

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE FORRAJE SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE  
DIETAS OFRECIDAS A CERDOS EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO Y  
ENGORDE

por

Rocío LEIVAS

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2017

Tesis aprobada por:

Director: -----  
Ing. Agr. Andrea González

-----  
Ing. Agr. Laura Astigarraga

-----  
DMV. Alberto Casal

Fecha: 19 de abril de 2017

Autor: -----  
Rocío Leivas Pacheco da Silva

## AGRADECIMIENTOS

En especial a mi familia la cual me brinda su apoyo en todo lo emprendido a nivel académico y personal, estando incondicionalmente. A Manuel mi novio por estar de igual manera y a todas las personas que han formado y forman parte de este camino.

A la tutora, cotutora, vocal y al profesor Oscar Bentancur por el apoyo brindado y la paciencia en todo este proceso.

Al personal de la Facultad de Agronomía Portería Biblioteca, Unidad de Enseñanza, Bedelía, Microscopia, compañeros estudiantes, personal de la Catedra de Suinos, CRS y en especial al personal del Laboratorio de Nutrición Animal que participaron en todo el proceso de análisis.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. ANTECEDENTES SOBRE EL USO DE FORRAJES EN LAS DIETAS DE CERDOS .....	3
2.2. VALOR NUTRITIVO DE LOS FORRAJES PARA CERDOS .....	4
2.2.1. <u>Consumo de forrajes</u> .....	4
2.2.2. <u>Digestibilidad de los forrajes</u> .....	5
2.2.3. <u>Definición de fibra</u> .....	6
2.2.4. <u>Eficiencia de utilización de los forrajes</u> .....	8
2.3. ALFALFA ( <i>Medicago sativa</i> ).....	9
2.4. ACHICORIA ( <i>Cichorium intybus</i> ) .....	10
2.5. HIPÓTESIS .....	11
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	12
3.1. LOCALIZACIÓN .....	12
3.2. INSTALACIONES .....	12
3.3. ANIMALES .....	12
3.4. ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DIARIOS .....	12
3.4.1. <u>Consumo voluntario (g/día)</u> .....	12
3.4.2. <u>Energía Metabolizable (EM)</u> .....	13
3.4.3. <u>Lisina Ileal Digestible Aparente (LIDA)</u> .....	14
3.4.4. <u>Proteína cruda</u> .....	14
3.4.5. <u>Aminoácidos</u> .....	14
3.5. ALIMENTOS EN EVALUACIÓN .....	15
3.6. DIETAS EXPERIMENTALES .....	15
3.7. ANÁLISIS QUÍMICOS .....	16

3.8.	VARIABLES EN ESTUDIO .....	16
3.9.	MANEJO EXPERIMENTAL .....	17
3.10.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	17
4.	<u>RESULTADOS</u> .....	18
4.1.	PESO DE LOS ANIMALES.....	18
4.2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES .....	18
4.3.	CONSUMO DIARIO DE NUTRIENTES .....	20
4.4.	DIGESTIBILIDAD APARENTE “ <i>IN VIVO</i> ” DE LOS NUTRIENTES.....	21
4.4.1.	<u>Digestibilidad aparente “<i>in vivo</i>” de la materia seca por períodos</u> .....	22
4.4.2.	<u>Digestibilidad de la materia orgánica por período</u> .....	22
4.4.3.	<u>Digestibilidad de la proteína cruda por período</u> .....	23
4.4.4.	<u>Digestibilidad de la fibra detergente neutro por período</u> .....	24
5.	<u>DISCUSIÓN</u> .....	26
6.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	29
6.1.	RECOMENDACIONES .....	30
7.	<u>RESUMEN</u> .....	31
8.	<u>SUMMARY</u> .....	32
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	33
10.	<u>ANEXOS</u> .....	38

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Clasificación de la fibra según grado de hidrosolubilidad. ....	7
2. Consumos de alimento balanceado comparativos entre los dos tratamientos .....	10
3. Estimación de las ganancias diarias esperadas .....	13
4. Requerimientos diarios de proteína (expresado como %, base fresca). ....	14
5. Composición química de la alfalfa y la achicoria para cada una de las digestibilidades (% , base seca). ....	15
6. Composición porcentual de las dietas experimentales .....	16
7. Medias de peso inicial (kg) por tratamiento y por período .....	18
8. Composición química (base seca, %) de los alimentos para cada período. ....	19
9. Composición química de las dietas ofrecidas (base seca, %). ....	19
10. Consumo diario de MS (gramos/día) por tratamiento y período. ....	20
11. Consumo de MO (gramos/día) por tratamiento y período .....	20
12. Consumo promedio de proteína cruda por período (gramos/día). ....	21
13. Medias y coeficientes de digestibilidad aparente “in vivo” .....	21
Gráfico No.	
1. Digestibilidad de la MS por período y tratamiento .....	22
2. Digestibilidad de la MO por período y tratamiento. ....	23
3. Digestibilidad de la proteína cruda por período y tratamiento. ....	24
4. Digestibilidad de la fibra detergente neutro por período y tratamiento. ....	25

## 1. INTRODUCCIÓN

La información brindada por el último censo agropecuario realizado de nuestro país, indica que la producción de cerdos ocupa 0,1% de la superficie agropecuaria total explotada, distribuidas en 8080 explotaciones, de las cuales el 29% son identificadas como comerciales y de estas 6,4 % tienen como principal fuente de ingreso al rubro porcino (514 explotaciones, MGAP. DIEA, 2011).

Una de las características de las explotaciones porcinas en nuestro país ha sido la diversidad de sistemas de producción que coexisten, encontrándose diferentes combinaciones de genética, alimentos y manejo. Esta diversidad ha sido explicada como una estrategia utilizada por los productores para enfrentar las dificultades de rentabilidad en la producción (Pereira et al., 2011)

Los costos de alimentación representan el 80% de los costos de producción y como consecuencia del incremento sostenido de los precios de los granos, debido al aumento en la demanda para la producción de biocombustible, y/o el consumo humano. Por esta razón la inclusión de los alimentos alternativos ha sido una propuesta para mantener la rentabilidad de los sistemas (Barlocco 2007, González y Bauzá 2009).

Así encontrándose entre los sistemas de alimentación más difundidos en nuestro país, la combinación de concentrados y forrajes u/o otros que utilizan concentrados y suero con o sin acceso a forrajes (MGAP. DIEA, 2011).

Numerosos estudios reportan resultados positivos cuando se incluyen los forrajes en dietas para cerdos. En esas investigaciones, se han evaluado la utilización de gramíneas y leguminosas bajo forma de pastoreo directo o cortado y ofrecido a los animales en situaciones de confinamiento, con y sin restricción del concentrado. Las principales conclusiones en todos los casos refieren a un aporte de los forrajes de proteínas, vitaminas y minerales (Bauzá y Petrocelli 2005a, Barlocco 2007).

Sin embargo, coinciden también en estos casos que se han evidenciado una reducción de los indicadores de performance cuando el concentrado es restringido en cantidades superiores al 20% de la materia seca ofrecida. Bauzá et al. (2005b, 2006) no observaron efectos depresivos significativos en la velocidad de crecimiento cuando se restringe el concentrado hasta un 20% de la materia seca en condiciones de pastoreo, asumiendo que los animales logran obtener de los forrajes la cantidad de nutrientes necesarios para su crecimiento.

Un aspecto aún sin explicar, es cuál sería el máximo nivel de inclusión de forraje que se podría utilizar en dietas para cerdos en crecimiento, sin afectar los parámetros de performance cuando son utilizados como un ingrediente más en la formulación de dietas.

