de rumiantes son principalmente de origen vegetal entre las cuales se encuentra: harina de soya, harina de semilla de algodón, canola, entre otras (Cheeke, 2005); (University of Maryland, s.f.).

### **2.5.2.2 Fuentes energéticas**

Los granos de cereales son la principal fuente de energía para humanos y animales. Los carbohidratos presentes en los cereales son la fuente más barata de energía en concentrados. Las proteínas pueden ser usadas como fuentes de energía, pero estas son fuentes ineficientes y costosas de energía para animales, ya que su asimilación requiere de la descomposición de la proteína a glucosa, la cual requiere mayor energía por parte del animal. Los carbohidratos son el mayor componente de las plantas y forman parte del 70 al 85% de la materia seca total en forrajes y granos. Algunas fuentes de energía ampliamente utilizadas en la elaboración de concentrados son: maíz, trigo, cebada y sorgo. Estas fuentes son típicamente bajas en proteína y altas en carbohidratos (University of Maryland, s.f.).

El uso de fuentes altas en energía es especialmente necesaria en etapas fisiológicas de alta demanda para los animales como es la reproducción y lactancia, etapas en las que los requerimientos se elevan y muchas veces una mezcla forrajera no contempla el valor nutritivo necesario. Además, en sistemas de producción intensivos, en los que se utiliza animales de elevado potencial genético es común el uso de este tipo de alimentos (University of Maryland, s.f.).

### **2.5.3 Residuos agroindustriales**

La producción global de cultivos es dominada por la caña de azúcar, el maíz, arroz y trigo. Estos productos generan una enorme cantidad de sub-productos que pueden implicar impactos

ambientales si no son manejados de forma adecuada. Los rumiantes siempre han dependido de forrajes de corte y sub-productos agrícolas cuando la disponibilidad de forrajes frescos son limitados por las épocas secas. Los residuos de cultivos y sub-productos agroindustriales incluyen una gran cantidad de materiales, los cuales frecuentemente son ricos en carbohidratos en forma de celulosa y hemicelulosa. Por muchos años, investigadores han tratado de mejorar el valor nutricional de desechos agrícolas para el uso como alimento en rumiantes por medio de métodos biológicos, físicos, químicos y enzimáticos, ya que estos sub-productos generalmente tienen pobre digestibilidad, bajo valor nutricional (especialmente proteína 3 a 4%) y alto contenido de fibra (70.8 - 97.2% FDN) (Yanti & Yayota, 2017).

Algunos de los sub-productos más comunes son: melaza, bagazo de caña, pulpa de remolacha, tallos remanentes de la cosecha de cereales, harina de gluten de maíz, sub-productos de panadería, pulpa seca de cítricos, desechos de cultivos de tubérculos y hortalizas, entre otros (Cheeke, 2005).

#### **2.5.4 Residuos industriales**

Los residuos industriales utilizados en la alimentación animal a diferencia de los agroindustriales han sido menos utilizados debido a que esos, al ser producto de procesos industriales más complejos, necesitan de un mayor nivel de investigación respecto al efecto de uso en dietas animales. Los sub-productos de la destilería, proceso fermentativo que produce alcohol a partir de granos de maíz, es un ejemplo de residuos industriales. Este sub-producto es considerado bajo en almidón, pero tiene una alta digestibilidad de fibra y buen contenido de proteína y minerales. Otro ejemplo es la glicerina, la cual es un azúcar de 3 carbonos producto del proceso de producción de biodiesel. Este podría ser una fuente alimenticia importante por su habilidad para ser usada como fuente de energía; sin embargo, muy pocas investigaciones se han realizado con la

glicerina en dietas y sus niveles de inclusión. Los residuos de la industria papelera, otro ejemplo de residuos industriales, han sido utilizados en el pasado por su elevado contenido de fibra, pero su desempeño en dietas para rumiantes aun no es claro debido a la variabilidad en su composición nutricional (Comerford, s.f.)

## 2.6 Industria papelera

La industria de pulpa y papel comprende compañías que usan fuentes de celulosa (principalmente madera) como materia prima para la producción de pulpa, papel, cartón y otros productos a base de celulosa. Esta industria se encuentra dominada por países como Estados Unidos, Canadá, Finlandia, Rusia, Suecia, China, ente otros (SCA Publication Papers, 2017).



*Figura 4* Residuo de celulosa producido por la empresa Familia Sancela del Ecuador

En el Ecuador una de las principales industrias papeleras que tienen fábricas en el territorio nacional es el Grupo Familia Sancela del Ecuador S.A. Esta compañía fue fundada en Medellín, Colombia, en el año 1958, dedicándose inicialmente a la importación de papel higiénico. Desde el año 1965 se iniciaron las actividades de producción de papel, con lo cual nace la construcción de distintas fábricas de procesamiento tanto de pulpa como de papel. A partir de ese momento, se

inicia el crecimiento de la empresa y la expansión a distintos países como son Argentina, Bolivia, Chile, Perú, Puerto Rico y Ecuador, transformándose en lo que es actualmente una empresa multinacional (Grupo Familia, 2017).

**Tabla 7**

*Composición química analizada del residuo de celulosa*

<b>Ítem</b>	<b>%</b>
Materia seca	48.30
Materia orgánica	67.00
Cenizas	33.00
Proteína cruda	2.80
Extracto etéreo	1.70
Fibra detergente neutra	39.95
Fibra detergente ácida	26.61
Calcio	0.90
Magnesio	0.37
Potasio	0.03
Manganeso, partes por millón (ppm)	21.08
Hierro, ppm	13.42
Cobre, ppm	5.22
Zinc, ppm	22.05

## **2.6.1 Procesamiento**

### **2.6.1.1 Fuentes de fibra**

Las paredes celulares de las plantas contienen fibras de celulosa, un material orgánico conocido químicamente como un polisacárido lineal. Los troncos de árboles forestales son hasta ahora la fuente predominante de fibra para la elaboración de la pulpa y papel. El tronco de un árbol consiste esencialmente de fibras con un mínimo de elementos que no son fibras, como las células de la médula y el parénquima (Teschke & Demers, 1998).

Mediante el uso de papel de desecho, la necesidad de fibra virgen se reduce y el problema del desecho de residuos sólidos es minimizado. Sin embargo, el amplio uso de esta fuente se ve

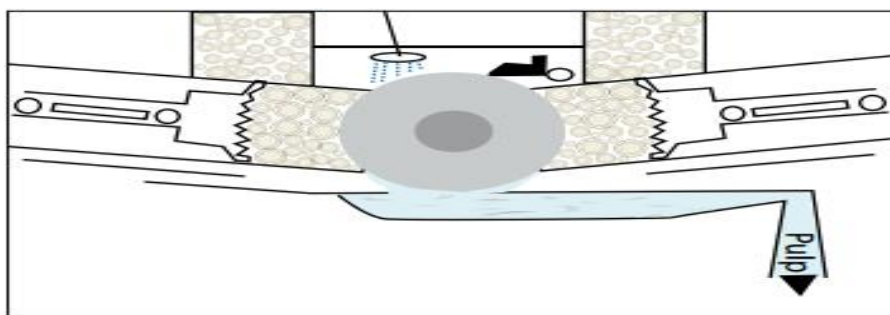


limitada debido a las dificultades de recolección del papel desechado, clasificación de papeles mezclados y recuperación de la fibra de muchos tipos de papeles. A pesar de que el papel puede reutilizarse, la vida útil de la fibra reciclada es de una reutilización de máximo siete veces. El reciclaje reiterado resulta en fibras cada vez más cortas y débiles, que finalmente han de ser desechadas dentro del proceso de recuperación (SCA Publication Papers, 2017).

### 2.6.1.2 Preparación de la pulpa

#### A partir de material virgen:

La pulpa mecánica o molida se elabora sometiendo a los troncos descortezados a una acción abrasiva o de desgastante, ya sea presionando la madera contra un piedra de moler giratoria o pasando pedazos a través de un molino (Figura 5). La pasta atraviesa unas finas cribas, lo que permite sólo el paso de las fibras, depurándose además de todo material extraño, como, por ejemplo, arena o polvo (Kenneth, 2012).



**Figura 5** Método mecánico para la obtención de pulpa de celulosa

Fuente: (SCA Publication Papers, 2017)

#### A partir de material reciclado:

En el caso de la elaboración de pulpa a partir de fibras recicladas o recuperadas el proceso es distinto. Como primera etapa se combina el papel reciclado, una solución de jabón de ácido graso

y un gran volumen de agua caliente, estos elementos se hacen girar dentro de un tanque para elaborar una solución. Mediante esta acción se desprenden las fibras y se empieza con el destintado, al separarse la unión de las fibras con la tinta. La pasta generada se limpia en un proceso de múltiples lavados que extrae el 99% de la tinta adherida a la fibra. El proceso de limpieza se basa en la acción del jabón de ácido graso con agua caliente y la aplicación de aire comprimido que va desde el fondo del recipiente hasta la superficie, lo que genera burbujas de jabón que atraen las partículas de tinta libres. Las burbujas que ascienden a la superficie forman una espuma sucia, que se elimina. Este proceso se repite hasta depurar por completo la tinta (SCA Publication Papers, 2017).

### 2.6.2 Sub-productos

En la industria papelera se generan residuos sólidos de diversos tipos, en función de varios factores como la materia prima utilizada, los procesos que se realizan en cada fábrica y el producto final. Por esta razón la industria papelera afronta un importante desafío tecnológico, logístico y administrativo en lo que tiene que ver a la gestión de sus residuos (Monte, Fuente, Blanco, & Negro, 2009).

La producción de pasta virgen genera distintas partes en las cuales se dividen los residuos: lodos inorgánicos de la recuperación química, residuos de cortezas, lodos de tratamiento de efluentes, polvos de calderas, arenas, cenizas y otros materiales. A continuación se describen los residuos generados en fábricas que producen pulpa y papel a partir de fibra virgen o de papel usado (Asociación Nacional de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón, 2008):

- **Residuos de corteza y madera:** En las fábricas de pulpa, se recibe generalmente la madera en forma de troncos que provienen directamente de las plantaciones, de fragmentos o astillas o

como astillas subproducto de otras industrias. Tras el proceso de descortezado, preparación y troceado de la madera se generan restos que no se utilizan en el proceso de fabricación de pulpa, estos entran dentro del presente grupo. Generalmente estos son incinerados para la producción de energía.

- **Lodos de destintado procedente del reciclado de papel:** Estos lodos se forman al separar la tinta de la fibra. No todas los tipos de papel, especialmente por su calidad, requieren de este proceso. Los lodos de destintado contienen fibras cortas, partículas de tinta y sustancias extractivas.
- **Desechos de fibras y lodos de fibras, de materiales de carga y de estucado, obtenidos por separación mecánica:** Estos desechos se generan en distintos procesos de depuración y fabricación en las industrias papeleras, ya sea éste obtenido a partir de fibra reciclada o virgen. El residuo consiste principalmente en fibras y cargas minerales dependiendo de la materia prima procesada.

Los lodos de fibras tienen alto contenido de biomasa y nutrientes. Debido a estas características estos pueden tener distintos destinos como para la generación de compost, aplicaciones en actividades agrícolas, entre otras (Asociación Nacional de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón, 2008).

## 2.7 Metabolismo ruminal de los hidratos de carbono

Un animal rumiante (ovinos, bovinos, caprinos) difiere de un monogástrico (suinos, aves) en dos grandes aspectos: tienen un gran estómago dividido en compartimentos y gran parte del trabajo realizado en la digestión es generado por microbios que habitan el pre-estómago, en vez de enzimas que el animal produce (Cheeke, 2005).

El segmento más grande de los pre-estómagos del rumiante es el rumen, que funciona como una

gran tina de fermentación. La presencia del rumen tiene profundas implicaciones en la nutrición animal y su alimentación. Existen varias ventajas conferidas a que un animal posea un estómago rumiante, así como algunas desventajas. La mayor ventaja de la fermentación es que permite la utilización de alimentos fibrosos. Ningún mamífero produce celulasa, la enzima que degrada la celulosa presente en alimentos fibrosos. La celulosa es el mayor constituyente de la fibra de las plantas y es considerada el compuesto orgánico más abundante en el planeta. Los microbios del rumen secretan celulasa, la cual rompe los enlaces químicos que unen las unidades de glucosa para formar la molécula de celulosa. De esta forma los rumiantes pueden utilizar forrajes y otros alimentos fibrosos, a diferencia de los monogástricos que no pueden (Cheeke, 2005).

### **2.7.1 Clasificación y contenido de hidratos de carbono en alimentos**

Los carbohidratos son biomoléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, cuyas funciones en los seres vivos son brindar energía y estructura. Los carbohidratos pueden dividirse en dos grupos simples (azúcares) y complejos (polisacáridos). Dentro del grupo de los azúcares se clasifican en monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos. Los monosacáridos son las unidades más sencillas, por ejemplo, glucosa, fructosa, y no se descomponen en otros compuestos más simples, pero la unión de varios monosacáridos da lugar a los disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. En el grupo de los polisacáridos se dividen en estructurales (hemicelulosa, celulosa, pectina y lignina) y de reserva (almidón) (Contreras & Noro, 2010).

El almidón es un polisacárido de reserva para los vegetales, el cual se encuentra presente especialmente en granos. Debido a su característica de baja humedad, aportan mucha energía en poco volumen, por ello los granos se consideran un alimento concentrado energético (Relling & Mattioli, 2003).

Los carbohidratos estructurales tienen este nombre por su naturaleza de formar estructura y sostén vegetal. Por esta razón, los vegetales pueden mantenerse rígidos gracias a la presencia de una pared celular, la cual rodea a las células vegetales. Cuando el forraje es joven, las paredes celulares tienen una mayor cantidad de pectina. Sin embargo, a medida que madura el forraje las paredes celulares pasan a contener mayor cantidad de celulosa y hemicelulosa. Finalmente, cuando el pasto se vuelve viejo o muy maduro, las concentraciones de lignina se incrementa y el pasto adquiere mayor rigidez tornándose amarillento (Relling & Mattioli, 2003).

### **2.7.2 Carbohidratos y la fermentación ruminal**

Una vez que la fuente de carbohidratos presentes en el alimento ingresa al rumen, ya sea esta en forma de granos o forraje, se inicia el proceso de digestión. La degradación del alimento consiste en la fermentación, en la cual se distinguen varias etapas, especialmente en forrajes: a) Los microorganismos celulolíticos se adhieren a la superficie de los trozos de fibra vegetal, cortada por el efecto de la masticación. Estos inician su acción sobre los estomas foliares, ya que la superficie de la hoja está recubierta por ceras que perjudican su acción b) Los microorganismos liberan en el contenido ruminal la enzima celulasa, la cual realiza la digestión extracelular de la celulosa. Por acción de la celulasa sobre la celulosa se fragmentan las moléculas produciendo compuestos más simples, especialmente celobiosa (disacárido) c) La celobiosa es incorporada al microorganismo y atacada por la enzima celobiasa, que la desdobla en dos glucosas d) La glucosa es utilizada por el microorganismo para obtener energía y producir ácidos grasos volátiles principalmente acetato (Relling & Mattioli, 2003).

En el caso de fuentes de carbohidratos como almidón el proceso es parecido, pero la diferencia es que el alimento es atacado por bacterias amilolíticas, las cuales secretan la enzima amilasa y

desdoblan el alimento para consumir glucosa y producir ácidos grasos volátiles, especialmente propionato (Relling & Mattioli, 2003).