Para esto es importante conocer los valores de digestibilidad de los nutrientes y como varían estos coeficientes en función del peso vivo.

Se plantean las siguientes interrogantes:

1. ¿cómo varían los coeficientes de digestibilidad de las dietas cuando se incrementan los niveles de inclusión de los forrajes?

2. ¿las variaciones en los coeficientes de digestibilidad son independientes del tipo de forraje que se incluye?

Se plantea como objetivo general conocer la utilización digestiva de dietas para cerdos en la etapa crecimiento engorde, cuando se les ofrece dietas con niveles de inclusión progresiva de alfalfa y achicoria.

El objetivo específico es: determinar el coeficiente de digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) para dietas que incluyen 10, 20 y 30% de achicoria y alfalfa.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ANTECEDENTES SOBRE EL USO DE FORRAJES EN LAS DIETAS DE CERDOS

En décadas pasadas, los forrajes eran un componente más de los sistemas de producción porcina, considerados por su aporte de vitaminas, minerales y aminoácidos (Kephart et al., 2010).

En Estados Unidos, a partir de la década del cincuenta, alimentaban a sus cerdos con raciones poco elaboradas y forraje de alfalfa, obteniendo buenos resultados productivos. Con el desarrollo de los nutrientes sintéticos y acompañando la instalación de sistemas de producción intensivos, se fue sustituyendo por los concentrados, mantenido principalmente su uso en las categoría cerdos adultos, principalmente en la etapa de gestación (Wheaton y Rea, 1993).

En América Latina también existe una larga trayectoria sobre el manejo de la pastura como tapiz vegetal en los sistemas de producción porcina. En Argentina, donde se utilizan forrajes de alfalfa y trébol blanco tanto en gestación, lactación como en recría y terminación, se recomienda que los forrajes a utilizar deben ser de excelente calidad, haciendo referencia al contenido de fibra y a la digestibilidad (Faner, 2007).

La bibliografía brinda amplia información vinculada a la evaluación de dietas ofrecidas a cerdos adultos cuando se sustituye la materia seca del concentrado por forrajes y en los que predomina el uso de la alfalfa (*Medicago sativa*) y los tréboles (*Trifolium sp.*, Wheaton y Rea 1993, Carlson y Johansen 1997, Edward 2003).

Los niveles de inclusión varían principalmente en función al estado fisiológico de los animales, reportándose los mayores niveles para las cerdas en la etapa de gestación (Calvert et al. 1985, Wheaton y Rea 1993).

Más restringida es la información publicada para la etapa de crecimiento engorde, y las mismas presentan resultados diversos en lo que refiere a la forma de suministro y nivel de sustitución. Carlson et al. (1999) evaluaron dietas que incluían tréboles en la etapa de floración temprana suministrados en forma de ensilados o frescos obteniendo valores de ingestión de forrajes entorno al 20% de la MS sin encontrar diferencias en la digestibilidad de la MS, MO, PC.

Sin embargo Joergensen et al. (2012) evaluando dietas con trébol blanco a inicios de floración, obtuvieron reducciones en la digestibilidad de la E cuando incluía niveles de un 10 a 12% de forraje en sustitución de la MS.

En Uruguay desde el año 1967, se registran trabajos de evaluación del uso de los forrajes en las dietas de cerdos, cuyo objetivo principal ha sido reducir los costos de la alimentación. Para ello se han evaluado sustituciones de la MS del concentrado de la dieta, por MS de los forrajes (Azzarini et al. 1973, Bauzá et al. 2005c, Barlocco 2007).

Estudios realizados por Bauza (2003) reportaron consumos de 370 y 385 g MS/día de forraje en la etapa de recría al reducir de 10 al 30 % del concentrado, lo que representa un 17 a 21% de la ingestión total, cuando los animales se encontraban en pastoreo directo. Estos niveles de consumo afectaron negativamente la velocidad de crecimiento de los mismos.

En el año 2005 se realizó una recopilación de trabajos nacionales, vinculados al tema utilización de forrajes en cerdos los cuales coinciden en indicar una reducción de los indicadores de performance cuando el concentrado se restringe en cantidades superiores al 20% de la MS ofrecida. Estas evaluaciones, no han tomado en cuenta aportes nutricionales de los forrajes para formular las dietas concentradas, ni las diferencias en la utilización de los nutrientes, consecuencia de una diferente composición de los mismos.

## 2.2. VALOR NUTRITIVO DE LOS FORRAJES PARA CERDOS

Un forraje queda definido como cualquier material vegetal que puede ser consumido por los animales y su valor nutritivo quedará definido por el consumo que realiza el animal, la digestibilidad y la eficiencia con que es utilizado por el mismo (Church 1984, Hodgson 1990).

Cuando se incluyen los forrajes en las dietas, es imprescindible conocer el componente fibra y las características de la misma como origen, composición química, propiedades físicas o químicas que son fundamentales para su utilización eficiente. Las interacciones entre estos factores y sus efectos en los procesos digestivos y fisiológicos del animal limitan su incorporación a las dietas (Savón, 2001).

### 2.2.1. Consumo de forrajes

La respuesta productiva de los cerdos está directamente vinculada a la capacidad de consumir la energía y los nutrientes requeridos para un rendimiento óptimo. El consumo voluntario estará afectado por factores dependientes de la dieta

como la concentración de energía, niveles de proteína y el equilibrio de aminoácidos y otros factores no dietarios como el sexo y peso, estado de salud, ambiente térmico.<sup>1</sup>

En la mayoría de los casos, la densidad energética de la dieta es el primer determinante del consumo diario promedio de alimento en cerdos (Henry, 1985). A medida que se reduce el contenido de energía disponible en la dieta, los cerdos intentarán mantener una ingesta diaria constante de energía ingiriendo más alimento, hasta que esté limitada por la capacidad física u otros factores ambientales (Beaulieu et al., 2014). Es así que cuando se incluyen forrajes en las dietas de los cerdos, se está diluyendo la concentración de energía digestible, como consecuencia de su elevado contenido de fibra y por ello, el animal incrementará su consumo para satisfacer las necesidades nutricionales.

Si el forraje es ofrecido fresco, su elevado contenido de humedad causara que sea la distensión física del tracto gastrointestinal el primer regulador del consumo (Low, 1985). Si el forraje ofrecido esta conservado (heno), y es ofrecido picado y mezclado, la fibra será el nutriente limitante de los niveles de consumo (Lindberg, 2014).

Esto ha conducido a utilizar forrajes principalmente en las categorías de animales adultos, cerdas gestantes y lactantes, por su mayor capacidad del aparato digestivo, donde se han reportado resultados positivos (Edwards 2003, Kephart 2010).

Cuando los forrajes son ofrecidos a cerdos en crecimiento, su menor capacidad del TGI limita a que el animal logre cubrir sus requerimientos afectando su rendimiento productivo. Este efecto se ve agravado en las modernas líneas genéticas seleccionadas para la obtención de carcasas magras, en las que se ha visto reducido el consumo voluntario (Edwards, 2003).

### 2.2.2. Digestibilidad de los forrajes

El cerdo al ser un animal monogástrico no presenta en su tracto gastrointestinal (TGI) enzimas capaces de digerir los componentes de la pared celular, tales como hemicelulosa y celulosa, a diferencia de un rumiante que si hacen uso eficiente de estos componentes por su capacidad de fermentación pre-gástrica. Los cerdos tienen una fermentación microbiana restringida a la parte terminal del intestino (McDonald et al., 2006).

La degradación de la fibra ocurre principalmente en el ciego y colon por acción de las enzimas microbianas. La naturaleza química de la fibra, su solubilidad y su grado de lignificación determinan la velocidad y el grado total de degradación de estos

---

<sup>1</sup> Li, Q.; Patience, J. s.f. Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs (en prensa).

polímeros en el intestino grueso. Los valores promedios de coeficientes de digestibilidad de la fibra reportados están entre 0,4 y 0,5 con valores inferiores a mayor contenido de lignina (Noblet y Le Goff, 2001).

Para Ogle (2006) hay efectos negativos en la digestibilidad de las dietas y en el crecimiento de los cerdos cuando se incluyen forrajes, pero el grado de reducción de digestibilidad y el crecimiento dependerán de factores, como la fuente de fibra, la composición, el nivel de alimentación, el método de procesamiento, la edad y raza del cerdo.

### 2.2.3. Definición de fibra

Se define la fibra como los componentes de las plantas resistentes a la digestión de las enzimas de los mamíferos y a la absorción en el intestino delgado, siendo fermentadas total o parcialmente a nivel del intestino grueso particularmente en el ciego (Gerritis y Verstegen 2006, McDonald 2006). La conceptualización de la fracción fibra ha evolucionado acompañando el desarrollo de los métodos analíticos, sin embargo el objetivo siempre ha sido agrupar las fracciones que no son digeridas por las enzimas producidas por el animal.

La fibra bruta determinada por el sistema proximal de análisis de Weende (Henneberg y Stohmann, 1859) o análisis proximal de los alimentos cuantifica los carbohidratos estructurales y la lignina de un alimento que son resistentes al tratamiento con ácido y con álcalis. Sin embargo esta determinación tiene escaso significado biológico ya que proporciona poca información sobre las propiedades físicas o químicas de sus componentes (Bach Knudsen, 2001).

El método de Van Soest o método de los detergentes (Van Soest y Wine, 1967) identifica los componentes de la pared como Fibra Detergente Neutro (FDN) y mejora la caracterización de la pared, al separar constituyentes solubles y nutricionalmente disponibles (contenido celular) de aquellos que son parcial o completamente indisponibles y cuya degradación es dependiente de la fermentación microbiana (Bach Knudsen, 2001).

Pero es con la determinación de los polisacáridos no amiláceos (PNA) que se brinda más información de los efectos sobre la fisiología de los animales. Los polisacáridos no amiláceos quedan definidos como todos los polímeros de carbohidratos que contienen al menos veinte residuos de monosacáridos y llegan al colon. Se clasifican en celulosa B-glucanos, hemicelulosas, pectinas, gomas y mucílagos (Gerritis y Verstegen, 2006).

Los PNA tienen una parte soluble más digestible e insoluble de más difícil digestión por el cerdo. Los PNA actúan de distintas maneras en el tracto gastrointestinal destacándose la fermentación de lo más soluble al principio del intestino grueso y lo más insoluble hacia la zona terminal del intestino (Gerritis y Verstegen, 2006).

Así los betaglucanos, arabinosilanos solubles y las pectinas son degradados rápidamente en el ciego y en el colon proximal, que la parte más insoluble compuesta por celulosa, arabinosilanos insolubles se degradan más lentamente en el área más lejana del colon (Bach Knudsen, 2011).

A partir de esta conceptualización de fibra como PNA, se mencionan sus propiedades como el grado de solubilidad, fermentabilidad y viscosidad muy importantes desde el punto de vista práctico, para caracterizar el tipo de fibra presente en el alimento y sus efectos sobre la digestibilidad (Escudero y González 2006, McDonald 2006).

Cuadro 1. Clasificación de la fibra según grado de hidrosolubilidad.

Fibra	Lignina		Insoluble en agua ( fibra insoluble)
	Polisacáridos no amiláceos	Celulosa	
		Hemicelulosa tipo B	
		Hemicelulosa tipo A Pectina Goma Mucilago	Soluble en agua (fibra soluble)

Fuente: adaptado de Escudero y González (2006).

Las fibras solubles son aquellas que en contacto con el agua forman un retículo donde quedan atrapadas, originándose soluciones de gran viscosidad, lo que puede retrasar la difusión de las enzimas, sustratos y nutrientes hacia la superficie de absorción por lo cual podría enlentecer la aparición de nutrientes en plasma, viéndose afectadas la digestibilidad y la absorción de nutrientes (Bach Knudsen, 2001, 2011).

Las fibras insolubles son las que son capaces de retener agua en la matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad por lo cual se estaría produciendo un aumento de la masa fecal, con una aceleración del tránsito intestinal (Escudero y González, 2006).

La fermentabilidad está bastante asociada a la solubilidad de la fibra, que cuando llega al intestino grueso puede ser atacada por las enzimas de las bacterias del colon digiriéndolas en mayor o menor medida dependiendo de su estructura (Escudero y González, 2006).

Existe una relación inversa entre la fermentación de la fibra y el volumen fecal. A menor fermentabilidad se obtendrá un mayor volumen y peso de las heces. La utilización de fibras más degradables con menor retención de agua es favorable para la disminución del volumen fecal (Savón, 2002).

La fibra puede físicamente impedir la acción de las enzimas en el tracto digestivo, puede acelerar el tránsito de la digesta, y puede afectar la digestión de otros nutrientes, por lo que puede disminuir su digestibilidad del alimento y su aprovechamiento en cerdos (Le Goff et al., 2002).

En animales más jóvenes la inclusión de fibra soluble tiene escaso efecto sobre la digestibilidad de nutrientes, excepto para la proteína que se ve perjudicada debido a una mayor excreción de nitrógeno de origen microbiano, mientras que la fibra insoluble afecta la motilidad del TGI debido a sus propiedades físicas (Mateo et al., 2006).

Las ligninas polímeros que resultan de la unión de varios fenoles también son componentes de las paredes celulares de los vegetales. Y son los que contribuyen a dar una estructura y rigidez a la misma. Este componente no se digiere, no se absorbe y su presencia tiene un efecto negativo en la digestibilidad de los lípidos ya que por su capacidad de unirse a los ácidos biliares y al colesterol retrasa la absorción de los mismos en el intestino delgado (Noblet y Le Goff, 2001).

#### 2.2.4. Eficiencia de utilización de los forrajes

Los productos generados a partir de la fermentación de los carbohidratos son los ácidos grasos volátiles (AGV), gases (hidrógeno, anhídrido carbónico y metano) y calor. El ácido acético es el principal contribuyente de la energía para el animal, pudiendo representar entre un 25 y 30% de la ED. El ácido butírico es utilizado principalmente por la mucosa del colon y la mayor parte del ácido propiónico es absorbido y llega al hígado para ser utilizado como recurso gluconeogénico (Yen et al., 1991).

Los AGV son absorbidos por un proceso pasivo vía vena porta (Jensen y Jorgensen, 1994). La eficiencia energética de la fermentación comparada con la digestión enzimática y absorción de monosacáridos es menor como resultado de las pérdidas asociadas a la producción de metano, hidrógeno, y calor de fermentación y una baja eficiencia de utilización de los AGV en el metabolismo intermedio.

Jorgensen et al. (1996) determinaron en trabajos de experimentación con cerdos una eficiencia de utilización de los AGV en un rango de 0,7 a 0,8 cuando eran

infundidos en el ciego y colon, lo que indica un 5 a 10% menos de la eficiencia que la obtenida de la digestión y absorción del almidón en el intestino delgado. En el mismo sentido para Escudero y González (2006) la eficiencia de utilización del ácido acético sería del 30% menos que de la energía obtenida por la hidrólisis enzimática del almidón.