Es importante notar que el producto final de la degradación de los carbohidratos va a depender del tipo de alimento, ya que estos influyen directamente sobre el pH ruminal. De esta forma con forrajes el pH ruminal es más elevado (6,2 - 6,8) y predominan microorganismos celulolíticos, mientras que al bajar el pH gradualmente aumentan los amilolíticos y finalmente predominan los lactobacilos cuando el pH baja de 5,5 (Contreras & Noro, 2010).

### **2.7.3 Destino de los productos de la fermentación de carbohidratos**

La mayor parte de los ácidos grasos volátiles (propionato, acetato, butirato) se absorben en el rumen y en menor grado en retículo y omaso, pudiendo cierta cantidad pasar al abomaso y ser absorbida a nivel intestinal (Contreras & Noro, 2010).

El ácido butírico es metabolizado en la pared ruminal y en el hígado a beta-hidroxi butirato. Aproximadamente el 30% del ácido propiónico es transformado en la pared ruminal a ácido láctico y el resto es transportado al hígado como tal para ser metabolizado a glucosa. Por otro lado, la mayor parte del acetato se absorbe como tal y es usado por los tejidos. El ácido láctico se absorbe lentamente, a sólo un 10% de la tasa de absorción de los ácidos grasos volátiles y es conducido al hígado para ser metabolizado a glucosa (Contreras & Noro, 2010).

## **2.8 Uso de residuos de celulosa**

El uso de residuos de celulosa ha sido estudiado por muchos investigadores en todas partes del mundo con el fin de aliviar los problemas ambientales relacionados a su disposición. A pesar de

que una gran parte de estos residuos son reciclados actualmente, los residuos de celulosa son aún el mayor componente de vertederos.

Existen varios tipos de residuos de celulosa que han sido estudiados en los últimos años, por ejemplo cartón, pulpa de celulosa, pulpa de madera, papel periódico con o sin tinta, corteza de árbol, papel de oficina, revistas, entre otros. Los tratamientos previos que estos reciben en las industrias papeleras generan una gran variabilidad en los resultados obtenidos en distintas investigaciones realizadas en rumiantes, especialmente debido a su diversa composición nutricional y digestibilidad.

Autores como (Daniels, Campbell, Martz, & Hedrick, 1970) probaron el uso de 8 y 12% de papel periódico en novillos Holstein de la Universidad de Missouri-Columbia. Para incrementar la palatabilidad de este sub-producto añadieron 17% más de melaza respecto al control. La ganancia de peso y eficiencia alimenticia entre los grupos no presentó diferencias significativas. Sin embargo, el grupo control ganó 0.14 y 0.11 kg/día más que las dietas 8 y 12% de papel, respectivamente. La calificación de las carcasas de las tres dietas no tuvo diferencias significativas, pero los animales alimentados con el papel tuvieron menos grasa que el control. No se reportó acumulación tóxica de aluminio, cobre o hierro en análisis de los hígados.

La digestibilidad y el desempeño de papel periódico en novillos fueron estudiados por (Dinus & Oltjen, 1971), quienes utilizaron papel periódico en niveles de 0, 8, 16 y 24%. Los resultados que obtuvieron fueron los siguientes: la digestibilidad de MS, FDA y energía bruta se redujeron a medida que se incrementó el nivel de papel; la ganancia de peso no fue afectada por la adición de 8% de papel comparado con el control, pero se redujo marcadamente en los niveles 16 y 24% de papel; el consumo diario de materia seca expresado como porcentaje de peso vivo bajó de 2.73%

para el control a 1.65% para el 24% de papel. Así mismo, el alimento requerido por unidad de peso ganado fue duplicado del 0 al 24% de papel.

Por otro lado, (Sherrod & Hansen, 1973) utilizaron papel periódico en la alimentación de vaquillas en cuatro niveles (0, 3.3, 6.7 y 10%) para evaluar el desempeño productivo y la calidad de la carcasa, y en ovejas cuatro niveles (0, 7.5, 15, 30%) en para evaluar la digestibilidad. La ganancia diaria de peso fue igual en el control y el 3.3% de papel, pero se redujo con el 6.7 y 10%. La eficiencia alimenticia aumento con cada incremento en el nivel de papel. La calidad de la carcasa se redujo al incrementar el nivel de papel. En el estudio realizado en ovejas, el consumo de materia seca no fue afectado por la inclusión de papel. La digestibilidad de materia seca, materia orgánica, fibra cruda y energía bruta se redujo con cada incremento del nivel de papel, y la digestibilidad de proteína cruda no tuvo efecto hasta el 15% de papel, pero se redujo en la dieta que contenía el 30%.

Además, (Nishimuta, Sherrod, Furr, & Hansen, 1969) alimentaron carneros con papel de oficina en cuatro niveles (0, 15, 30 y 45%) en remplazo al heno de sorgo para medir el efecto sobre el consumo de alimento y la digestibilidad de nutrientes. El consumo voluntario de materia seca no presento diferencias hasta el 30% de papel, pero se redujo al 45%. La digestibilidad de materia orgánica, proteína cruda, fibra cruda y energía bruta incrementaron en las dietas que tuvieron hasta un 30% de papel, y la digestibilidad de grasa se redujo a medida que se incrementaba el nivel de papel.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del lugar de investigación

La presente investigación fue realizada en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA I, Hacienda “El Prado”.

##### 3.1.1 Ubicación política

**Provincia:** Pichincha

**Cantón:** Rumiñahui

**Parroquia:** San Fernando

**Hacienda:** El Prado



*Figura 6* Ubicación del sitio experimental de la investigación

Fuente: (Google Earth, 2017)

### 3.1.2 Ubicación geográfica

Las siguientes coordenadas pertenecen a la ubicación geográfica donde se realizó la fase de campo de la presente investigación.

**Latitud:** 00°23' 34'' S

**Longitud:** 78°24' 50'' O

**Altitud:** 2743 m.s.n.m.

### 3.1.3 Ubicación ecológica

Los datos obtenidos fueron proporcionados por la estación Agro-Meteorológica de la Carrera en Ciencias Agropecuarias IASA I.

**Zona de vida:** Bosque Húmedo-Montano

**Nicho ecológico:** Bosque Montano Bajo

**Precipitación media anual:** 900-1000 mm

**Temperatura media anual:** 13.89°C

**Humedad relativa:** 66.3 %

**Luminosidad:** 12 horas luz

## 3.2 Materiales

En el presente trabajo de investigación fueron utilizados los siguientes materiales.

### 3.2.1 Materiales de campo

- Corderos machos raza Dorper x Katahdin
- Comederos

- Bebederos
- Recipientes de aluminio
- Fundas plásticas tipo Ziploc
- Termómetro digital
- Hojas de registro
- Bascula para ganado (capacidad 400 kg; sensibilidad  $\pm 0.2$  kg)
- Balanza digital (capacidad 15 kg; sensibilidad  $\pm 0.5$ g)
- Vestimenta y herramientas de trabajo

### **3.2.2 Materiales de laboratorio**

- Horno (YAMATO, DX600)
- Mufla (BARNSTEAD, FD-1535M)
- Plancha de calentamiento (THERMOLYNE, Cinemarec)
- Equipo soxhlet
- Balanza analítica (capacidad: 60g; precisión: 0.0001g)
- Desecadores

### **3.2.3 Fármacos**

- Sintosept Toxoide, Life, Dosis: 2ml con refuerzo a las 4 semanas, vía subcutánea
- Vigantol AD<sub>3</sub>E, Bayer, Dosis: 1ml/10 kg de PV, vía intramuscular
- B-Plex, James Brown Pharma, Dosis: 1ml/10 kg de PV, vía intramuscular
- Ferro 100, James Brown Pharma, Dosis: 1ml/10 kg de PV, vía intramuscular
- Shotapen L.A., Virbac, Dosis: 1ml/10kg de PV, vía intramuscular

- Vetalgina, MSD Salud Animal, Dosis: 2ml/25 kg de PV; vía intramuscular o intravenosa
- Saguaymic PLUS, Microsules, Dosis: 1ml/10 kg de PV, vía oral
- Ivermectina, Bayer, Dosis: 1ml/50kg de PV, vía subcutánea
- Aminovit, James Brown Pharma, Dosis: 1ml/kg de PV, vía oral o intravenosa

### **3.2.4 Insumos para balanceados**

- Heno de alfalfa
- Maíz
- Soya
- Residuo de celulosa
- Grasa vegetal
- Melaza
- Ganasal (suplemento mineral)
- Pecutrin (suplemento mineral + vitamina ADE)

### **3.3 Métodos**

El presente estudio fue realizado bajo una cubierta tipo túnel del Proyecto de Ganadería, Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Pichincha.

Todos los procedimientos involucrando animales vivos fueron basados en las recomendaciones dadas por “Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching” (FASS, 2010). El proyecto fue aprobado por el comité de bio-ética para el uso de animales vivos en investigaciones de Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.

### 3.3.1 Diseño experimental

#### 3.3.1.1 Factores a probar

Tres niveles de suplementación de residuos de celulosa 0, 7.5 y 15 % en corderos.

#### 3.3.1.2 Tratamientos a comparar

**Tabla 8**

*Tratamientos a comparar en la investigación*

Tratamiento	Código*	Descripción
1	RC <sub>0</sub>	Testigo sin suplementación
2	RC <sub>7.5</sub>	Nivel de suplementación de 7.5% de la dieta con residuo de celulosa
3	RC <sub>15</sub>	Nivel de suplementación de 15% de la dieta con residuo de celulosa

\*RC = residuo de celulosa.

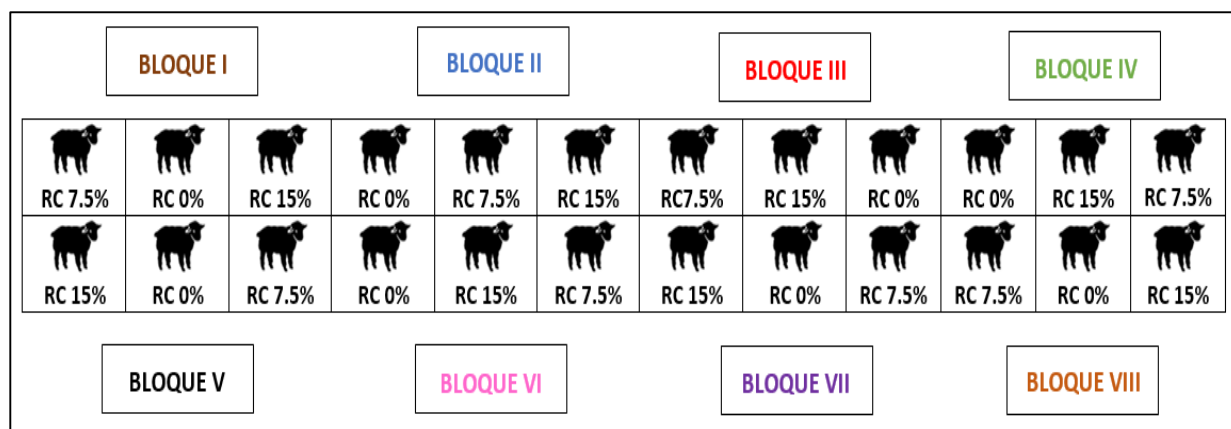
#### 3.3.1.3 Tipo de diseño

Diseño en bloques completamente al azar (DBCA), con tres tratamientos y ocho repeticiones (bloques).

#### 3.3.1.4 Características de las unidades experimentales

- Número de UE: 24 corderos
- Especie: *Ovis aries*
- Raza: Dorper x Katahdin
- Sexo: Machos
- Edad aproximada: 3 meses
- Peso promedio: 25,78 kg
- Cada unidad experimental estuvo comprendida por un animal.

### 3.3.1.5 Croquis experimental



*Figura 7* Ubicación de bloques y tratamientos dentro del experimento

### 3.3.1.6 Variables evaluadas

#### **Variables dependientes:**

Parámetros productivos: consumo de alimento, peso vivo, ganancia de peso diaria y conversión alimenticia.

Parámetros sanitarios: aspecto de las heces, condición corporal, nivel anémico, trastornos digestivos y respiratorios.

Digestibilidad de nutrientes: materia seca, materia orgánica, grasa, nitrógeno, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida.

Calidad de carcasa: peso vivo al sacrificio (frio y caliente), peso a la canal, rendimiento a la canal (comercial y verdadero), profundidad de la grasa, área de ojo de bife, infiltración de la grasa, conformación de la carcasa, rendimiento por cortes, perfil de ácidos grasos de la carne y tejido adiposo y perfil de aminoácidos de la carne.

**Variable independiente:** Niveles de suplementación de residuos de celulosa.

### **3.3.2 Manejo específico del experimento**

#### **3.3.2.1 Diseño de las instalaciones**

Un invernadero tipo túnel de 120 m<sup>2</sup> de plástico, con cubierta secundaria de sarán al 50%, fue implementado en la Hacienda “El Prado”, sector ganadería, para resguardar a los animales de condiciones climáticas adversas. Bajo este, 24 corrales individuales de 1.10 x 1.50 m fueron construidos y destinados para los corderos durante la fase experimental. Cada corral contó con su propio comedero (balde de caucho de 25 cm de diámetro), bebedero (balde plástico de 8 L de capacidad) y pastera (de madera; dimensiones 65 x 37 x 50 cm, largo, ancho y altura).

#### **3.3.2.2 Dietas experimentales**

Las dietas experimentales contuvieron 0, 7.5 y 15 % (% de MS) de RC (Tabla 10). Pecutrin (4 g/kg para el control, 3 g/kg para 7.5 y 15% en base seca; Bayer), Ganasal Plus (4 g/kg en base seca; INDIA) y sal industrial (4 g/kg en base seca; ECUASAL) fueron incorporados en una premezcla (Tabla 9) para cubrir o superar los requerimientos de vitaminas y minerales del (National Research Council, 2007).

Los concentrados fueron elaborados al menos una vez por semana para garantizar que se mantengan frescos. Igualmente, RC fresco era recibido cada 2 semanas (Figura 4), tamizado (pantalla 0.5 cm) y almacenado en una nevera a 4°C. Las pacas de heno de alfalfa fueron adquiridas en Cayambe, Pichincha y conservadas bajo cubierta.

**Tabla 9***Ingredientes y análisis químico (% base seca) de las dietas experimentales*

<b>Nivel de residuo de celulosa, %</b>	<b>0</b>	<b>7.5</b>	<b>15</b>
<b>Composición de ingredientes</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Residuo de celulosa <sup>1</sup>	.	7.5	15.0
Heno de alfalfa	21.6	8.0	4.0
Maíz molido	58.0	58.0	50.0
Soya molida	14.0	20.1	23.5
Melaza	3.0	3.0	3.0
Aceite de palma	2.5	2.6	3.7
Pre-mezcla sales minerales y vitaminas <sup>2</sup>	0.9	0.8	0.8
<b>Análisis químico, en base seca, %</b>			
Materia orgánica	94.4	90.3	86.9
Cenizas	5.6	9.7	13.1
Proteína cruda	15.4	15.4	15.5
Extracto etéreo	6.3	6.3	6.4
FDN	19.1	15.9	14.3
FDA	9.5	7.7	7.4

<sup>1</sup> Contiene 48.3% de materia seca. El análisis químico en base seca como porcentaje fue: materia orgánica, 33.0; cenizas, 67.0; proteína cruda, 2.8; extracto etéreo, 1.7; FDN, 40.0; FDA, 26.6.