Teniendo en cuenta las diferencias en la utilización de la energía proveniente de diferentes tipos de carbohidratos por los cerdos, las dietas fibrosas presentarían menor eficiencia de utilización y por tanto los animales crecerían menos respecto a cuándo los animales reciben dietas convencionales (Savón, 2012).

La cantidad de proteína que llega al colon depende del contenido de proteína presente en el alimento y su digestibilidad. Los productos generados por la fermentación proteolítica producen derivados nitrogenados como aminos, amonio y compuestos fenólicos (Escudero y González, 2006). La fermentación de aminoácidos ramificados, dará origen a ácidos grasos ramificados.

Por otra parte se mencionan interacciones sobre la absorción de minerales como el calcio, zinc, hierro y cobre cuando los animales ingieren dietas ricas en fibra, aunque podría haber una recuperación de electrolitos en el colon (Escudero y González, 2006).

### 2.3. ALFALFA (*Medicago sativa*)

Es una leguminosa de ciclo perenne-estival, hábito de crecimiento erecto a rastrero, conocida como las reinas de las forrajeras por sus excelentes rendimiento y calidad nutritiva. Requiere suelos fértiles, profundos y bien drenados, buen vigor inicial y establecimiento. Se destaca por su potencial de producción primavera-estivo-otoñal y su alta capacidad de fijar nitrógeno. Presenta elevado valor nutritivo principalmente en estado vegetativo (Carámbula, 2002).

El uso de alfalfa en la alimentación de cerdos ha sido atractivo del punto de vista económico, sin embargo por su bajo contenido energético y alto contenido de fibra su inclusión ha estado limitada (Cuarón et al., s.f.).

La categoría de cerdas gestantes es donde más se ha difundido el uso de este forraje, ofreciéndola deshidratada o fresca ya que conjugan varias características: animales de mayor tamaño con alta capacidad de consumo y alto grado de desarrollo del intestino grueso (Cuarón et al. s.f., Faner 2007).

En la alimentación de cachorros en recría y terminación, la alfalfa en su etapa vegetativa, puede ser utilizada exitosamente como un suplemento de la ración balanceada (Faner, 2007). Las investigaciones han reportado un comportamiento muy selectivo de los animales, registrándose consumos de las porciones más tiernas del tallo y en algunos casos solo la hoja (Farner 2007, Bauza 2005a).

Faner, citado por Faner (2007) relata en su trabajo que los cerdos a la hora de pastorear se alimentan de los brotes tiernos apicales de la alfalfa ricos en proteínas, de bajo contenido en fibra, cuando la alfalfa está en activo crecimiento y se reduce el consumo de alimento balanceado en un 13.32 % comparado con aquellos animales alimentados solo con ración.

Cuadro 2. Consumos de alimento balanceado comparativos entre los dos tratamientos.

Tratamiento	Kg/animal/día	Proporción
Confinado sin pastura	3.08	100
con pastura	2.67	86.68
Diferencia	0.41	13.32

Fuente: adaptado de Faner (2007).

El mismo autor reportó para esas condiciones una leve reducción en la ganancia diaria, y reses con menor contenido de grasa (más magro) en situaciones de pastoreo, encontrando las mayores diferencias en la eficiencia de conversión con valores favorables para los animales que recibían forrajes (Faner, 2007).

Otro investigador utilizó niveles de inclusión de alfalfa del 4,5 % sin observar modificaciones en el consumo de alimentos ni en la eficiencia de crecimiento pudiendo quedar explicado por el bajo porcentaje de inclusión que no afectó el contenido de fibra y energía de las dietas (3% de inulina, 4,5% de alfalfa y pulpa de citrus; FDN: desde 12,5 a 15,7%, Brambillasca, 2011).

#### 2.4. ACHICORIA (*Cichorium intybus*)

La achicoria es de la familia de las Compuestas, de ciclo anual o bianual invernal, con hábito de crecimiento arrosado erecto, con sistema radicular pivotante muy vigoroso. Requiere suelos fértiles, crece en suelos medios y fracasa en suelos pobres, demandando gran cantidad de nutrientes como nitrógeno. Planta muy rústica, muy tolerante a la sequía, se implanta en marzo y octubre pero con crecimiento inicial lento. Entrega niveles altos de proteína digestible, caracterizándola como una especie de muy buena calidad (Carámbula, 2002).

La achicoria se destaca por presentar un alto contenido de pectina (80-90 g/kg de materia seca), polisacárido compuesto de una cadena lineal de moléculas de ácido-galacturónico las que unidas constituyen el ácido-poligalacturónico. Son altamente solubles si se los compara con otras fuentes de pectina y de alta digestibilidad para cerdos en crecimiento. El forraje achicoria ha demostrado ser bien aceptado y utilizado por los animales monogástricos (Dicksved et al. 2015, Liu et al. 2015).

Poco son los estudios que se han encontrado que utilizaban la achicoria como forraje para la alimentación en cerdos. Invarsson et al. (2011) evaluaron el efecto de la inclusión de forraje de achicoria (*Cichorium intybus L*) y llantén (*Plantago lanceolata L*) en raciones a base de cereales utilizando niveles de 40, 80 y 160 g/kg. Las inclusiones de achicoria o llantén presentaron el menor impacto negativo sobre el coeficiente de digestibilidad aparente total (CDAT) de la MS, la MO y la PC, mientras que, tanto la inclusión de achicoria como de llantén, ofrecieron los mayores CDAT de PNA y de la FND. Los autores concluyen que la inclusión de hasta 160 g/kg de achicoria no afecta los rendimientos productivos, mientras que altos niveles de inclusión de llantén tienen un impacto negativo sobre el consumo de alimento, y en consecuencia, sobre la tasa de crecimiento. Ambas plantas presentan una alta digestibilidad de la fibra en comparación con la fibra de los cereales. Tanto la achicoria como el llantén son ingredientes prometedores para incorporar en los piensos para lechones destetados, aunque la baja palatabilidad del llantén limita su nivel de inclusión.

En estudios que evaluaban el impacto de la inclusión de forraje de achicoria sobre la digestibilidad de las dietas, con inclusiones de 80 y 160 g/kg de forraje en comparación con una dieta testigo a base de concentrado, observaron que los animales mantienen el consumo de alimento y la tasa de crecimiento independientemente de los tratamientos. Estos trabajos concluyen que el forraje de achicoria es un ingrediente del alimento fibroso altamente digestible y apetecible para cerdos (Liu et al., 2013).

En Uruguay, la achicoria ha sido utilizada en ensayos con cerdos que tiene acceso al pastoreo y niveles restringidos de ración balanceada. Este forraje es ofrecido en mezcla con otras especies como trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y raigrás (*Lolium multiflorum*). Los animales con alta restricción de concentrado y acceso al pastoreo han logrado eficiencias de conversión de 2,60/1 de MS de la ración en comparación con los de baja restricción 3,2/1. Se han observado selectividad por la achicoria en relación a las demás especies (Battezzore, 2006).

## 2.5. HIPÓTESIS

El contenido y tipo de fibra de los forrajes determina el valor nutritivo de los mismos, afectando los niveles de inclusión.

Para un mismo forraje, el nivel de inclusión en las dietas queda determinado por el contenido y tipo de fibra y por el peso de los animales.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se realizaron 3 pruebas de digestibilidad convencional in vivo utilizando cerdos en la etapa de recría y terminación durante los meses de febrero-marzo de 2016.

#### 3.1. LOCALIZACIÓN

Las 3 pruebas se realizaron en Sala de Digestibilidad de la Estación de Prueba Porcina, de la Facultad de Agronomía, Montevideo.

#### 3.2. INSTALACIONES

Los animales fueron alojados individualmente en jaulas metabólicas equipadas con comedero tipo batea y bebedero automático tipo chupete. Las jaulas presentaban recipientes separados para la recolección de heces y de orina y estaban en ambiente con temperatura controlada en zona de confort térmico de los animales.

#### 3.3. ANIMALES

Se utilizaron 9 cerdos, machos castrados genéticamente homogéneos, obtenidos de un cruzamiento comercial Large White x Landrace como línea materna y Híbrido terminal como línea paterna, provenientes del mismo establecimiento. El peso vivo promedio para cada prueba de digestibilidad fue 45, 65 y 85 kg para las pruebas 1, 2 y 3 respectivamente.

#### 3.4. ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DIARIOS

Para estimar los requerimientos por animal por día, se utilizaron las ecuaciones del NRC (2012).

##### 3.4.1. Consumo voluntario (g/día)

$$\text{Consumo (*) (gramos /día)} = 111 \times \text{PV}^{0,803} + 111 \times \text{PV}^{0,803} \times (\text{TCi} - \text{T}) \times 0,025$$

(\*) Dietas con 90% de MS

PV = peso vivo

TCi = Temperatura critica inferior

T = Temperatura ambiente

### 3.4.2. Energía Metabolizable (EM)

El requerimiento total de EM se estimó calculando las necesidades de mantenimiento y de crecimiento.

$$EM \text{ (Mcal/día)} = EM \text{ m} + EM \text{ crec.}$$

$$EM \text{ mantenimiento} = EM \text{ mb} + EM \text{ act} + EM \text{ t}$$

EMmb: Energía Metabolizable para Mantenimiento de animales en ayuno, ambiente termoneutro y actividad muy restringida.

$$EMmb \text{ (kcal/día)} = 197 \times PV^{0.60}$$

EM act.: Energía Metabolizable para Actividad

Requerimiento de EM act = 8% del Requerimiento de EMmb para animales estabulados.

La Energía Metabolizable para el crecimiento (EM crec) estima necesidades para la deposición de proteína (EMdprot) y lípidos (EMdlip) de la ganancia diaria.

$$EM \text{ crec} = EM \text{ dprot} + EM \text{ dlip}$$

Composición promedio de la ganancia para animales de 45, 65 y 85 kg de peso vivo (PV) se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Estimación de las ganancias diarias de proteína y grasa.

<b>PV (kg)</b>	<b>GDe</b>	<b>Pd%</b>	<b>g/d Pd</b>	<b>Gd%</b>	<b>g/d Gd</b>
45	730	16,8	122,6	15,5	113,15
65	850	16,3	138,6	17	144,5
85	920	15,8	145,4	22	202,4

GDe: ganancia diaria esperada; Pd: proteína depositada; Gd: grasa depositada.

Requerimiento de EM /gramo proteína depositada = 12,1 kcal

Requerimiento de EM / gramo grasa depositada = 12,8 kcal.

### 3.4.3. Lisina Ileal Digestible Aparente (LIDA)

LIDA total (g/día) = LIDA mant (g) + LIDA crec (g)

LIDAm (g/día) = 0,0675 g de LIDA x  $PV^{0.75}$

$PV^{0.75}$  = Peso Metabólico (kg)

Lisina crec. (g/día) = [(7,1 gramos de Lisina cada 100 g de pd)/0.65] \* 0.93

### 3.4.4. Proteína cruda

Los valores de requerimientos diarios de proteínas son tomados del NRC (2012), para cada rango de peso como se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4. Requerimientos diarios de proteína (expresado como %, base fresca).

<b>Peso (kg)</b>	<b>Proteína</b>
25-50	16
50-75	14
75-100	12

### 3.4.5. Aminoácidos

Se realizó el cálculo de las necesidades de aminoácidos de acuerdo al concepto de proteína ideal, tomando como referencia a la lisina, calculada como se detalló en 3.4.3 a partir de la cual se calcularon las necesidades de los 9 aminoácidos esenciales.

### 3.5. ALIMENTOS EN EVALUACIÓN

Se evaluaron tres dietas conteniendo dos especies forrajeras: *Medicago sativa* var. Chaná (alfalfa) y *Cichorium intybus* var. Lacerta (achicoria). Los forrajes estaban en estado vegetativo y eran deshidratados y molidos a 5 mm previamente a ser incluidos en las dietas.

La composición química promedio de las especies forrajeras utilizadas se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Composición química promedio de la alfalfa y la achicoria utilizada en las digestibilidades (% base seca).

	MS%	C	PC%	FDN %	LIG %
Alfalfa	87,6	19,5	21.9	46.8	7,9
Achicoria	88.2	33,8	16.0	33.3	6,6

### 3.6. DIETAS EXPERIMENTALES

Las dietas fueron formuladas utilizando la programación lineal para el mínimo costo.

La dieta base estaba compuesta por maíz, harina de soja y núcleo vitamínico-mineral la que fue utilizada en las tres pruebas de digestibilidad, ajustando los ingredientes de acuerdo a los requerimientos de los animales.

En cada prueba de digestibilidad, los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

dieta testigo (DT): dieta base elaborada con maíz, harina de soja y núcleo vitamínico-mineral.

dieta con alfalfa (DALF): los mismos ingredientes de la dieta base a la cual se le adicionaba el 10%, 20% o 30% de alfalfa para la prueba 1, 2 y 3 respectivamente.

dieta con achicoria (DACH): los mismos ingredientes de la dieta base a la cual se le adicionaba el 10%, 20% o 30% de achicoria para la prueba 1, 2 y 3 respectivamente.

En el cuadro 6 se presenta la composición porcentual de los ingredientes utilizados en las tres dietas para cada una de las pruebas de digestibilidad.

Cuadro 6. Composición porcentual de las dietas experimentales  
(%, base fresca).

<b>DT</b>	<b>DIG 1</b>	<b>DIG 2</b>	<b>DIG 3</b>
Maíz	76,5	84,6	87,2
Harina de soja	21,3	13,6	11,3
Núcleo vit-mineral	2,2	1,8	1,5
<b>DALF</b>	<b>DIG 1</b>	<b>DIG 2</b>	<b>DIG 3</b>
Maíz	67,6	65,2	62,6
Harina de soja	20,2	13,5	5,9
Núcleo vit-mineral	2,2	1,2	1,5
Alfalfa	10	20	30
<b>DACH</b>	<b>DIG 1</b>	<b>DIG 2</b>	<b>DIG 3</b>
Maíz	66,9	63,9	60,6
Harina de soja	20,9	14,9	7,9
Núcleo vit-mineral	2,2	1,2	1,5
Achicoria	10	20	30

### 3.7. ANÁLISIS QUÍMICOS

Los análisis químicos de los alimentos (anexo 1) y de las dietas experimentales fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía.

Para los alimentos y las dietas se determinó la materia seca (MS), cenizas (C) y nitrógeno (N), de acuerdo a la metodología descrita en (AOAC, 2012) (Ref: 934.01; 942.05; 988.05). La fibra se determinó por el método de los detergentes (Van Soest et al., 1991). En las heces se analizaron la MS, N, C y fibra.