<sup>2</sup> Contiene en base seca como porcentaje: Ca, <0.17; P, <0.11; Na, 0.08; Cl, 0.13; K, <0.01; Mg, <0.01; S, <0.01. Minerales en ppm: Co, <0.07; Cu, <8.05; I, <0.44; Fe, <2.6; Se, <0.01; Zn, <0.16. Vitaminas en UI/kg de balanceado: Vitamina A, <1200; Vitamina D<sub>3</sub>, <200; Vitamina E, <0.44.

### 3.3.2.3 Recepción y adaptación de animales

Coderos del cruce Dorper × Katahdin (n = 24; PV de llegada = 25.8 ± 4.2 kg) de Amaguaña, Pichincha, fueron recibidos en la Hacienda “El Prado”, Universidad de las Fuerzas Armadas, Pichincha, en Abril de 2017. El proceso inicial siguió los siguientes procedimientos a las 24 horas después del arribo: identificación individual mediante aretes, vacunación vía subcutánea con cultivos bacterianos inactivados contra enfermedades clostridiales (Sintosept Toxoide; Life; 2mL/animal con refuerzo a las 4 semanas), tratamiento para parásitos internos vía oral con Saguaymic PLUS (100mg/10kg de Fenbendazole + Triclabendazole/mL; Microsules) y externos vía subcutánea (Ivermectina; Bayer; 1mL/50kg de PV) y suplementación de vitaminas AD<sub>3</sub>E y del complejo B vía intramuscular (Vigantol AD<sub>3</sub>E; Bayer; 1mL/10 kg de PV) (B – PLEX; James



Brown Pharma, 1mL/10kg de PV). Los corderos fueron alojados en corrales individuales con superficie de asfalto.

Durante el periodo de adaptación, los corderos fueron alimentados de la siguiente forma: la primera semana con una dieta 25% de concentrado control (en base seca; Tabla 9) más 75% de heno de alfalfa, la segunda semana con una dieta 50% de concentrado control (en base seca) más 50% de heno de alfalfa.

#### **3.3.2.4 Conformación de tratamientos**

Al término del periodo de adaptación, los corderos fueron pesados (GSC, SWG-3015; capacidad 400 kg; sensibilidad  $\pm 0.2$  kg) individualmente por dos días consecutivos, y el promedio obtenido fue utilizado para la asignación de los animales a los bloques, en base a rangos de peso homogéneos. Por cada bloque se colocó tres corderos y las dietas experimentales fueron asignadas aleatoriamente dentro de cada bloque, y fueron ordenados en sus corrales asignados.

#### **3.3.2.5 Toma de datos**

##### **3.3.2.5.1 Parámetros productivos**

*Consumo de alimento.* Los comederos fueron evaluados aproximadamente a las 0700 horas cada tres días para determinar los desperdicios y ajustar el consumo diario para asegurar un acceso ad libitum del alimento. Las dietas experimentales fueron mantenidas en distintos contenedores etiquetados para evitar la contaminación entre ellos. La condición del alimento en los comederos fue evaluada diariamente para determinar si se encontraba en buenas condiciones para el consumo. El alimento que se encontraba en malas condiciones fue recolectado, pesado y conservado para determinar el contenido de materia seca. La ración diaria determinada para cada cordero

(concentrado + heno de alfalfa) fue dividida en dos partes iguales (50:50). La primera parte fue suministrada todos los días a las 0730 horas y la segunda a las 1600 horas. Además, agua fue dotada ad libitum en baldes limpios independientes. Cada siete días, antes del primer suministro diario de alimento, el alimento sobrante era recolectado, pesado y conservado para determinar el contenido de materia seca. Al final de cada semana, se contó con datos del peso del alimento suministrado y del no consumido. Los pesajes de alimento fueron tomados mediante una balanza digital (CAS; EC-II; capacidad 15 kg; sensibilidad  $\pm 0.5$  g).

Muestras de cada dieta experimental y heno de alfalfa fueron tomadas cada semana para determinar el contenido de materia seca. El consumo diario de cada cordero fue ajustado para el contenido de materia seca, y los sobrantes de igual forma. El consumo en base seca de alimento concentrado, heno de alfalfa o total (concentrado + heno de alfalfa) del periodo de alimentación fue determinado mediante la diferencia de cantidad de alimento (en base seca) ofrecido y la cantidad de alimento sobrante (en base seca).

***Peso vivo, ganancia diaria de peso y factor de conversión alimenticia.*** Las medidas del peso vivo (GSC, SWG-3015; capacidad 400 kg; sensibilidad  $\pm 0.2$  kg) fueron tomadas antes de la alimentación de la mañana. Medidas individuales de peso vivo fueron obtenidas al inicio del experimento (día 0) y cada siete días hasta finalizar el experimento. Antes de cada toma de peso, los comederos fueron limpiados, y los sobrantes fueron pesados y conservados para determinar el contenido de materia seca. La ganancia de peso diaria fue determinada para cada periodo de 14 días. La siguiente formula fue aplicada:

$$\text{Ganancia de peso} \left( \frac{\text{kg}}{\text{día}} \right) = \frac{\text{Peso final (kg)} - \text{Peso inicial (kg)}}{\text{N}^\circ \text{ días}}$$

El factor de conversión alimenticia fue calculado para cada periodo de 14 días. Los valores de consumo total de alimento (concentrado + heno de alfalfa) (base seca) y ganancia de peso fueron utilizados para determinar el factor de conversión alimenticia. La siguiente formula fue utilizada:

$$FCA = \frac{\text{Alimento consumido (kg)}}{\text{Peso ganado (kg)}}$$

### 3.3.2.5.2 Parámetros sanitarios

#### *Aspecto de las heces, condición corporal, nivel anémico, trastornos digestivos y respiratorios.*

El aspecto de las heces, trastornos digestivos y respiratorios fueron evaluados diariamente durante todo el periodo de alimentación. La escala del aspecto de las heces (Figura 8) fue establecida durante el periodo de adaptación. Los valores de la escala significaron: 1) heces negras, redondeadas y separadas; 2) heces cafés, redondeadas y separadas; 3) heces negras o cafés, redondeadas y aglomeradas; 4) heces cafés, blandas y pastosas; 5) heces cafés y aguadas.



**Figura 8** Escala de calificación del aspecto de las heces

La condición corporal y el nivel anémico fue evaluada cada 7 días. El método de palpación

lumbar (calificación del 1 a 5) fue utilizado para valorar la condición corporal (Curnow, 2017). Mientras que, la calificación de la escala FAMACHA fue utilizada para evaluar el nivel anémico de los animales (FAO, 2003).

Todos los parámetros sanitarios fueron expresados en porcentaje en base a la frecuencia de cada nivel de la escala en cada variable respecto al número total de días observados.

$$\% \text{ de observaciones de } X \text{ valor de escala} = \frac{\# \text{ de observaciones de } X \text{ valor de escala}}{\# \text{ total de observaciones realizadas}} * 100$$

### 3.3.2.5.3 Digestibilidad de nutrientes

Al día 38 de alimentación, la fase de digestibilidad fue realizada. El método de digestibilidad *in vivo* de colección total fue utilizado. El ensayo fue realizado en el área de cunas, ubicada a 20 metros del sitio de investigación, y un periodo de adaptación de siete días fue establecido hasta que el consumo del bloque sea estable. Muestras de las dietas experimentales y heno de alfalfa (base húmeda) fueron tomadas diariamente del día 38 al 42 para posteriores análisis químicos y determinación del contenido de materia seca. Las heces de cada animal fueron colectadas y pesadas diariamente. Después de cada colección, cada muestra de cada animal fue homogeneizada, y una alícuota de 10% (base húmeda) fue guardada en una funda plástica y refrigerada (4°C). Al finalizar los 5 días del periodo de colección, las muestras diarias tomadas de alimento (compuesto por tratamiento), el heno de alfalfa y las heces (de cada animal) fueron unificadas, homogenizadas y secadas a 55°C por 72 horas para determinar el contenido de materia seca. Las muestras secas fueron molidas finamente mediante una licuadora.

El porcentaje de cada nutriente presente en el concentrado y heno de alfalfa fue multiplicado por el consumo de los mismos para obtener el consumo de cada nutriente. La cantidad de cada

nutriente excretado fue determinada de igual forma. El porcentaje de digestibilidad de cada nutriente analizado para cada animal fue determinado mediante la siguiente formula:

$$\text{Dig del nutriente, \%} = \frac{\text{cantidad de nutriente consumido, g} - \text{cantidad de nutriente en las heces, g}}{\text{cantidad de nutriente consumido, gramos (g)}} \times 100$$

#### 3.3.2.5.4 Calidad de carcasa

***Peso vivo al sacrificio y vacío, peso a la canal y rendimiento a la canal.*** Cuando el peso vivo de cada bloque llego a un peso de 45 kg, los corderos fueron faenados en el área de faenamiento de la Carrera en Ciencias Agropecuarias, Hacienda “El Prado”. Antes del faenamiento, los corderos pasaron por un ayuno de 24 horas, donde el peso vivo al sacrificio (PVS) fue tomado. Al concluir el sacrificio, el contenido digestivo de cada animal fue extraído. El peso vivo vacío (PVV) fue determinado mediante la diferencia entre el PVS y el peso del contenido digestivo de cada animal. El peso a la canal caliente (PCC) fue tomado (Crane Scale; capacidad 150 kg; sensibilidad  $\pm 0.05$  kg) al finalizar el sacrificio el animal y la extracción de las partes que no correspondían a la misma (piel, cabeza, patas y órganos internos). Después de refrigerar la canal durante 24 horas a 4°C, el peso a la canal fría (PCF) fue tomado. El rendimiento a la canal comercial fue calculado dividiendo el PCF para el PVS; mientras que, el rendimiento verdadero a la canal se obtuvo dividiendo el PCC para el PVV.

***Profundidad de la grasa y área de ojo de bife.*** Después del periodo de enfriamiento de la carcasa, la profundidad de la grasa y el área de ojo de bife fueron evaluadas en un corte en la sección transversal del músculo *Longissimus dorsi* entre la 12<sup>a</sup> y la 13<sup>a</sup> costilla. En forma perpendicular al borde externo de la grasa y a nivel medio del músculo la medida del ancho de la grasa sub-cutánea fue tomada (Figura 9). El área de ojo de bife fue tomada con una malla de puntos

sobre la sección transversal del músculo *Longissimus dorsi*. Los puntos que se encontraban dentro del perímetro fueron los centímetros cuadrados del área del músculo (Figura 10).



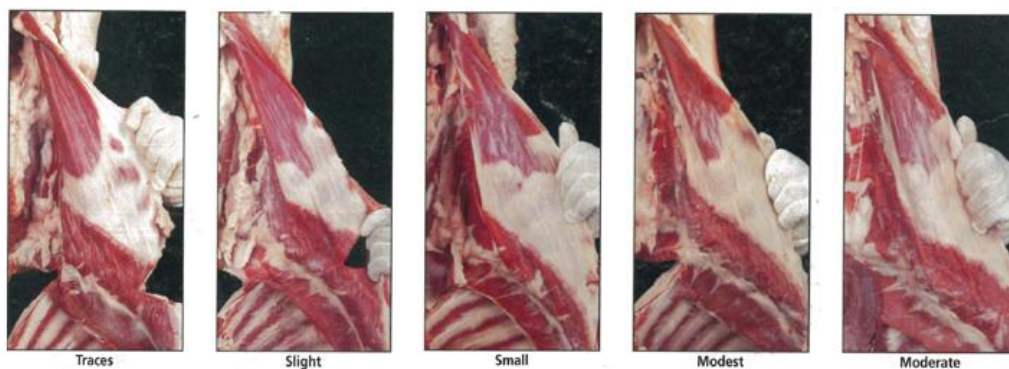
**Figura 9** Medición de la profundidad de la grasa



**Figura 10** Medición del área de ojo de bife

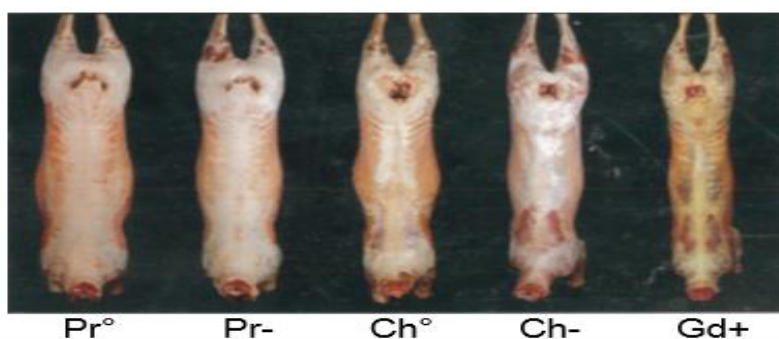
***Infiltración de la grasa, conformación de la carcasa y rendimiento por cortes.*** La escala Flank Streaking Classes (Figura 11), observada en la superficie interior del flanco, fue utilizada para medir la infiltración de la grasa. Mientras que, la conformación de la carcasa fue evaluada al calificarla mediante la escala de la Figura 12. Los cortes realizados para separar las canales por partes fueron realizados de acuerdo a las instrucciones de corte (estilo A) descritas por el manual

de las especificaciones institucionales para la compra de carne de cordero del (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2014).



**Figura 11** Escala Flak Streaking Classes para carcasas de ovinos

Fuente: (Arthur, Kessler, & Cunningham, 1999)



**Figura 12** Escala de conformación de carcasa para ovinos

Fuente: (Arthur, Kessler, & Cunningham, 1999)

**Perfil de ácidos grasos y aminoácidos.** Muestras del tejido muscular (*Biceps femoris*) y tejido sub-cutáneo de la parte dorsal para cada tratamiento fueron tomados. Las muestras fueron cubiertas con papel aluminio y sometidas a un congelamiento rápido en nitrógeno líquido (-195.8 °C). Posteriormente, las muestras se conservaron en un ultracongelador (-70 °C) hasta su análisis. Los análisis realizados fueron del perfil lipídico (FAMES) del tejido muscular y adiposo, y del perfil de aminoácidos del tejido muscular.

### 3.3.3 Análisis de laboratorio

Las muestras de las dietas experimentales, heno de alfalfa y heces colectadas durante el periodo de digestibilidad fueron analizadas para materia orgánica, proteína cruda, extracto etéreo, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida. El contenido de cenizas fue determinado mediante la incineración de cada muestra en un horno de mufla a 600°C por 4 horas para determinar la materia orgánica. Para la determinación de proteína cruda, las heces, heno y dietas molidas fueron analizadas mediante el método de determinación de nitrógeno de Kjeldahl (AOAC, 1980). El extracto etéreo fue obtenido mediante el método de Soxhlet (AOAC, 1980). La fibra detergente neutra y ácida fueron determinadas mediante el procedimiento de Van Soest *et al.* (1991) citado por (Galyean, 2010). Los análisis de proteína cruda, extracto etéreo, fibra detergente neutra y ácida fueron enviados a un laboratorio comercial en la Universidad de Florida, Marianna, FL.

El perfil de ácidos grasos (FAMES) fue evaluado mediante el método Ce 1b-89 de (American Oil Chemists´ Society, 2017), y el perfil de aminoácidos del tejido muscular fue obtenido mediante el método Burbach, Rudolph Institute. Ambos análisis fueron enviados a un laboratorio comercial de NOVA Gestión, Guayaquil, Guayas.

### 3.3.4 Análisis estadístico

#### 3.3.4.1 Modelo matemático

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = Variable aleatoria que representa el valor de la respuesta



$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del i-ésimo nivel de suplementación de residuos de celulosa

$B_j$  = Efecto del j-ésimo bloque

$e_{ij}$  = Error experimental

### 3.3.4.2 Esquema del análisis de varianza

El siguiente esquema de análisis de varianza fue utilizado:

**Tabla 10**

*Esquema de análisis de varianza.*

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	2
Bloque	7
Error	14
Total	23

### 3.3.4.3 Análisis de datos

Los datos fueron analizados bajo un DBCA, con tres tratamientos y ocho repeticiones (bloques) con el corral como unidad experimental. Las diferencias estadísticas entre medias de las variables paramétricas fueron analizadas bajo el modelo de procedimiento Mixto de SAS/STAT. Las medias fueron separadas por los contrastes: control vs el promedio de 7.5% y 15% de RC y el tratamiento 7.5% vs 15% de RC. Las variables no paramétricas fueron transformadas a valores numéricos y

porcentuales, y fueron analizadas bajo el procedimiento de Friedman del software estadístico InfoStat. El nivel de significancia ( $\alpha$ ) fue establecido a  $P < 0.05$ , y tendencias fueron determinadas hasta un  $P = 0.07$ . Una observación del tratamiento control (0% RC) se perdió por razones no relacionadas al tratamiento.

### **3.3.5 Análisis económico**

El análisis económico fue realizado para obtener la relación beneficio / costo. El beneficio bruto de cada tratamiento fue obtenido mediante la multiplicación del peso a la canal fría (PCF) de cada uno de los animales dentro de cada tratamiento por el precio del kilogramo de carne de ovino en el mercado. El valor de las vísceras, patas y cabezas también fue considerado. Los costos fijos y variables fueron obtenidos de los costos de los animales, alimentación, instalaciones, mano de obra e insumos utilizados en el experimento (fármacos) para cada tratamiento. El beneficio neto fue obtenido mediante la diferencia del beneficio bruto y los costos fijos y variables. El beneficio / costo fue calculado mediante la relación del beneficio neto y los costos totales.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Parámetros productivos

El consumo de concentrado del control fue menor ( $P \leq 0.003$ ) en comparación al consumo entre los tratamientos 7.5% y 15% de residuo de celulosa (RC) en todos los intervalos de tiempo analizados (Tabla 11). Mientras que, el consumo de heno fue disminuyendo ( $P \leq 0.005$ ) a medida que el nivel de RC se incrementaba en todos los intervalos de tiempo, a excepción del intervalo del día 0 al 14. En este último intervalo, el consumo de heno fue mayor ( $P < 0.0001$ ) en el control en comparación al consumo entre los tratamientos 7.5% y 15%, y existió una tendencia a un mayor consumo ( $P = 0.062$ ) de heno del tratamiento 7.5% en comparación al 15%.

El incremento en el consumo de concentrado y descenso en el consumo de heno de alfalfa al elevar el nivel de RC fueron esperados debido a que las dietas fueron diseñadas para reducir el nivel de heno de alfalfa a medida que se incrementaba la suplementación de RC. Reemplazando así la fibra presente en el heno de alfalfa por la fibra presente en el RC. Finalmente, el consumo total de alimento (concentrado + heno de alfalfa) se mantuvo igual en todos los tratamientos y periodos de tiempo analizados (Tabla 11). Es decir, no existió diferencias entre tratamientos ( $P > 0.437$ ) en el consumo total de alimento.

El consumo voluntario total observado en el presente estudio sugiere que las raciones con 7.5 y 15% de RC fueron normalmente aceptadas al igual que la dieta control; consecuentemente, no hubo diferencias en otros parámetros productivos como la ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y el peso vivo (Tabla 12). El consumo normal de las dietas con RC pudieron

deberse al tamaño de partícula del RC (pantalla 0.5 cm), la forma en la que este fue incorporado a la dieta, o al tipo de RC usado. Consumos normalmente aceptados han sido reportados previamente con el uso de otros tipos de RC hasta un nivel de 30% por (Nishimuta, Sherrod, Furr, & Hansen, 1969), quienes reportaron que la inclusión de papel de oficina en borregos de cruce mestizo, donde cuatro niveles de inclusión (0, 15, 30 y 45 %) fueron utilizados, no afectó el consumo de materia seca hasta el nivel 30 %. Esta observación concuerda con lo descrito por (Sherrod & Hansen, 1973), quienes remplazaron heno de sorgo sudanés por papel periódico en cuatro niveles (0, 7.5, 15 y 30 %) en carneros mestizos castrados y no reportaron diferencias en el consumo diario de alimento.

Por otro lado, otros ensayos han mostrado tendencias y descensos en el consumo al incluir diversos tipos de residuos de celulosa. Por ejemplo, (Sherrod & Hansen, 1973) observaron que el uso papel periódico en cuatro niveles (0, 3.3, 6.7 y 10 %) en vaquillas disminuyó el consumo de materia seca en las dietas 6.7 y 10 %. De igual forma, (Dinus & Oltjen, 1971) alimentaron novillos con cuatro niveles (0, 8, 16 y 24%) de papel periódico y reportaron que el consumo diario bajó de 8.29 kg para el control a 4.48 kg para el 24% de papel periódico. Así mismo, (Lemieux & Wilson, 1979) observaron que el consumo de los ovinos alimentados con pulpa fina de madera en 6 niveles (0, 20, 23, 40, 60 y 67%) tendió a ser menor que el control, al igual que lo reportado por (Daniels, Campbell, Martz, & Hedrick, 1970) y (Fritschel, y otros, 1976).

El descenso en el consumo de alimento en algunos de los estudios mencionados ocurrió al incluir altos niveles de RC (>30%); comportamiento que pudo deberse a factores como palatabilidad y la capacidad del RC a retener agua, la cual según (Sherrod & Hansen, 1973) es una parte de la explicación del menor consumo al incluir RC en dietas, debido a que el RC genera una mayor retención de agua dentro del rumen e incrementa la velocidad de su llenado.

**Tabla 11***Efecto de la suplementación de residuos de celulosa en el consumo de materia seca en corderos*

Ítem	Dietas <sup>1</sup>			EEM <sup>2</sup>	Contrastes <sup>3</sup>	
	0	7.5	15		1	2
<b>Concentrado, kilogramos/día</b>						
d 0 al 14	0.90	1.18	1.24	0.012	0.003	0.516
d 0 al 28	0.98	1.24	1.33	0.009	0.001	0.323
d 0 al 42	1.00	1.3	1.41	0.007	0.0001	0.142
d 0 al 56	0.96	1.27	1.42	0.011	0.002	0.165
d 0 al final	1.06	1.33	1.48	0.006	<0.0001	0.523
<b>Heno de alfalfa, kilogramos/día</b>						
d 0 al 14	0.424	0.173	0.078	0.0030	<0.0001	0.062
d 0 al 28	0.420	0.175	0.074	0.0012	<0.0001	0.005
d 0 al 42	0.405	0.180	0.075	0.0006	<0.0001	0.0002
d 0 al 56	0.393	0.189	0.075	0.0009	<0.0001	0.003
d 0 al final	0.393	0.185	0.076	0.0005	<0.0001	<0.0001
<b>Total, kilogramos/día</b>						
d 0 al 14	1.33	1.35	1.32	0.006	0.959	0.587
d 0 al 28	1.39	1.42	1.4	0.007	0.864	0.814
d 0 al 42	1.41	1.48	1.49	0.008	0.286	0.940
d 0 al 56	1.35	1.46	1.50	0.013	0.224	0.752
d 0 al final	1.46	1.52	1.55	0.008	0.297	0.671

<sup>1</sup> 0: suplementación de 0% de residuo de celulosa; 7.5: suplementación de 7.5% de residuo de celulosa; 15: suplementación de 15% de residuo de celulosa.

<sup>2</sup> EEM: Error estándar de la muestra.

<sup>3</sup> Valor-*P* de los contrastes: 1, Control vs promedio 7.5 y 15% de RC; 2, 7.5% vs 15% de RC.

El desempeño productivo de los corderos raza Katahdin × Dorper obtenido en el presente estudio se encuentra en la Tabla 12. A los 14 días, el control obtuvo un peso vivo menor ( $P = 0.024$ ) comparado con los tratamientos 7.5% y 15%. No hubo diferencias ( $P \geq 0.079$ ) en el peso vivo el resto de días entre los tratamientos evaluados. Estos resultados concuerdan con (Lemieux & Wilson, 1979), quienes no observaron diferencias en el peso final al incluir pulpa fina de madera, a excepción de un menor peso del tratamiento que contenía 60% de pulpa. Por otro lado, (Sherrod & Hansen, 1973) y (Fritschel, y otros, 1976) reportaron que el peso final de novillos y vaquillas alimentadas con papel periódico y pulpa fina de papel fue menor respecto al grupo control.

La GDP y la CA no mostraron diferencias ( $P \geq 0.257$ ) entre tratamientos en ninguno de los periodos evaluados. Estos resultados ya se han reportado anteriormente por (Lemieux & Wilson, 1979), quienes al utilizar pulpa fina de madera (86.4% FDA, 4.1% LDA) en ovinos, observaron que la GDP fue menor únicamente para el tratamiento con 60% de pulpa, mientras que para el resto de niveles no hubo diferencia y la CA fue mayor para el tratamiento 60% de pulpa con 11.49, mientras que el tratamiento 20% de pulpa y el control tuvieron los menores valores de 7.35 y 7.44, respectivamente. Algo semejante ocurrió en novillos y vaquillas en los estudios realizados por (Dinius & Bond, 1975), al utilizar pulpa fina de madera en tres niveles (0, 50 y 75%), obtuvieron que en el tratamiento 50% la GDP fue mayor respecto al control y en el tratamiento 75% igualo al control; mientras que, la CA fue menor en el 50% respecto al control.

Otros ensayos han reportado efectos negativos al incluir otros tipos de residuos de celulosa. Por ejemplo, (Daniels, Campbell, Martz, & Hedrick, 1970) reportaron que la dieta control tuvo una mayor GDP en comparación a los animales que recibieron las dietas con papel. De igual forma, (Fritschel, y otros, 1976) reportaron que la GDP fue menor al utilizar la pulpa de papel, así como la CA fue mayor. Así mismo, (Sherrod & Hansen, 1973) obtuvieron que la GDP fue igual en el tratamiento 3.3% de papel como en el control, pero disminuyó al incluir 6.7 y 10% de papel periódico, y la CA aumentó a medida que el nivel de papel fue incrementado. Además, (Dinus & Oltjen, 1971) reportaron que la GDP no fue significativamente afectada por la adición de 8% de papel periódico comparada con el control, pero descendió en las dietas que contenían 16 y 24% de papel, y el alimento requerido para la ganancia de una unidad de peso fue duplicado del control a la dieta con 24% de papel.

**Tabla 12***Efecto de la suplementación de residuos de celulosa en parámetros productivos en corderos*

Ítem	Dietas <sup>1</sup>			EEM <sup>2</sup>	Contrastes <sup>3</sup>	
	0	7.5	15		1	2
<b>Peso vivo, kilogramos</b>						
Inicial	25.4	25.9	26.04	0.40	0.492	0.851
d 14	30.7	32.4	32.6	0.36	0.024	0.798
d 28	35.02	36.5	36.8	0.33	0.085	0.774
d 42	38.2	39.3	40.5	0.33	0.155	0.332
d 56	39.2	41.4	43.1	0.35	0.155	0.433
Final	43.8	45.08	46.5	0.26	0.079	0.242
<b>Ganancia diaria de peso, kilogramos/día</b>						
d 0 al 14	0.216	0.269	0.253	0.0018	0.199	0.671
d 0 al 28	0.264	0.282	0.276	0.0009	0.549	0.839
d 0 al 42	0.249	0.254	0.272	0.0009	0.581	0.501
d 0 al 56	0.234	0.250	0.270	0.0009	0.369	0.531
d 0 al final	0.229	0.245	0.267	0.0006	0.189	0.313
<b>Conversión alimenticia</b>						
d 0 al 14	6.72	5.31	5.67	0.26	0.138	0.688
d 0 al 28	5.39	5.28	5.15	0.20	0.628	0.746
d 0 al 42	5.64	6.08	5.58	0.15	0.657	0.279
d 0 al 56	5.95	5.98	5.61	0.0004	0.723	0.427
d 0 al final	6.39	6.24	5.96	0.13	0.343	0.425

<sup>1</sup> 0: suplementación de 0% de residuo de celulosa; 7.5: suplementación de 7.5% de residuo de celulosa; 15: suplementación de 15% de residuo de celulosa.

<sup>2</sup> EEM: Error estándar de la muestra.

<sup>3</sup> Valor-P de los contrastes: 1, Control vs promedio 7.5 y 15% de RC; 2, 7.5% vs 15% de RC.

El menor desempeño productivo en otras investigaciones fue debido al uso de fuentes de celulosa como el papel periódico, el cual tiene un elevado contenido de lignina, por lo que su calidad y digestibilidad es mucho menor (Belyea, Darcy, & Jones, 1979), aportando un menor valor nutritivo, lo cual se pudo evidenciar también por (Sherrod & Hansen, 1973) y (Coombe & Briggs, 1974). De igual forma, la menor GDP y mayor CA obtenidas en otras investigaciones pudieron ser causados por: (1) utilizar RC como único forraje presente en la dieta ( (Fritschel, y otros, 1976), (Davis, Sharkey, & Williams, 1975) y (Coombe & Briggs, 1974)); (2) utilizar el RC como parte mayoritaria de la dieta ( (Fritschel, y otros, 1976) y (Coombe & Briggs, 1974)); o (3) tener un

tamaño de partícula fina, lo cual ocasiona que la velocidad de paso a través del rumen sea mayor y su tiempo de aprovechamiento menor ( (Fritschel, y otros, 1976) y (Galyean & Hubbert, 2014)).

A pesar de la variabilidad de los resultados encontrados en estos estudios, la presente investigación concuerda con algunos de los resultados observados por otros investigadores ( (Nishimuta, Sherrod, Furr, & Hansen, 1969), (Malik, Razzaque, Yateem, Dandan, & Al-Bather, 1999) y (Abo, 2001)). La calidad del RC utilizado (bajo contenido de lignina), los métodos para incrementar la palatabilidad del RC, niveles de máximo 15% de inclusión de RC y el uso de una fuente extra de forraje de buen tamaño de fibra ( (Galyean & Hubbert, 2014) y (Coombe & Briggs, 1974)) pudieron haber sido factores que contribuyeron al aprovechamiento de los nutrientes presentes en la dieta, al mantenimiento de la integridad y normal funcionamiento del rumen.

#### **4.2 Parámetros sanitarios**

En la escala de heces no existió diferencias entre las dietas experimentales ( $P = 0.40$ ) (Tabla 13). Sin embargo, las dietas que contuvieron RC presentaron 20% más veces a obtener una calificación pastosa (rango 4-5) comparado al control, comportamiento que ya ha sido observado por (Dinus & Oltjen, 1971), quienes reportaron que las heces de los animales eran más fluidas y babosas a medida que el nivel de papel periódico se incrementaba; consecuentemente, la materia seca de las heces se reducía. Esta observación podría explicarse por (Sherrod & Hansen, 1973), quienes sostienen que los RC absorben y retienen una mayor cantidad de agua dentro del tracto digestivo del animal, o probablemente por el contenido de fibra en las dietas con RC del presente estudio (4% FDN menos respecto al control) como a la menor cantidad de fibra presente del RC (6% FDN menor respecto al heno de alfalfa), ver Tabla 9.



Según (Bavera & Peñafort, 2006), indican que los animales excretan de una forma pastosa cuando están sometidos a una dieta baja en fibra (principalmente FDN) y un nivel de proteína bruta entre 10 – 17%. De igual forma, (Gallardo, 2000) menciona que este tipo de excreta es muy frecuente en animales que consumen altas cantidades de alimento balanceado o pastos tiernos, y a más de estar asociada a altos consumos, se asocia a rápidas tasas de digestión y pasaje de alimentos.