### 3.8. VARIABLES EN ESTUDIO

Las variables determinadas en este experimento serán los coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PC y FDN determinadas según la siguiente ecuación.

$$\text{Digestibilidad (\%)} = \frac{(\text{nutriente consumido} - \text{nutriente en heces})}{\text{Nutriente consumido}} \times 100$$

### 3.9. MANEJO EXPERIMENTAL

Los animales fueron pesados al inicio y al final de cada prueba de digestibilidad. Se les ofreció una cantidad de alimento para cubrir sus necesidades de mantenimiento y crecimiento, estimadas en función a una ganancia diaria esperada y la concentración energética de la dieta.

Cada una de las pruebas tuvo una duración de 12 días, 7 días de adaptación de los animales a las instalaciones y 5 días de control de consumo y recolección de heces.

El alimento se suministró dos veces al día, a las 9 y 15 horas. La totalidad de las heces se recolectaron diariamente, se pesaron y conservaron en bolsas plásticas a -20 °C. Al finalizar cada prueba, las heces se homogeneizaron por animal y se tomaron muestras de 500 g para análisis en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía.

### 3.10. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental fue completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones en cada uno, siendo el animal la unidad experimental.

Para analizar las variables se utilizó el modelo de medidas repetidas analizadas como parcelas divididas en el tiempo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} + P_k + (PxT)_{ik} + \delta_{ijk}$$

Donde  $Y_{ijk}$  es la variable bajo consideración;  $\mu$  es el efecto medio total;  $T_i$  es el efecto fijo del tratamiento ( $i=1,2,3$ );  $\varepsilon_{ij}$  variabilidad entre animales,  $P_k$  es el efecto fijo del período ( $k=1,2,3$ ),  $(PxT)_{ik}$  es el efecto de la interacción tratamiento  $i$  por período  $k$ ; y  $\delta_{ijk}$  es el error experimental (dentro del experimento).

El test de medias fue el de Tukey, considerando significativo  $P < 0.05$ . Se utilizó el paquete estadístico Infostat versión 2016 e.

#### 4. RESULTADOS

En el capítulo se presentan los resultados de las medias generales de las variables incluyendo las tres pruebas de digestibilidad y posteriormente se analiza para cada período, identificando la digestibilidad 1 como período 1 (P1), digestibilidad 2 como período (P2) y digestibilidad 3 como período 3 (P3). La información de las cantidades de kg de alimento ofrecido, rechazado, heces y los resultados de análisis de laboratorio, se presenta en los anexos correspondientes.

##### 4.1. PESO DE LOS ANIMALES

El peso promedio obtenido para cada período fue 48,72 kg en P1, 69,5 kg en P2 y 82,6 en P3, presentado en el cuadro 7 el detalle por tratamiento para cada período. Se encontraron diferencias en el período 3 ( $P=0.036$ ) con valores inferiores para los animales que recibieron dietas con alfalfa. Los animales que recibieron forrajes en sus dietas no presentaron diferencias entre sí ( $P=0,06$ ) en el peso inicial.

Cuadro 7. Medias de peso inicial (kg) por tratamiento y por período

<b>Tratamiento</b>	<b>Período 1</b>	<b>Período 2</b>	<b>Período 3</b>
Testigo	48,5 A	72,17 A	85,83 A
Alfalfa	48,0 A	65,67 A	78,67 B
Achicoria	49,67 A	70,67 A	83,5 AB
C.V	4.83	5.23	3.12

A,B: Medias de tratamiento con diferentes letras, difieren significativamente (Tukey  $P<0,05$ ).

##### 4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

En el cuadro 8 se puede observar la composición química analizada de los forrajes utilizados en cada período. El forraje de alfalfa presentó los mayores valores de proteína y fibra que el de achicoria para todos los períodos. Los valores de cenizas fueron superiores en la achicoria con una tendencia decreciente del período 1 al 3.

Cuadro 8. Composición química (base seca, %) de los alimentos analizados en las dietas para cada período.

	<b>Período</b>	<b>PC</b>	<b>C</b>	<b>FDN</b>
Alfalfa	1	16.8	27.4	47.3
Alfalfa	2	25.2	18.4	44.5
Alfalfa	3	23.6	12.6	48.5
Achicoria	1	13.3	39.9	33,5
Achicoria	2	17.6	35.9	32.8
Achicoria	3	17.1	26.6	33.6

El resultado de las dietas experimentales (cuadro 9) presentó variación en la composición proteica respecto a las dietas formuladas (anexo 3), consecuencia de las variaciones en la concentración de proteína de los forrajes (cuadro 8). En lo que refiere a la fibra hay una mayor concentración en las dietas con achicoria para el período uno y tres, siendo dicha concentración mayor en el período dos por la dieta con alfalfa. En todos los períodos la concentración de ceniza fue mayor para las dietas con achicoria.

Cuadro 9. Composición química analizada de las dietas ofrecidas (base seca, %).

		<b>DT</b>	<b>DALF</b>	<b>DACH</b>
Período 1	MS	87,63	88,37	89,07
	PC	15,82	17,77	18,11
	FDN	20,03	17,88	25,03
	C	4,34	6,21	8,63
Período 2	MS	90,0	90,6	90,1
	PC	12.49	14.29	12.30
	FDN	17.11	25.56	23.94
	C	3.51	8.01	10.20
Período 3	MS	90,2	90,3	90,4
	PC	13.07	15.39	16.39
	FDN	17.72	18.51	26.00
	C	3.27	5.89	8.22

### 4.3. CONSUMO DIARIO DE NUTRIENTES

Los valores medios de consumo de MS de los animales entre tratamientos para todo el período experimental no presentó diferencias significativas ( $P=0.13$ ), registrando valores de 2208,07 para alfalfa, 2400,83 para dieta testigo y dietas con achicoria 2504,80 (anexo 4). En el P1 los consumo de MS para dieta con alfalfa fueron menores en comparación con los obtenidos para dietas con achicoria ( $P=0.03$ ), mientras que los consumos registrados para dieta testigo obtuvo valores intermedios. No hubo diferencias ( $P>0,05$ ) de consumo para el período dos y tres.

Cuadro 10. Consumo diario de MS (gramos/día) por tratamiento y período.

<b>Tratamiento</b>	<b>Período 1</b>	<b>Período 2</b>	<b>Período 3</b>
Testigo	2143,25 AB	2475,62 A	2650,14 A
Alfalfa	1678,47 B	2347,62 A	2598,14 A
Achicoria	2160,05 A	2428,14 A	2926,21 A
C.V	8.84	4,71	6,16

A,B: Medias de tratamiento con diferentes letras, difieren significativamente (Tukey  $P<0,05$ ).

Los valores medios de consumo de MO entre los tratamientos en el P1 presentó diferencias significativas  $P=0,0032$  siendo la media de la DT igual a la dieta con achicoria y diferentes a la alfalfa. En P2 y P3 no existieron diferencias entre las dietas.

Cuadro 11 Consumo de MO (gramos/día) por tratamiento y período.

<b>Tratamiento</b>	<b>Período 1</b>	<b>Período 2</b>	<b>Período 3</b>
Testigo	1983,36 A	2391,77 A	2555,18 A
Alfalfa	1571,02 B	2204,15 A	2383,20 A
Achicoria	1963,23 AB	2222,55 A	2620,09 A
C.V	8.86	4,68	6,07

A,B: Medias de tratamiento con diferentes letras, difieren significativamente (Tukey  $P<0,05$ ).

El consumo promedio de proteína cruda presentó diferencias ( $P=0,03$ ) en el período uno, acompañando la respuesta observada en el consumo de materia seca. Para todos los periodos la dieta con achicoria presentó valores de consumo para este nutriente superior a los otros dos tratamientos, pero no fue diferente estadísticamente para el período tres (cuadro 12).