**Tabla 13**

*Efecto de la suplementación de residuos de celulosa en parámetros sanitarios en corderos*

Ítem	Dietas <sup>1</sup>			T <sup>2</sup>	Valor-P <sup>3</sup>
	0	7.5	15		
<b>Escala de heces, %</b>					
1-3	84.74	61.65	67.79	1.00	0.397
4-5	15.26	38.35	32.21	1.00	0.397
<b>Escala FAMACHA, %</b>					
1-2	47.76	69.65	55.00	0.25	0.783
3-4	52.24	30.35	45.00	0.25	0.783
<b>Escala de condición corporal, %</b>					
<2	12.33	8.16	5.40	0.20	0.824
2	29.32	37.22	35.46	0.30	0.746
3	59.03	49.33	57.58	0.55	0.589
>3	0.00	5.30	1.56	1.00	0.394

<sup>1</sup> 0: suplementación de 0% de residuo de celulosa; 7.5: suplementación de 7.5% de residuo de celulosa; 15: suplementación de 15% de residuo de celulosa.

<sup>2</sup> Valor del estadístico Friedman.

<sup>3</sup> Valor-P del tratamiento.

La escala FAMACHA no mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $P = 0.79$ ) a lo largo del periodo de experimentación, ver Tabla 13. De forma descriptiva en la escala FAMACHA 1-2, el tratamiento 7.5% presentó una mayor frecuencia en la que los corderos presentaron una calificación óptima en la escala a lo largo del periodo de experimentación con un porcentaje de 69.65%, siendo superior en un 22 y 15% de los tratamientos 0 y 15%, respectivamente. Por otro

lado, en la escala FAMACHA 3-4, los corderos que no fueron suplementados con RC tuvieron la mayor frecuencia a obtener una baja calificación (52.24%).

En el presente estudio al incluir o no RC los corderos tuvieron una frecuencia mayor a 30% a obtener valores de entre 3 a 4 en la escala (indicativo de anemia); resultados que ya han sido obtenidos en otros estudios. Recientemente, (Rizzon, Ollhoff, & Santos, 2018) observaron que la escala FAMACHA no tiene la suficiente sensibilidad (14 a 66%) para ser utilizada como único método de detección anémica y parasitaria. De igual forma, (Di Loria, y otros, 2009) indicaron que la escala FAMACHA presenta una correlación negativa con las pruebas clásicas de detección anémica (hematocrito, hemoglobina), y sensibilidad y especificad máxima de 66% del método FAMACHA en relación a las pruebas clásicas. Por otro lado, autores como (Depner, Cecim, Molento, Rocha, & Gaviao, 2007) y (Vargas, 2006), afirman que la escala FAMACHA es un buen indicador de anemia como una prueba en campo cuando no se cuenta con ningún otro método en particular, debido a que es un método sencillo que permite clasificar a los animales más afectados, reduciendo el empleo de antihelmínticos u otros productos.

Diferencias significativas no fueron observadas entre las dietas experimentales ( $P \geq 0.39$ ) en la condición corporal. La frecuencia en la que los corderos recibieron una calificación entre el rango 2-3 fue mayor a 86% en todos los tratamientos. Resultados que concuerdan con (Thompson & Meyer, 1994), quienes recomiendan que la condición corporal debe ir acorde a la etapa productiva del animal, pero en la mayoría de rebaños más del 90% deben tener una condición de entre 2 a 4, siendo un valor de 3 lo óptimo para un ovino en crecimiento y etapa reproductiva.

Además, el uso de RC en la presente investigación no ocasionó enfermedades como: neumonías, timpanismos, acidosis ruminal, u otros trastornos digestivos. El uso de otros tipos de RC no ha

ocasionado problemas en otros ensayos como en el caso de (Razzaque, Al-Nasser, Salaman, Aderibigbe, & Church, 1986), quienes no observaron problemas de salud en animales durante la fase de experimentación al incluir dos niveles de cartón corrugado (13 y 26 %) previamente tratado con hidróxido de sodio o suplementado con gallinaza en ovejas adultas.

### **4.3 Digestibilidad de nutrientes**

El consumo y digestibilidad de nutrientes evaluado durante un periodo de 5 días de digestión se encuentra en la tabla 14. El consumo de materia seca (MS) en el presente estudio tendió a aumentar en los corderos alimentados con RC ( $P = 0.054$ ); a diferencia de (Dinus & Oltjen, 1971) y (Sherrod & Hansen, 1973), quienes reportaron un efecto negativo en el consumo de MS al incluir papel periodico. Mientras que, (Wolf, Titgemeyer, Berger, & Fahey, 1994), probaron el uso de papel periodico tratado con 2% de HCl y posteriormente autoclavandolo durante 4 horas (HCl-P) y papel periodico sin tratar (P) incorporandolos en dietas para ovinos en cinco niveles (0, 20% HCl-P, 40% HCl-P, 20% P y 40% P), obtuvieron que el consumo de MS fue igual en el control con los tratamientos que incluian el HCl-P, pero al utilizar el papel sin tratar el consumo bajó considerablemente. De la misma forma, (Nishimuta, Sherrod, Furr, & Hansen, 1969) no observaron diferencias en el consumo de MS al incluir papel de oficina respecto al control. El descenso en el consumo de MS podría explicarse por el comportamiento selectivo de los ovinos, al no aceptar y evitar el consumo del papel periódico de gran tamaño de partícula, separándolo del resto de la ración (Wolf, Titgemeyer, Berger, & Fahey, 1994).

El consumo de materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), grasa, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) no fue distinto entre las dietas experimentales ( $P \geq 0.44$ ), ver Tabla 14. Algo semejante ocurrió con el consumo de MO en el estudio de (Wolf, Titgemeyer,

Berger, & Fahey, 1994), donde el consumo no fue menor al utilizar el papel periódico tratado con 2% de HCl comparado con el control; sin embargo, al utilizar el papel periodico sin tratar el consumo se redujo. Por otro lado, el consumo de PC reportado por (Wolf, Titgemeyer, Berger, & Fahey, 1994) fue menor tanto en los animales alimentados con el papel periodico tratado como sin tratar en comparación al control, y el consumo de FDN y FDA fue mayor al incluir el papel periodico tratado, seguido por el control y con el menor valor el papel sin tratar.

**Tabla 14**

*Efecto de la suplementación de residuos de celulosa en el consumo y digestibilidad de nutrientes en corderos durante un periodo de 5 días de digestión*

Ítem	Dietas <sup>1</sup>			EEM <sup>2</sup>	Contrastes <sup>3</sup>	
	0	7.5	15		1	2
<b>Consumo de nutrientes, kilogramos/día</b>						
Materia seca	1.45	1.62	1.73	0.016	0.054	0.384
Materia orgánica	1.36	1.47	1.49	0.013	0.241	0.827
Proteína cruda	0.23	0.26	0.27	0.0003	0.078	0.406
Grasa	0.09	0.09	0.11	0.001	0.074	0.107
Fibra detergente neutra	0.29	0.28	0.28	0.0005	0.639	0.872
Fibra detergente acida	0.24	0.25	0.27	0.0005	0.270	0.540
<b>Digestibilidad de nutrientes, %</b>						
Materia seca	80.87	77.37	74.92	0.00006	0.0008	0.053
Materia orgánica	82.99	82.56	82.54	0.27	0.638	0.985
Proteína cruda	77.24	76.45	75.51	0.33	0.406	0.565
Grasa	88.37	89.58	89.41	0.30	0.337	0.889
Fibra detergente neutra	56.22	49.82	51.36	0.35	0.053	0.595
Fibra detergente ácida	67.91	69.91	72.86	0.33	0.049	0.111

<sup>1</sup> 0: suplementación de 0% de residuo de celulosa; 7.5: suplementación de 7.5% de residuo de celulosa; 15: suplementación de 15% de residuo de celulosa.

<sup>2</sup> EEM: Error estándar de la muestra.

<sup>3</sup> Valor-P de los contrastes: 1, Control vs promedio 7.5 y 15% de RC; 2, 7.5% vs 15% de RC.

La digestibilidad de MS fue menor al suplementar el RC (P = 0.0008) y tuvo una tendencia a disminuir (P = 0.053) al subir el nivel de RC de 7.5 a 15%. El descenso en la digestibilidad de MS presente en este estudio concuerda con lo obtenido por otros autores como (Sherrod & Hansen,

1973) y (Dinus & Oltjen, 1971), los cuales al utilizar papel periódico obtuvieron bajos niveles de digestibilidad de MS probablemente por la calidad del mismo 17.4% lignina y 75.3% FDA en el estudio de cada autor, respectivamente. El comportamiento también fue reportado por (Wolf, Titgemeyer, Berger, & Fahey, 1994) al utilizar papel periodico tratado con HCl. Al evaluar la digestibilidad de MS mediante técnicas in vitro, (Daniels, Campbell, Martz, & Hedrick, 1970) y (Mertens, Campbell, Martz, & Hilderbrand, 1971) reportaron una mejor digestibilidad al incluir papel periódico. Así mismo, otros investigadores obtuvieron que esta digestibilidad de MS aumentó a medida que se incrementaba el RC hasta 45%, lo cual pudo deberse al bajo porcentaje de lignina presente el papel de oficina (1.6%) frente al del heno de sorgo (13.6%) usado en la dieta que no contenía el RC (Nishimuta, Sherrod, Furr, & Hansen, 1969).

Al incluir RC, la digestibilidad de FDA aumentó ( $P = 0.049$ ); mientras que, la digestibilidad de FDN tendió a disminuir ( $P = 0.053$ ), ambas respecto a la dieta control (Tabla 14). El incremento de la digestibilidad de FDA al suplementar RC reportado en el presente estudio podría ser atribuido a la calidad y cantidad de FDA presente en el heno de alfalfa (33.03%) y en el RC (26.62%). Según (Sherrod & Hansen, 1973), la FDA puede variar dependiendo del tipo de papel. Por ejemplo, el papel periódico tiene grandes proporciones de pulpa mecánica, la cual contiene la mayoría de la lignina mientras que la calidad del papel de oficina consiste principalmente de pulpa química de la cual la mayoría de la lignina ha sido removida. Consecuentemente, el RC al ser una fuente de pulpa química contiene una menor cantidad de lignina frente al heno de alfalfa, incrementando así su digestibilidad. De esta forma concordando con el presente estudio, (Murdock & Kromann, 1977) reportaron un incremento de la digestibilidad de FDA al incluir un RC, y (Wolf, Titgemeyer, Berger, & Fahey, 1994) una menor digestibilidad de FDN al utilizar papel periodico tratado con HCl (FDA = 82.4%, LDA = 27.2%) respecto a control. En contraste, (Dinus & Oltjen, 1971)

tuvieron bajos niveles de digestibilidad de FDA al incluir papel periódico de alto contenido de FDA (75.3%) en las dietas de novillos. Al igual que (Wolf, Titgemeyer, Berger, & Fahey, 1994), quienes reportaron una menor digestibilidad de FDA respecto al control al utilizar papel periódico.

Finalmente, la digestibilidad de la MO, PC y grasa no fue afectada al incorporar RC ( $P \geq 0.59$ ) (Tabla 14). Comportamiento que ya ha sido reportado en el pasado por (Sherrod & Hansen, 1973), quienes observaron que la digestibilidad de PC y de grasa no se vio afectada al incluir hasta un 15% de papel periódico, pero la de MO y fibra cruda descendió. A diferencia de (Wolf, Titgemeyer, Berger, & Fahey, 1994), quienes reportaron un descenso en la digestibilidad de MO y PC al suplementar papel periódico tratado con HCl y sin tratar, respecto al control. Además, (Nishimuta, Sherrod, Furr, & Hansen, 1969) observaron que la digestibilidad de grasa no fue afectada al suministrar hasta 15% de papel de oficina, mientras que la digestibilidad de PC, MO y fibra cruda se elevaron.

Según (Sherrod & Hansen, 1973) la variación de la digestibilidad de nutrientes es atribuida a la diferencia del valor nutritivo de los distintos RC usados, los cuales dependiendo de su fuente y procesamiento (mecánico y químico) han mostrado tener una gran variabilidad en valores de digestibilidad in vitro (20.1 a 90.8%) probados por (Mertens, Martz, & Campbell, 1971). De igual forma, (Belyea, Darcy, & Jones, 1979) probaron la digestibilidad in vitro de ocho tipos de residuos de papel y reportaron que el potencial digestible del papel de oficina y fundas de papel fue de 80.16 a 88.16 %, del papel corrugado no encerado fue de 68.93 a 69.59%, y del papel corrugado encerado y del papel periódico fue de 27.19 a 48.19%. De esta forma, el papel de oficina ha mostrado un alto potencial para ser utilizado en dietas para rumiantes, y por lo contrario del papel periódico un muy bajo potencial de la fibra digestible y valor en dietas para rumiantes.

#### 4.4 Calidad de carcasa

Ninguna de las variables de la calidad de la carcasa fueron alteradas por el régimen alimenticio al incluir RC ( $P \geq 0.12$ ) (Tabla 15). Sin embargo, el peso vivo vacío al suplementar RC incrementó en un 5% en comparación al grupo control ( $P = 0.05$ ). Estos resultados concuerdan con (Dinus & Oltjen, 1971), quienes reportaron que las características de la canal de acabado en novillos no fueron afectadas significativamente por 5 o 10% de papel periódico como un sustituto de forraje en la ración. Al igual que lo reportado por (Lemieux & Wilson, 1979), donde no se presentaron diferencias en las características de la canal en ovinos alimentados con pulpa fina de madera.

Los resultados del peso vivo al sacrificio del presente estudio difieren a los obtenidos por (Daniels, Campbell, Martz, & Hedrick, 1970), (Fritschel, y otros, 1976) y (Sherrod & Hansen, 1973), quienes reportaron un mayor peso final en los becerros que fueron alimentados con el tratamiento control en comparación a los alimentados con tratamientos que contenían distintos niveles de papel periódico, afirmando que pudo haber sido causado por: el tipo de RC suministrado y el grado de aceptación de los animales, o los altos niveles de papel periódico en la dieta, asociados a un menor consumo de alimento.

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en el peso a la canal caliente y fría ( $P \geq 0.08$ ). Estudios previos han reportado los mismos resultados. Por ejemplo, (Daniels, Campbell, Martz, & Hedrick, 1970) no encontraron diferencias en el peso a la canal caliente, al suplementar un 8 y 12% de papel periódico en novillos. Así mismo, (Lemieux & Wilson, 1979) reportaron que los carneros castrados y las ovejas alimentadas con pulpa fina de madera no tuvieron distintos pesos a la canal fría respecto al control. El rendimiento comercial y verdadero no fue afectado ( $P \geq 0.44$ ) al utilizar RC. De igual forma, (Lemieux & Wilson, 1979) no encontraron

diferencias entre las dietas que contenían pulpa fina de madera y el control en el rendimiento comercial en ovinos. Resultado que se asemeja a lo obtenido en el presente estudio, donde tampoco se encontraron diferencias entre el control y las dietas que contenían RC ( $P = 0.81$ ). Sin embargo, (Lemieux & Wilson, 1979) reportaron un rendimiento comercial promedio de 50.7%; mientras que, en la presente investigación fue de 48.7%.

La profundidad de la grasa no presentó diferencias al incluir RC ( $P \geq 0.44$ ), pero sí una tendencia a incrementar ( $P = 0.07$ ) al subir el nivel de RC a 15%. Resultados que no concuerdan con lo obtenido por (Daniels, Campbell, Martz, & Hedrick, 1970), quienes reportaron que las canales de los novillos que habían recibido el tratamiento de 8 y 12% presentaron menos grasa que las canales que habían recibido el tratamiento control. Por otro lado, (Lemieux & Wilson, 1979) reportaron una profundidad de la grasa de 0.38 cm en carneros castrados alimentados con pulpa fina de madera, y de 0.58 en ovejas alimentadas con el mismo sub-producto; además, no encontraron diferencias entre el tratamiento control y las dietas que incluían la pulpa de madera. Resultados que difieren a los obtenidos en el presente estudio, ya que la profundidad de la grasa mostró una tendencia a incrementar con la suplementación del RC. Aunque por otro lado, el promedio de la profundidad de la grasa obtenido en el presente estudio (0.41 cm) fue semejante al observado en el estudio de (Lemieux & Wilson, 1979) en los carneros castrados.

No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P = 0.99$ ) en el área de ojo de bife. Estos resultados concuerdan con lo observado por (Lemieux & Wilson, 1979), quienes reportaron que no encontraron una diferencia significativa entre el tratamiento control y las dietas que contenían la pulpa fina de madera en ovinos. El valor promedio obtenido por (Lemieux &



Wilson, 1979) en el área del músculo *Longissimus dorsi* fue de 14.8 cm<sup>2</sup>; mientras que, en el presente estudio se obtuvo un área del mismo músculo de 15.6 cm<sup>2</sup> (Tabla 15).

**Tabla 15**

*Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre el rendimiento y calidad de carcasa en corderos*

Ítem	Dietas <sup>1</sup>			EEM <sup>2</sup>	Contrastes <sup>3</sup>	
	0	7.5	15		1	2
Peso vivo al sacrificio, kg	43.77	45.09	46.53	0.26	0.08	0.24
Contenido digestivo, kg	3.65	3.07	3.94	0.19	0.78	0.14
Peso vivo vacío, kg	40.11	42.01	42.59	0.22	0.05	0.62
Peso canal caliente, kg	21.51	22.48	22.95	0.19	0.08	0.51
Peso canal fría, kg	21.27	22.12	22.51	0.67	0.12	0.58
Rendimiento comercial, %	48.54	49.07	48.40	0.26	0.81	0.44
Rendimiento verdadero, %	53.62	53.50	53.91	0.26	0.91	0.62
Desperdicio <sup>4</sup> , %	1.30	1.59	1.91	0.22	0.24	0.44
Profundidad de la grasa, cm	0.39	0.38	0.46	0.003	0.44	0.07
Área del músculo, cm <sup>2</sup>	15.56	15.56	15.56	0.27	0.99	1.00

<sup>1</sup> 0: suplementación de 0% de residuo de celulosa; 7.5: suplementación de 7.5% de residuo de celulosa; 15: suplementación de 15% de residuo de celulosa.

<sup>2</sup> EEM: Error estándar de la muestra.

<sup>3</sup> Valor-*P* de los contrastes: 1, Control vs promedio 7.5 y 15% de RC; 2, 7.5% vs 15% de RC.

<sup>4</sup> Valor proveniente del peso de la cola.

El rendimiento por cortes de carne no fue alterado al suplementar RC ( $P \geq 0.16$ ) (Tabla 16). En forma descriptiva las piernas, hombros, brazos y costillas fueron las piezas que se encontraron en mayor proporción (33.73, 15.68, 12.88 y 10.00%, respectivamente) en las canales comerciales de los corderos en estudio. Los resultados de cada uno de los cortes de la carne de cordero están acorde a los reportados por las especificaciones institucionales para la compra de carne (IMPS) del (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2014). Por ejemplo, para una carcasa de 25 kg de peso, el porcentaje de rack y costilla corresponden a 10.90%. Así mismo, (Snowder & Duckett, 2003) al alimentar 3 razas de corderos con una dieta comercial peletizada obtuvieron los

siguientes porcentajes de cortes respecto al peso de la carcasa fría: hombros, 24%; rack, 10%; lomo, 11% y piernas, 31%. Estos valores concuerdan con lo obtenido en el presente estudio, con excepción de los hombros cuyo porcentaje en los distintos tratamientos alcanzo 15.68%.

**Tabla 16**

*Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre rendimiento por corte de carne en corderos*

Ítem	Dietas <sup>1</sup>			EEM <sup>2</sup>	Contrastes <sup>3</sup>	
	0	7.5	15		1	2
Cuello, %	3.84	4.05	4.40	0.01	0.17	0.22
Hombros, %	15.13	15.77	16.13	0.26	0.32	0.67
Brazos, %	12.55	11.65	11.43	0.19	0.08	0.71
Rack, %	10.24	10.05	9.88	0.27	0.69	0.81
Costillas, %	10.20	10.29	9.53	0.21	0.47	0.07
Lomo, %	8.63	8.28	8.87	0.39	0.92	0.28
Flancos, %	3.73	3.91	3.71	0.12	0.82	0.60
Piernas, %	33.54	33.87	33.77	0.39	0.71	0.89
Desperdicio <sup>4</sup> , %	1.68	1.62	1.66	0.05	0.86	0.83

<sup>1</sup> 0: suplementación de 0% de residuo de celulosa; 7.5: suplementación de 7.5% de residuo de celulosa; 15: suplementación de 15% de residuo de celulosa.

<sup>2</sup> EEM: Error estándar de la muestra.

<sup>3</sup> Valor-P de los contrastes: 1, Control vs promedio 7.5 y 15% de RC; 2, 7.5% vs 15% de RC.

<sup>4</sup> Valor proveniente del peso de la grasa ventral del lomo.

Las calificaciones para la conformación de la carcasa y Flank Streaking se muestran en la Tabla 17. No se observó diferencia significativa en la infiltración de la grasa (Flank Streaking) y conformación de la carcasa al incluir el RC ( $P \geq 0.54$ ). La infiltración de grasa en las carcasas tuvo un valor promedio de 2.17 en la escala, representando una calificación de slight. Este resultado difiere a lo encontrado por (Sherrod & Hansen, 1973), quienes reportaron que la infiltración de la grasa en las carcasas de los novillos al ser alimentados con papel periódico estuvo dentro de la escala small. Así mismo, (Lemieux & Wilson, 1979) obtuvieron una calificación de small en la

carcasa de carneros castrados y ovejas al utilizar pulpa fina de madera en los tratamientos 0, 23, 40, 60 y 67%, pero en el tratamiento 20% la calificación que obtuvieron fue slight. Respecto a la conformación de la carcasa, los tratamientos al incluir o no el RC alcanzaron un valor promedio de 2.57, representando una conformación entre Pr- y Ch°. Resultado que fue similar a lo obtenido por (Sherrod & Hansen, 1973) y (Dinus & Oltjen, 1971), quienes reportaron que las carcasas de novillos en la etapa de finalización presentaron una conformación Ch°. De la misma forma, (Lemieux & Wilson, 1979) reportó que al alimentar carneros castrados y ovejas con pulpa fina de madera la calificación de las carcasas para todos los tratamientos fueron de entre Ch° y Pr-.

**Tabla 17**

*Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre flank streaking y conformación de la carcasa en corderos*

Ítem	Dietas <sup>1</sup>			T <sup>2</sup>	Valor-P <sup>3</sup>
	0	7.5	15		
Flank Streaking <sup>4</sup>	2.14	2.38	2.00	0.65	0.539
Conformación de la carcasa <sup>5</sup>	2.57	2.50	2.63	0.46	0.641

<sup>1</sup> 0: suplementación de 0% de residuo de celulosa; 7.5: suplementación de 7.5% de residuo de celulosa; 15: suplementación de 15% de residuo de celulosa.

<sup>2</sup> Valor del estadístico Friedman.

<sup>3</sup> Valor-P del tratamiento.

<sup>4</sup> Frank Streaking: 1=traces, 2=slight, 3=small, 4=modest, 5=moderate.

<sup>5</sup> Conformación de la carcasa: 1=Pr°, 2=Pr-, 3=Ch°, 4=Ch-, 5=Gd+.

#### 4.5 Perfil de ácidos grasos y aminoácidos

El ácido oleico fue el principal AG encontrado, seguidos por los ácidos palmítico y esteárico (Tabla 18), lo cual también fue reportado en los estudios de (Morales, y otros, 2010), (Mamani & Gallo, 2013) y (Cruz, y otros, 2014). Valores similares fueron obtenidos por (Snowder & Duckett, 2003), donde el porcentaje ácido oleico fue de 42.40%, palmítico de 24.27% y esteárico de 17.66%, para corderos de raza Dorper alimentados con una dieta alta en granos. Autores como (Morales, y

otros, 2010), (Mamani & Gallo, 2013) y (Cruz, y otros, 2014) reportaron valores menores de ácido oleico 30.09 a 36.2% en distintas razas de ovinos alimentados con forrajes fueron reportados.

**Tabla 18**

*Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre el contenido (g/100 g de músculo fresco) de ácidos grasos del músculo Biceps femoris de corderos Dorper x Katahdin*

Ítem		Dietas <sup>1</sup>			EEM <sup>2</sup>	Contrastes <sup>3</sup>	
		0	7.5	15		1	2
<b>Ácidos grasos saturados, %</b>							
Ac. Láurico	C 12:0	0.84	0.59	2.56	0.52	0.655	0.352
Ac. Mirístico	C 14:0	4.38	3.43	3.27	0.04	0.129	0.077
Ac. Palmítico	C 16:0	26.52	25.69	23.80	0.24	0.071	0.082
Ac. Margárico	C 17:0	0.66	1.00	1.20	0.28	0.132	0.433
Ac. Esteárico	C 18:0	11.23	11.13	9.69	0.13	0.158	0.079
Ac. Araquídico	C 20:0	0.64	0.35	1.13	<0.01	0.321	0.062
<b>Ácidos grasos monoinsaturados, %</b>							
Ac. Palmitoleico	C 16:1 n-9	3.94	4.41	4.69	0.03	0.065	0.266
Ac. Oleico	C 18:1 n-9	43.71	42.82	44.21	<0.01	0.888	0.432
Ac. Eicosenoico	C 20:1 n-9	0.59	0.85	0.20	<0.01	0.341	0.035
<b>Ácidos grasos poliinsaturados, %</b>							
Ac. Hexadecadienoico	C 16:2 n-4	0.76	0.82	1.03	0.19	0.781	0.759
Ac. Linoleico	C 18:2 n-6	4.74	5.20	4.80	0.07	0.447	0.337
Ac. Alfa Linolénico	C 18:3 n-3	0.59	1.08	0.88	0.11	0.509	0.772
Ac. Estearidónico	C 18:4 n-3	0.36	0.63	0.48	0.05	0.582	0.736
Ac. Eicosapentaenoico	C 20:5 n-3	0.34	0.38	0.25	<0.01	0.706	0.134
Ac. Docosahexaenoico	C 22:6 n-3	0.19	0.26	0.22	<0.01	0.535	0.658
<b>Suma de ácidos grasos<sup>4</sup>, %</b>							
	Σ SFA	44.49	42.74	42.87	<0.01	0.230	0.919
	Σ UFA	55.51	57.26	57.13	<0.01	0.230	0.919
	Σ MUFA	47.96	48.91	49.10	1.67	0.514	0.911
	Σ PUFA	7.55	8.36	8.04	0.12	0.217	0.524
	Σ HUFA	0.97	0.64	0.85	0.04	0.389	0.458
	Σ n-3	1.92	2.02	1.76	0.20	0.966	0.670
	Σ n-6	4.88	5.51	5.26	<0.01	0.315	0.626
	Σ n-9	47.96	48.91	49.10	1.67	0.514	0.911
	n-3/n-6	0.79	0.38	0.49	0.02	0.141	0.612

<sup>1</sup> 0: suplementación de 0% de residuo de celulosa; 7.5: suplementación de 7.5% de residuo de celulosa; 15: suplementación de 15% de residuo de celulosa.

<sup>2</sup> EEM: Error estándar de la muestra.

<sup>3</sup> Valor-P de los contrastes: 1, Control vs promedio 7.5 y 15% de RC; 2, 7.5% vs 15% de RC.

<sup>4</sup> SFA = ácidos grasos saturados; UFA = ácidos grasos insaturados; MUFA = ácidos grasos monoinsaturados; PUFA = ácidos grasos poliinsaturados; HUFA = ácidos grasos altamente insaturados; n-3 = omega 3; n-6 = omega 6; n-9 = omega 9.

Existió una tendencia, dentro de los AGs insaturados, a incrementar el ácido araquidónico al suplementar RC ( $P = 0.062$ ). En los AGs monoinsaturados, el ácido eicosenoico presentó un mayor porcentaje al suministrar 7.5% de RC comparado con el 15% de RC ( $P = 0.035$ ), y el palmitoleico tendió a disminuir al no incluir el RC ( $P = 0.065$ ). El resto de AGs analizados, así como las distintas sumas de los mismos no fueron afectados por la incorporación del RC en las dietas ( $P \geq 0.071$ ).

En el presente estudio, la carne de ovino en promedio mostró un porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) de 7.98 y ácidos grasos saturados (SFA) de 43.37, también una relación PUFA/SFA promedio para todas las dietas de 0.19 y una relación omega-6/omega-3 de 2.75 fueron obtenidas. Estos valores concuerdan con lo obtenido en otros estudios realizados en ovinos de distintas edades, manejo y tipo de alimentación como lo reportado por (Snowder & Duckett, 2003), donde obtuvieron un porcentaje PUFA de 7.68 y SFA de 44.82 y relación PUFA/SFA de 0.17, al alimentar ovinos raza Dorper con un concentrado comercial. Valores similares fueron obtenidos por (Mamani & Gallo, 2013) y (Lobos & Martínez, 2016).

De acuerdo al Departamento Británico de Salud, una carne deseable debe tener una composición rica en PUFA y pobre en SFA, una relación PUFA/SFA mayor a 0.45 y omega-6/omega-3 menor a 4 (Lobos & Martínez, 2016); parámetros comúnmente usados para evaluar el valor nutricional y consumo saludable de grasa intramuscular. Grasas con bajo PUFA/SFA son consideradas no favorables porque pueden inducir a un incremento de colesterol en la sangre (Mamani & Gallo, 2013). Los valores para la relación omega-6/omega-3 obtenidos en el presente estudio cumplen esta recomendación (menor de 4), pero la relación PUFA/SFA fue más baja que el mínimo recomendado (0.45). Resultados similares a lo descrito por (Lee, Kannan, Egea, Kouakou, & Getz, 2008), (Enser, y otros, 1998) y (Sañudo, Alfonso, Sánchez, Delfa, & Teiceira, 2000), quienes

reportaron que la grasa de los rumiantes normalmente presenta valores de PUFA/SFA por debajo de los recomendados de entre 0.15 a 0.25.

Por otro lado, (Villar, Pavan, Giraud, & Santini, 2013), al comparar el uso de concentrados vs forraje en corderos merino, obtuvieron que el porcentaje de PUFA fue de 16.25 y de SFA de 40.4, relación PUFA/SFA de 0.4 y omega-6/omega-3 de 1.95 y 2.73, para los corderos alimentados solo con forraje o suplementados con concentrado respectivamente; valores que fueron más adecuados a los obtenidos en el presente estudio, con respecto al cumplimiento de las recomendaciones del Departamento Británico de Salud. Resultados que podrían ser explicados por (Mamani & Gallo, 2013), quienes indican que animales alimentados con forraje fresco tienen más altos niveles de PUFA, AGs omega-3 y CLA que los alimentados con concentrado, proveyendo perfiles de AGs en la carne más adecuados para el consumidor. Los lípidos de los forrajes frescos tienen la característica de una dominancia del AG C18:3, precursor de la serie omega-3, mientras que los concentrados tienen dominancia del AG C18:2, precursor de la serie omega-6 (Fisher, y otros, 2000).