Cuadro 12. Consumo promedio de proteína cruda por período (gramos/día)

Tratamiento	Período 1	Período 2	Período 3
Testigo	1695,40 AB	1671,24 B	1699,81 A
Alfalfa	1537,35 B	1874,41 AB	1845,77 A
Achicoria	2002,28 A	2049,71 A	1917,23 A
C.V	9,06	4,87	6,08

A,B: Medias de tratamiento con diferentes letras, difieren significativamente (Tukey  $P<0,05$ ).

#### 4.4. DIGESTIBILIDAD APARENTE “*IN VIVO*” DE LOS NUTRIENTES

El cuadro 13 se presenta los valores medios de los coeficientes de digestibilidad para los diferentes tratamientos y sus coeficientes de variación.

Cuadro 13. Medias y coeficientes de digestibilidad aparente “*in vivo*”

Tratamiento	DIG MS	DIG MO	DIG PC	DIG FDN
Testigo	0.87 A	0.88 A	0.82 A	0.67 A
Achicoria	0.75 C	0.79 B	0.69 C	0.68 A
Alfalfa	0.78 B	0.80 B	0.74 B	0.53 B
CV	2.82	2,35	4,99	6,36

A,B: Medias de tratamiento con diferentes letras, difieren significativamente (Tukey  $P<0,05$ ).

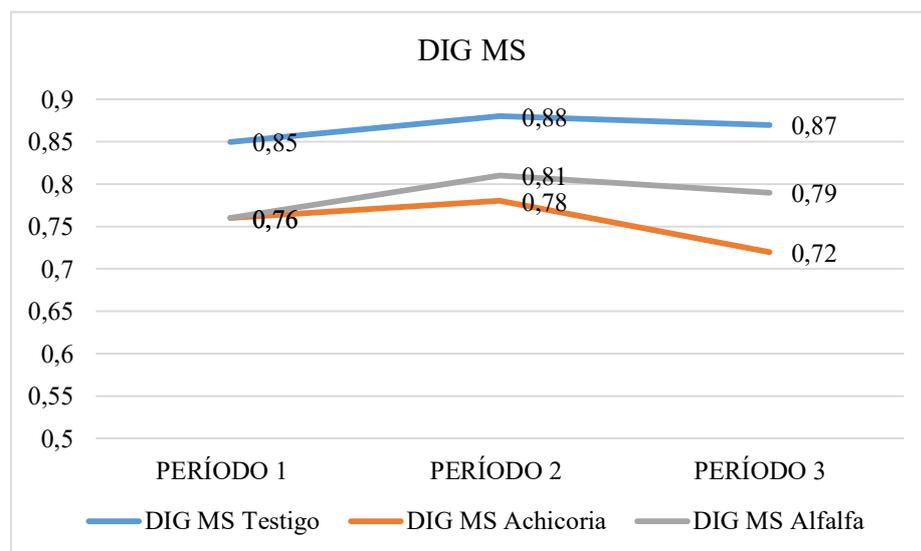
Los valores medios de digestibilidad para MS y PC fueron diferentes ( $P<0,05$ ) siendo mayor el coeficiente para DT respecto a las dietas que incluían alfalfa y esta mayor a la dieta con achicoria. Para la MO la DT fue mayor con respecto a las que incluían forrajes siendo estas iguales entre sí ( $P>0,05$ ). Sin embargo no se mantiene el comportamiento para el análisis de la digestibilidad del FDN, donde se observó valores medios superiores e iguales ( $P>0,05$ ) para DT y DACH respecto a la DALF.

#### 4.4.1. Digestibilidad aparente “in vivo” de la materia seca por períodos

Los valores de coeficientes medios de digestibilidad de la materia seca por período para cada tratamiento se presentan en el gráfico 1.

La dieta testigo presentó el mayor coeficiente de digestibilidad respecto a los de más tratamientos para todos los períodos, seguido por la dieta con alfalfa y de la dieta con achicoria, para el período 1 y 2 siendo significativamente iguales ( $P>0.05$ ) entre sí los coeficientes de digestibilidad de la MS de las dietas con forrajes. Para el período 3 se encontraron diferencias ( $P<0.05$ ) para los tres tratamientos.

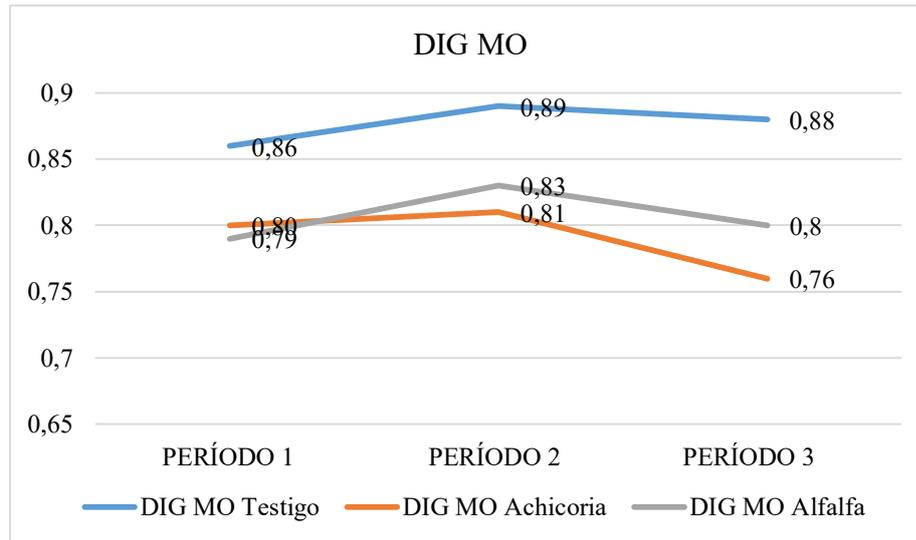
Gráfico 1. Digestibilidad de la MS por período y tratamiento.



#### 4.4.2. Digestibilidad de la materia orgánica por período

En el gráfico 2 se observan los valores medios de los coeficientes de DMO con comportamientos similares a la DMS donde se obtuvo los mayores valores para dietas testigo seguido por dietas con achicoria y alfalfa, siendo estas iguales entre sí.

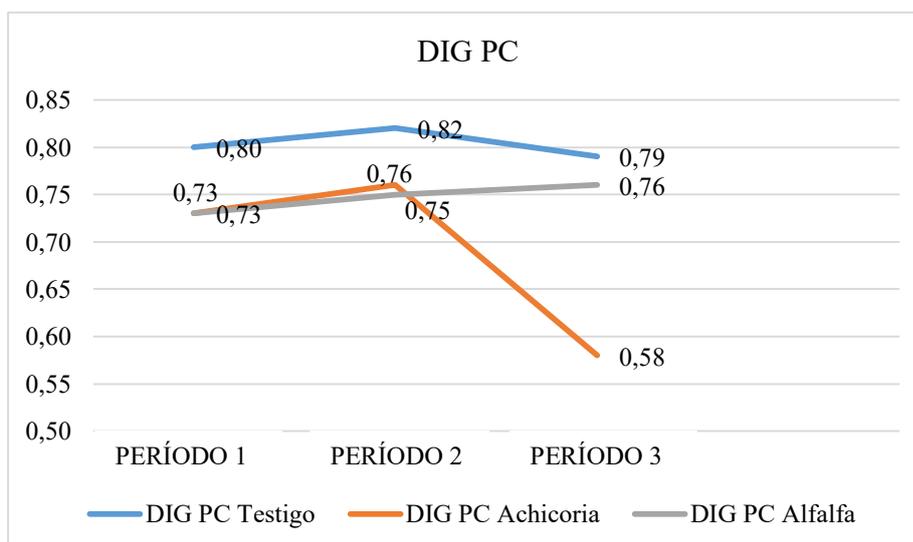
Gráfico 2. Digestibilidad de la MO por período y tratamiento.