No existieron diferencias ( $P \geq 0.29$ ) entre tratamientos en el contenido de aminoácidos (AA) (Tabla 19). Adicionalmente, diferencias significativas no fueron notadas entre tratamientos en el contenido de proteína verdadera en el músculo. Los resultados obtenidos no muestran una relación entre el suministro de RC a corderos y la composición de AAs y proteína verdadera. Los AAs del musculo de cordero obtenido contiene ocho de los nueve AAs esenciales para la alimentación humana (WHO, FAO, ONU, 2007). Composiciones similares ya han sido reportadas en otros ensayos por (Przybylski, y otros, 2017), quienes reportaron una mayor cantidad de ácido glutámico, tirosina y serina; igual cantidad de arginina e histidina; y menor cantidad del resto de AAs en

corderos machos Corriedale (PV = 30.5 kg). Además, cantidades importantes de AAs fueron encontrados en el presente estudio. Según la (WHO, FAO, ONU, 2007) el contenido de lisina recibe mayor atención debido a que es AA limitante en cereales. Así mismo, (Brzostowski, Niznikowski, & Tanski, 2008) atribuye la calidad nutritiva del musculo de corderos a AAs esenciales como histidina, metionina, lisina y fenilalanina; AAs encontrados en cantidades mayores que (Przybylski, y otros, 2017). El perfil de AAs obtenido cubre los requerimientos de proteína (0.66 g/kg por día) y AAs esenciales agrupados (0.18 g/kg por día) como en forma individual necesarios en la dieta humana (WHO, FAO, ONU, 2007).

**Tabla 19**

*Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre el contenido (g/100 g de músculo fresco) de aminoácidos del músculo Biceps femoris de corderos Dorper x Katahdin*

Ítem	Dietas <sup>1</sup>			EEM <sup>2</sup>	Contrastes <sup>3</sup>	
	0	7.5	15		1	2
<b>Aminoácidos esenciales</b>						
Arginina	1.94	1.76	1.66	0.02	0.365	0.710
Histidina	1.39	1.14	1.20	0.02	0.397	0.824
Isoleucina	1.19	5.30	1.05	0.32	0.561	0.329
Leucina	1.91	1.80	1.85	0.00001	0.682	0.809
Lisina	4.41	4.00	3.27	0.17	0.541	0.615
Metionina	1.22	1.12	1.13	0.007	0.492	0.949
Fenilalanina	1.20	1.09	1.01	0.008	0.382	0.683
Treonina	1.08	1.05	1.09	0.0004	0.827	0.326
Valina	0.92	0.80	0.78	0.005	0.343	0.859
<b>Aminoácidos no esenciales</b>						
Alanina	1.46	1.37	1.44	0.01	0.729	0.734
Ácido aspártico	2.45	2.22	2.13	0.02	0.346	0.747
Ácido glutámico	4.03	3.93	3.82	0.03	0.600	0.734
Glicina	0.68	0.66	0.69	0.0002	0.739	0.386
Tirosina	1.06	0.95	0.96	0.004	0.393	0.967
Serina	0.63	0.58	0.52	0.001	0.210	0.359
<b>Proteína Verdadera</b>	<b>25.56</b>	<b>27.75</b>	<b>22.51</b>	<b>0.28</b>	<b>0.795</b>	<b>0.09</b>

<sup>1</sup> 0: suplementación de 0% de residuo de celulosa; 7.5: suplementación de 7.5% de residuo de celulosa; 15: suplementación de 15% de residuo de celulosa.

<sup>2</sup> EEM: Error estándar de la muestra.

<sup>3</sup> Valor-P de los contrastes: 1, Control vs promedio 7.5 y 15% de RC; 2, 7.5% vs 15% de RC.

Los principales AGs encontrados en el tejido sub-cutáneo se encuentran de igual forma en el tejido muscular (Tabla 18). El ácido oleico fue el principal AG encontrado, seguido por los ácidos palmítico y esteárico (Tabla 20), valores similares fueron reportados por (Snowder & Duckett, 2003) en los ácidos oleico y palmítico (38.89 y 23.64%), mientras que el ácido esteárico (21.50%) mostró un valor superior al del presente estudio. Así mismo, (Martínez, Pérez, Pérez, Gómez, & Carrión, 2010) indican que estos tres AGs representan más del 70% del total y que el ácido oleico esta en mayor proporción en todos los depósitos grasos, alcanzando valores alrededor de un 40% en la grasa sub-cutánea y muscular.

Un mayor porcentaje de ácido esteárico al no incluir el RC ( $P=0.015$ ) fue observado. Resultados similares han sido reportados por (Snowder & Duckett, 2003), quienes mencionan que la concentración de ácido esteárico presente en el tejido sub-cutáneo fue mayor en corderos de raza Dorper, al ser alimentados con una dieta comercial peletizada. De igual forma, (Lobos & Martínez, 2016) indican que la grasa de los ovinos se caracteriza por poseer un menor contenido en ácidos grasos poliinsaturados y una mayor saturación, causada principalmente por la mayor proporción de ácido esteárico; comportamiento que se debe a la acción bacteriana a nivel ruminal, que degrada la mayoría de los PUFA de la dieta transformándolos en SFA y MUFA, para luego incorporarse en mayor medida en los tejidos.

Por otro lado, (Mensink, 2005) menciona que el ácido esteárico es desaturado más rápidamente que otros ácidos grasos, por lo que es considerado neutro desde la perspectiva de la salud humana, debido a que su metabolismo puede resultar tan efectivo para reducir el colesterol plasmático como el ácido oleico.



**Tabla 20**

*Efecto de la suplementación de residuos de celulosa sobre el contenido (g/100 g de tejido fresco) de ácidos grasos del tejido sub-cutáneo de corderos Dorper x Katahdin*

Ítem		Dietas <sup>1</sup>			EEM <sup>2</sup>	Contrastes <sup>3</sup>	
		0	7.5	15		1	2
<b>Ácidos grasos saturados, %</b>							
Ac. Láurico	C 12:0	0.34	0.39	0.68	0.03	0.395	0.290
Ac. Mirístico	C 14:0	4.28	5.09	2.32	0.07	0.163	0.01
Ac. Pentadecanoico	C 15:0	1.31	1.09	2.17	0.02	0.296	0.127
Ac. Palmítico	C 16:0	23.61	22.75	22.80	0.16	0.510	0.971
Ac. Margárico	C 17:0	2.15	2.24	3.00	0.38	0.772	0.686
Ac. Estearico	C 18:0	11.41	8.50	7.11	0.19	0.015	0.113
<b>Ácidos grasos monoinsaturados, %</b>							
Ac. Palmitoleico	C 16:1 n-9	5.42	6.54	8.47	<0.01	0.321	0.406
Ac. Oleico	C 18:1 n-9	44.45	44.94	47.47	0.68	0.526	0.444
<b>Ácidos grasos poliinsaturados, %</b>							
Ac. Hexadecadienoico	C 16:2 n-4	2.39	2.85	5.27	0.41	0.439	0.407
Ac. Linoleico	C 18:2 n-6	2.82	2.73	3.42	0.28	0.781	0.542
Ac. Alfa Linolénico	C 18:3 n-3	0.57	1.19	1.24	0.25	0.408	0.956
Ac. Estearidónico	C 18:4 n-3	0.21	0.05	0.23	<0.01	0.509	0.289
Ac. Araquidónico	C 20:4 n-6	0.93	0.77	0.57	0.09	0.674	0.709
<b>Suma de ácidos grasos<sup>4</sup>, %</b>							
	Σ SFA	43.12	39.97	38.78	3.98	0.209	0.666
	Σ UFA	56.88	60.03	61.22	4.01	0.212	0.667
	Σ MUFA	50.46	52.41	33.72	258.58	0.699	0.432
	Σ PUFA	6.44	7.61	8.09	0.55	0.477	0.826
	Σ n-3	0.77	1.21	1.47	0.27	0.418	0.740
	Σ n-6	3.28	3.50	3.99	0.22	0.554	0.587
	Σ n-9	50.46	52.41	58.34	0.15	0.007	0.006
	n-3/n-6	0.035	0.04	0.06	<0.01	0.360	0.307

<sup>1</sup> 0: suplementación de 0% de residuo de celulosa; 7.5: suplementación de 7.5% de residuo de celulosa; 15: suplementación de 15% de residuo de celulosa.

<sup>2</sup> EEM: Error estándar de la muestra.

<sup>3</sup> Valor-*P* de los contrastes: 1, Control vs promedio 7.5 y 15% de RC; 2, 7.5% vs 15% de RC.

<sup>4</sup> SFA = ácidos grasos saturados; UFA = ácidos grasos insaturados; MUFA = ácidos grasos monoinsaturados; PUFA = ácidos grasos poliinsaturados; n-3 = omega 3; n-6 = omega 6; n-9 = omega 9.

El ácido mirístico mostró una mayor proporción al incluir en la dieta 7.5% de RC ( $P = 0.01$ ). Las sumas de los AGs no fueron afectados por la incorporación del RC, a excepción de los omega-9 que aumentó un 5% con la inclusión del RC comparado al tratamiento control ( $P = 0.007$ ) y en un 6% con la inclusión de 15% de RC comparado al tratamiento 7.5% de RC ( $P = 0.006$ ). Además, respecto a la calidad de los AGs, la composición fue semejante a la observada en el musculo. En el tejido sub-cutáneo el porcentaje promedio entre tratamientos que se obtuvo fue de PUFA de 7.38 y de SFA de 40.62, la relación PUFA/SFA de 0.18 y la relación omega-6/omega-3 de 3.28. Consecuentemente, la relación omega-6/omega-3 se ajusta a lo recomendado (menor a 4), mientras que la relación PUFA/SFA no (mayor a 0.4).

#### **4.6 Análisis económico**

El beneficio bruto del tratamiento 15% de RC fue 5.9 y 1.7% superior respecto al control y 7.5% de RC, respectivamente (Tabla 21), sin embargo, el tratamiento 15% tuvo los costos variables 3.4 y 6.2% mayores que el control y el 7.5% de RC, respectivamente, debido a un mayor consumo del tratamiento 15%. Consecuentemente, el tratamiento 7.5% de RC presentó la mejor relación beneficio/costo de 1.60, lo que indica que por cada dólar invertido se ganó 60 centavos, superando en 6.7 y 3.9% al control y el 15% de RC, respectivamente. El beneficio neto obtenido por la venta de todos los corderos de la dieta 7.5% fue 17.0 y 4.6% mayor que el tratamiento control y el 15% de RC, respectivamente. De esta forma, la dieta 7.5% de RC fue la mejor, ya que el control y el 15% tuvieron beneficios netos menores y costos variables mayores respecto al 7.5% de RC. En otras palabras, a una mayor inversión el beneficio obtenido fue menor con las dietas control y 15%.

**Tabla 21**  
*Análisis de beneficio/costo*

Parámetros	Dietas experimentales		
	0	7.5	15
1. Rendimiento peso canal fría, kilogramos	146.87	153.32	156.08
2. Precio/kg/, dólares (\$)	5.00	5.00	5.00
3. Venta a la canal, \$	734.35	766.60	780.40
4. Venta vísceras, \$	35.00	35.00	35.00
5. Venta cabeza y patas, \$	14.00	14.00	14.00
6. Beneficio bruto, \$	783.35	815.60	829.40
<b>Costos fijos, \$</b>			
7. Infraestructura	38.25	38.25	38.25
8. Trabajador	35.36	35.36	35.36
9. Total costos fijos	73.61	73.61	73.61
<b>Costos variables, \$</b>			
10. Coderos	85.00	85.00	85.00
11. Alimentación	350.60	338.51	365.59
12. Medicinas	14.00	14.00	14.00
13. Total costos variables	449.60	437.51	464.69
14. Costos totales	523.21	511.12	538.3
15. Beneficio neto	260.14	304.48	291.1
16. Beneficio/costo	<b>1.50</b>	<b>1.60</b>	<b>1.54</b>

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

En base a los resultados observados en la presente investigación se concluye que:

- La suplementación de hasta 15% de residuo de celulosa no tuvo efecto en el consumo de alimento, la ganancia de peso y conversión alimenticia en corderos.
- Al suplementar el residuo de celulosa en un 7.5 y 15% se presentó una mayor frecuencia en la que los corderos excretaban con consistencia pastosa, mientras que en el nivel anémico (FAMACHA) y condición corporal no se presentó ningún efecto.
- El consumo de nutrientes y la digestibilidad de grasa, materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutra no se vio afectado al incorporar el residuo de celulosa hasta un 15%, pero la digestibilidad de materia seca disminuyó y la digestibilidad de la fibra detergente ácida aumentó al incluirlo.
- Las características de la carcasa no se vieron alteradas por el régimen alimenticio al incluir el residuo de celulosa hasta un 15%. Sin embargo, el peso vivo vacío al suplementarlo incrementó en un 5% en comparación al tratamiento control.
- La dieta 7.5% de residuo de celulosa fue el tratamiento con la mayor relación beneficio/costo frente a la dieta control y 15% de residuo de celulosa, con una ganancia de 60 centavos por cada dólar invertido.

## 5.2 Recomendaciones

De los resultados observados en el presente estudio se recomienda:

- En investigaciones donde se trabaja en el área de nutrición animal para evaluar la inclusión de nuevos sub-productos, es muy importante considerar un periodo adecuado de adaptación de los animales antes de iniciar la toma de datos.
- En el futuro, se deberán realizar nuevos ensayos para evaluar el efecto de la inclusión de residuos de celulosa en niveles superiores a los probados en este estudio en dietas para ovinos.
- Probar la inclusión de este tipo de residuo de celulosa en formas previamente tratadas para elevar su palatabilidad, calidad nutricional o digestibilidad como: suministrarla en forma seca y molida, junto con otros suplementos alimenticios, peletizada o tratándola con álcalis.
- Incorporar el residuo de celulosa en dietas para rumiantes mayores (bovinos), los cuales al tener un mayor consumo comparado al de los ovinos, incluirán mayor cantidad de este sub-producto en las dietas disminuyendo así el impacto ambiental que este genera.
- Evaluar el uso del residuo de celulosa en campo en animales que se encuentren en condiciones de pastoreo.
- Utilizar métodos de mayor sensibilidad para la detección del estado anémico, como pruebas de hematocrito y hemoglobina.
- Realizar pruebas organolépticas de la carne de los corderos alimentados con el residuo de celulosa.

### 5.3 Bibliografía

- Abo, J. (2001). Utilization of corrugated cardboard in fattening rations of Awassi lambs. *Small ruminant research*, 167-170.
- American Oil Chemists' Society. (2017). *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*. Boulder.
- AOAC. (1980). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington, D.C.
- Armijos, W. (2014). *Caracterización bromatológica y digestibilidad in vitro de la materia seca de 15 variedades de pastos de la sierra Ecuatoriana*. Sangolquí.
- Arronis, V. (2009). *Recomendaciones sobre sistemas intensivos de producción de carne: Estabulación, Semiestabulación y Suplementación estratégica en pastoreo*. Retrieved April 4, 2017
- Arthur, L., Kessler, B., & Cunningham, S. (1999). *Lamb Carcasses Evaluation*. Retrieved April 6, 2017, from <http://ag.ansc.purdue.edu/sheep/ansc442/semprojs/carcass/442.htm>
- Asghar, M., Khan, S., & Mushtaq, S. (2008). Management of treated pulp and paper mill effluent to achieve zero. *Journal of Environmental Management*, 1285-1299.
- Asociación Nacional de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón. (2008). *Guía de gestión de residuos (fábricas de pasta, papel y cartón)*. Madrid: Asociación Nacional de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón.
- Bavera, G., & Peñafort, C. (2006). *Producción Animal*. Retrieved 04 05, 2018, from [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/61-heces\\_del\\_bovino\\_y\\_relacion\\_con\\_la\\_alimentacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/61-heces_del_bovino_y_relacion_con_la_alimentacion.pdf)
- Belyea, R., Darcy, B., & Jones, K. (1979). Rate and extent of digestion and potentially digestible cell wall of waste papers. *Journal of Animal Science*, 49.
- Brzostowski, H., Niznikowski, R., & Tanski, Z. (2008). Quality of goat mear from purebred French Alpine kids and Boer cossbreeds. *Arch. Tierz.*, 51, 381-388.
- Cárdenas, J. (2010). *Comportamiento productivo de corderos encastados Katahdin y Dorper en finalización*. Santiago Ixcuintla: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Castellaro, G., Orellana, C., & Escanilla, J. (2015). *Manual Básico de Nutrición y Alimentación del Ganado Ovino*. Retrieved April 4, 2017, from <http://ficovino.agronomia.uchile.cl/wp->

content/uploads/2016/01/Manual-B% C3% A1sico-de-Nutrici% C3% B3n-y-Alimentaci% C3% B3n-Ovina.pdf

- Cheeke, P. (2005). *Applied Animal Nutrition: Feeds and Feeding*. New Jersey: Pearson.
- Comerford, J. (n.d.). *PennState Extension*. Retrieved Abril 17, 2018, from <https://extension.psu.edu/by-products-for-cattle>
- Contreras, P., & Noro, M. (2010). Rumen: Morfofisiología, Trastornos y Modulación de la Actividad Fermentativa. In R. Anrique, *Metabolismo Ruminal de los Hidratos de Carbono* (pp. 25-36). Valdivia: América.
- Cook, T. (2017). *Perennial ryegrass Lolium perenne L.* Retrieved from <http://horticulture.oregonstate.edu/system/files/PerennialRyegrass.pdf>
- Coombe, J., & Briggs, A. (1974). Use of waste paper as a feedstuff for ruminants. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 292-301.
- Cruz, M., Sánchez, D., López, J., Munguia, J., Molina, R., Rivera, F., & Hernández, J. (2014). Caracterización del perfil de ácidos grasos en carne de borrego de engorda utilizando cromatografía de gases. *Nacameh*, 8, 39-49.
- Curnow, M. (2017, Septiembre 8). *Condition scoring of sheep*. Retrieved from <https://www.agric.wa.gov.au/management-reproduction/condition-scoring-sheep>
- Daniels, L., Campbell, J., Martz, F., & Hedrick, H. (1970). An evaluation of newspaper as feed for ruminants. *Journal of Animal Science*, 30, 593.
- Davis, L., Sharkey, M., & Williams, D. (1975). Utilization of sewage algae in association with paper in diets of sheep. *Agriculture and Environment*, 2, 333-338.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2014, Noviembre). *Lambs grade and standard*. Retrieved from <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/lamb-grades-and-standards>
- Depner, R., Cecim, M., Molento, M., Rocha, R., & Gaviao, A. (2007). Growth performance in naturally infected lambs under selective treatment with FAMACHA method and preventive treatment. *Archives of Veterinary Science*, 32-37.
- Di Loria, A., Veneziano, V., Piantedosi, D., Rinaldi, L., Cortese, L., Mezzino, L., . . . Ciaramella, P. (2009). Evaluation of the FAMACHA system for detecting the severity of anaemia in sheep from southern Italy. *Veterinary Parasitology*, 53-59.

- Dinius, D., & Bond, J. (1975). Digestibility, ruminal parameters and growth by cattle feed a waste wood pulp. *Journal of Animal Science*, 41.
- Dinus, D., & Oltjen, R. (1971). Newsprint as a feedstuff for beef cattle. *Journal of Animal Science*, 33, 1344.
- Dirección de Educación Agraria. (2012). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Retrieved April 4, 2017, from [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina/146-MANUAL\\_DE\\_OVINOS.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/146-MANUAL_DE_OVINOS.pdf)
- Enser, M., Hallett, K., Hewett, B., Fursey, A., Wood, J., & Harrington, G. (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, 49, 329-341.
- Facey Group. (2013). *Nutritional management of Dorpers for reproduction and growth in Australia: A literature review*. Sydney: Meat & Livestock Australia Limited.
- FAO. (2003). *FAMACHA ©. Resistencia a los Antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América Latina* (Vol. 157). Estudio FAO Producción y Sanidad Animal.
- FASS. (2010). *Guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching* (Third ed.). United States of American: Federation of animal Science Societies.
- Fisher, A., Enser, M., Richardson, R., Wood, J., Nute, G., & Kurt, E. (2000). Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed production system. *Meat Science*, 55, 141-147.
- Fritschel, P., Satter, L., Baker, A., McGovern, J., Vatthauer, A., & Millett, M. (1976). Aspen bark and pulp residue for ruminant feedstuffs. *Journal of Animal Science*, 1513-1521.
- Gallardo, M. (2000). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Retrieved 04 06, 2018, from <http://rafaela.inta.gov.ar/revistas/inf0900.htm>
- Galyean, M. (2010). *Laboratory procedures in animal nutrition research*. Lubbock: Texas Tech University.
- Galyean, M., & Hubbert, M. (2014). Review: Traditional and alternative sources of fiber-Roughage values, effectiveness, and levels in starting and finishing diets. *The Professional Animal Scientist*, 571-584.
- Gélvez, L. (2017). *Gramineas*. Retrieved April 17, 2018, from [http://mundo-pecuario.com/tema191/gramineas/pasto\\_azul-1051.html](http://mundo-pecuario.com/tema191/gramineas/pasto_azul-1051.html)



- Giménez, D. (1994). Nutrient Requirements of Sheep and Goats. *Extension Animal Scientist*, 15-22.
- Google Earth. (2017). *Google Earth*. Retrieved from <https://www.google.com/earth>
- Grupo Familia. (2017). *Informe de Sostenibilidad*. Retrieved from <http://www.familiainstitucional.com/Media/Default/Sostenibilidad/ReporteSostenibilidad.pdf>
- Hall, M. (1993). *PennState Extension*. Retrieved from <https://extension.psu.edu/white-clover>
- Hall, M. (2008). *PennState Extension*. Retrieved from <https://extension.psu.edu/red-clover>
- Hannaway, D., Fransen, J., Cropper, J., Teel, M., Chaney, M., Griggs, T., . . . Lane, W. (1999, Abril). *Oregon State University*. Retrieved from [http://extension.oregonstate.edu/douglas/sites/default/files/documents/lf/2016/pnw501\\_a.\\_ryegrass.pdf](http://extension.oregonstate.edu/douglas/sites/default/files/documents/lf/2016/pnw501_a._ryegrass.pdf)
- Katahdin Hair Sheep International. (2017, Abril 04). *Katahdin Hair Sheep International: Breed Whose Time Has Come*. Retrieved from <http://www.katahdins.org/about-the-breed/breed-standard/>
- Kenneth, B. (2012, Febrero 02). Paper Making. *Encyclopedia Britannica*. Retrieved from <https://www.britannica.com/topic/papermaking#toc82432>
- Lee, J., Kannan, G., Eega, K., Kouakou, B., & Getz, W. (2008). Nutritional and quality characteristics of meat from goats and lambs finished under identical dietary regime. *Small Ruminant Research*, 74, 255-259.
- Lema, E., & Cacuango, G. (2012). *Crecimiento y desarrollo de ovinos corriedale estabulados utilizando tres mezclas forrajeras al corte, en el sector Peguche del cantón Otavalo*. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream-123456789/2123/1/TESIS%20OVINOS.pdf>
- Lemieux, P., & Wilson, L. (1979). Nutritive evaluation of a waste wood pulp in diets for finishing lambs. *Journal of Animal Science*, 49.
- Lobos, I., & Martínez, B. (2016). *Calidad nutricional de los cortes de carne del cordero chilote con identificación geográfica*. Osorno: INIA. Retrieved from <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40655.pdf>
- Malik, R., Razzaque, M., Yateem, A., Dandan, A. E.-N., & Al-Bather, A. (1999). Growth, feed conversion efficiency and carcass composition of Arabian fat-tailed lambs fed diets with

- different proportions of a cardboard-based protein-enriched fermented feed. *Small Ruminant Research*, 33, 181-187.
- Mamani, L., & Gallo, C. (2013). Perfil de ácidos grasos de carne de ovino y caballo criados bajo un sistema de producción extensiva. *Revista investigativa veterinaria Perú*, 24, 257-263.
- Martínez, A., Pérez, M., Pérez, L., Gómez, G., & Carrión, D. (2010). Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *REDVET*, 8.
- Mensink. (2005). Effects of stearic acid on plasma lipid and lipoproteins in humans. *Lipids*, 12, 01-5.
- Mertens, D., Campbell, J., Martz, F., & Hilderbrand, E. (1971). Lactational and Ruminant Response of Dairy Cows to Ten and Twenty Percent Dietary Newspaper. *Journal of Dairy Science*, 54, 667-672.
- Mertens, D., Martz, F., & Campbell, J. (1971). In Vitro Ruminant Dry Matter Disappearance of Selected Waste Papers. *Journal of Dairy Science*, 54, 931-933.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2016). *Censos y encuestas*. Retrieved from <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/resultados-censo-nacional/file/591-reporte-de-resultados-censo-nacional-completo>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2013). *Cría de ovinos*. Retrieved from <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/HOMBRO%20A%20HOMBRO/manuales/Manual%20La%20cr%C3%ADa%20de%20ovinos.pdf>
- Molina, C. (2010). *Evaluación de diferentes abonos orgánicos en la producción de forraje de una mezcla forrajera de alfalfa y pasto azul, en el canton mocha parroquia la Matriz*. Riobamba. Retrieved from <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/1133/1/17T01008.pdf>
- Monte, M., Fuente, E., Blanco, A., & Negro, C. (2009). *Waste management from pulp and paper production in the European Union*. Madrid: Universidad Complutense.
- Monteros, J. (2009). *Optimización de una granja ovina para la producción de carne*. Retrieved April 12, 2018, from <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1840/1/CD-2414.pdf>
- Morales, M., Pérez, P., Maino, M., Hervé, M., Castellaro, G., Gallardo, P., & Ruiz, N. (2010). Perfil de ácidos grasos de carne de ovinos clasificados con el estándar de clasificación en pie de Fundación Chile-Universidad de Chile. *Innova Chile*, 28-29.
- Murdock, F., & Kromann, R. (1977). The digestibility and nutritive value for dairy heifers of rations containing cellulose fibre. *Animal Feed Science and Technology*, 2, 287-295.

- National Research Council. (2007). *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. Washington: The National Academies Press.
- Nishimuta, J., Sherrod, L., Furr, D., & Hansen, K. (1969). Nutritive Value of Sheep Rations Containing Various Levels of Paper. *Journal of Animal Science*, 29, 642-646.
- Partida, J. A., Braña, D., Jiménez, H., Ríos, F., & Buendía, G. (2013). *Producción de carne ovina*. Ajuchitlán: Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal.
- Proyecto de desarrollo de la producción de cárnicos sanos en el norte del Ecuador. (2006). *Manual técnico para producción de ovinos N°3*. Ibarra.
- Przybylski, W., Zelechowska, E., Czauderna, M., Jaworska, D., Kalicka, K., & Wereszka, K. (2017). Protein profile and physicochemical characteristics of meat of lambs fed diets supplemented with rapeseed oil, fish oil, carnosic acid, and different chemical forms of selenium. *Archives Animal Breeding*, 105-118.
- Razzaque, M., Al-Nasser, A., Salaman, A., Aderibigbe, A., & Church, D. (1986). Corrugated cardboard and dried poultry manure as dietary ingredients for sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 14, 265-278.
- Relling, A., & Mattioli, G. (2003). *Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes*. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Rizzon, M., Ollhoff, R., & Santos, C. (2018). Sensitivity and specificity of the FAMACHA system in growing lambs. *Veterinary Parasitology*, 251, 106-111.
- Romero, O., & Bravo, S. (2009). *Alimentación y Nutrición en Ovinos*. Retrieved April 5, 2017, from <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38521.pdf>
- Romero, O., & Bravo, S. (2017). *Recursos forrajeros para la producción ovina*. Retrieved April 16, 2018, from <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38522.pdf>
- Sánchez, S. (2012). *Importancia de las razas Katahdin y Dorper en la ganadería ovina de pelo de México*. Ejido palma de la Cruz: Universidad Autónoma de San Luis de Potosí.
- Sañudo, C., Alfonso, M., Sánchez, A., Delfa, R., & Teiceira, A. (2000). Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the EU carcass classification system. *Meat Science*, 56, 89-94.
- SCA Publication Papers. (2017). *Fabricación del papel*. Retrieved from [http://www.sca.com/Global/Publicationpapers/pdf/Brochures/Papermaking\\_ES.pdf](http://www.sca.com/Global/Publicationpapers/pdf/Brochures/Papermaking_ES.pdf)

- Sheep 201. (2017). *A Beginner's Guide to Raising Sheep*. Retrieved from <http://www.sheep101.info/201/>
- Sherrod, L., & Hansen, R. (1973). Newspaper levels as roughage in ruminant ratios. *Journal of Animal Science*, 36(3).
- Snowder, G., & Duckett, S. (2003). Evaluation of the South African Dorper as a terminal sire breed for growth, carcass, and palatability characteristics. *Journal of Animal Science*, 81, 368-375.
- Teschke, K., & Demers, P. (1998). Industria del papel y de la pasta del papel. In J. Mager, *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones.
- Thompson, J., & Meyer, H. (1994). *Oregon State University*. Retrieved from <https://catalog.extension.oregonstate.edu>
- University of Maryland. (n.d.). *Carbohydrates: Inexpensive Sources of Energy*. Retrieved April 16, 2018, from <https://extension.umd.edu/poultry/small-flock-production/carbohydrates-inexpensive-sources-energy>
- Vargas, C. (2006). FAMACHA control de Haemonchosis en caprinos. *Agronomía Mesoamericana*, 79-88.
- Vázquez, E., Partida de la Peña, J., Rubio, M., & Méndez, D. (2011). Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. *México Ciencia Pecuaria*, 247-258.
- Vega, C., & García, D. (2011). *Guía practica para pequeños productores ovinos*. Tunja: Jotamar LTDA.
- Villar, L., Pavan, E., Giraudo, C., & Santini, F. (2013). Perfil de ácidos grasos de corderos merino con suplementación invernal. In G. Covas, *Avances en calidad de carne de ovinos, caprinos, porcinos y aves* (pp. 37-41). La Pampa: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- WHO, FAO, ONU. (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. Singapore: World Health Organization.
- Wolf, B., Titgemeyer, E., Berger, L., & Fahey, G. (1994). Effects of chemically treated, recycled newsprint on feed intake and nutrient digestibility by growing lambs. *Journal of Animal Science*, 72, 2508-2517.

Yanti, Y., & Yayota, M. (2017). Agricultural by-products as feed for ruminants in tropical area: nutritive value and mitigating methane emission. *Reviews in Agricultural Science*, 5, 65-76.