#### 4.4.3. Digestibilidad de la proteína cruda por período

En el siguiente gráfico se presentan valores medios de digestibilidad aparente de la proteína cruda por período para los tres tratamientos. En el período 1 no se encontraron diferencias entre las dietas ( $P > 0,05$ ), en cambio en el período 2 hubo diferencias ( $P = 0,014$ ) entre la dieta testigo respecto a dietas que incluían forrajes, las que fueron iguales ( $P = 0,73$ ) entre sí. En el período 3 las dietas testigo y dietas con alfalfa se comportaban igual ( $P = 0,65$ ) y con valores más altos de digestibilidad de proteína que dietas con achicoria que fue diferente ( $P = 0,04$ ) presentando los menores valores para el coeficientes de digestibilidad.

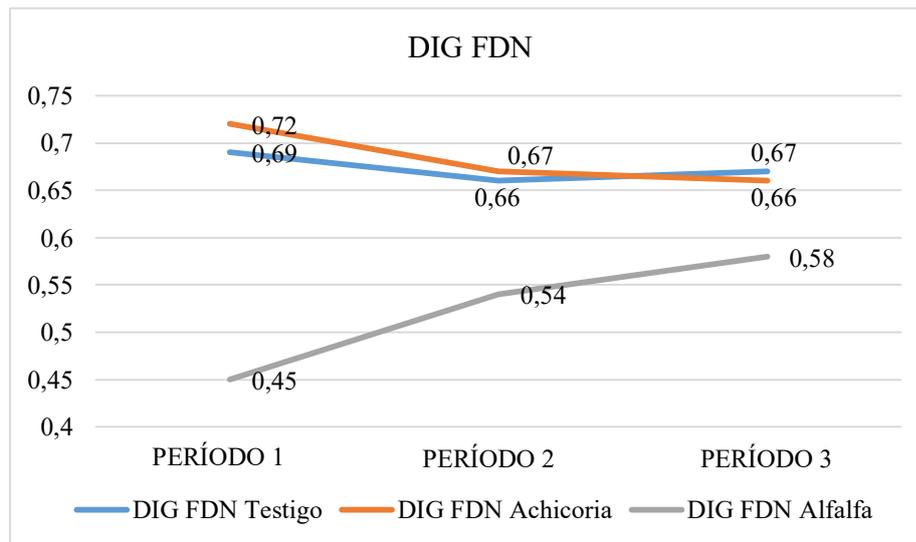
Gráfico 3. Digestibilidad de la proteína cruda por período y tratamiento.



#### 4.4.4. Digestibilidad de la fibra detergente neutro por período

La digestibilidad de la fibra detergente neutro en el período 1 y 3 presentó diferencias ( $P=0,0019$  y  $P=0,05$ , respectivamente) entre los tratamientos siendo las dietas testigo y dietas con achicoria significativamente iguales entre si y de mayores valores que dietas con alfalfa. En cambio en el período 2 no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ( $P=0,133$ ).

Gráfico 4. Digestibilidad de la fibra detergente neutro por período y tratamiento.



## 5. DISCUSIÓN

Las diferencias encontradas en peso vivo para el P3 (cuadro 7) podrían estar explicadas por las diferencias en la digestibilidad de los nutrientes (MS, MO, C, PC y FDN) para los períodos 1 y 2. Teniendo en cuenta los consumos de MO fueron iguales para todos los tratamientos en cada uno de los períodos (anexo), una mayor disponibilidad de nutrientes en la dieta testigo, por lo cual dejaría disponible más nutrientes para la absorción, respecto a los animales que recibían dietas con inclusión de forrajes. Por tanto los animales que recibieron dietas en el P1 y P2 debieron obtener mejores ganancias y como consecuencia llegaron a un mayor peso vivo al inicio del P3.

En igual sentido, son los animales que recibieron dietas con alfalfa, los que presentaron el menor valor de peso vivo, correspondiendo a las dietas con forraje cuya composición química es mayor en la concentración de FDN (cuadro 8). Esto podría deberse a que al inicio del experimento, fue necesario utilizar heno de alfalfa molido, en sustitución del forraje deshidratado en las raciones, por falta de volumen suficiente del forraje, lo que luego fue solucionado en el correr del experimento. La composición del heno, incremento la fracción fibra de la dieta y esto pudo haber afectado el consumo, ya que se observó un menor consumo en el P1 para los animales que recibían dietas con alfalfa y de esta manera se afectó el crecimiento. Lindeberg (2014) en ensayos donde utilizó dietas con forrajes conservados, picados y mezclados obtuvo resultados que indicaron a la fibra como el primer limitante para los niveles de consumo.

Para Savon (2001), la utilización insuficiente del alimento dependerá de la concentración y las propiedades físicas o químicas de la fibra. En la misma línea, Wenk (2001) considera que factores directamente dependientes de la fibra como la capacidad de adsorción de agua, capacidad tampón, capacidad de intercambio catiónico, la viscosidad y la fermentabilidad, pueden influir en procesos biológicos como el consumo y digestión de nutrientes. Una baja relación hoja/tallo de un heno de alfalfa podría elevar el contenido de fibra de la dieta y esa composición se puede reflejar en la variación del consumo y digestión, ya que un alimento voluminoso podría desencadenar mecanismos de regulación del consumo de corto plazo de distensión física, disminuyendo el consumo antes de que los animales cubran sus requerimientos de energía y por ende podría estar afectando el incremento de peso.

Otro factor que puede estar explicando el menor consumo promedio de MS en el P1 para dieta que incluía alfalfa, fue el alto rechazo registrado en una de las repeticiones (animal de la jaula 3) donde se identificó al inicio, problemas de infraestructura en el comedero, el cual dificultaba que el animal se alimentara correctamente, pero fue corregido rápidamente.

Cuando se incluyen forrajes en las dietas, hay una dilución de la concentración de la energía y por lo tanto, se espera que el animal cubra sus requerimientos aumentando los niveles de consumo (Beautelieu et al., 2014). En éste experimento, las

inclusiones de forrajes del 20% y 30% no presentaron diferencias en el consumo y por lo tanto concluimos que los niveles de fibra de las mismas no actuaron como factor limitante. Por otra parte el nivel de consumo incremento linealmente con el PV de los animales (anexo 6).

Los valores medios para los coeficientes de digestibilidad encontrados son coincidentes con los trabajos reportados por Noblet y Le Goff (2001), Bach Knudsen (2011), Lindberg (2014). Siendo menores para las dietas que incluyen alimentos fibrosos y el grado de reducción de los mismos depende de factores como la fuente de fibra y la composición (Ogle, 2006).

La reducción en las digestibilidades de PC (gráfico 3) podría quedar explicado por un incremento de las secreciones endógenas o una menor hidrólisis y absorción como consecuencia de un incremento en la tasa de pasaje de la digesta por el tracto gastrointestinal en las dietas con elevado contenido de fibra (Jorgensen et al. 1996, Varel et al. 1997). Gargallo (1980) explica las reducciones de digestibilidad como consecuencia de la presencia de lignina, la cual forma enlaces químicamente irreversibles con los ácidos biliares, impidiendo la reabsorción de estos en el íleon y por ende afectando la digestibilidad de las grasas dietarias e incrementando el nivel de sales en las heces.

Jorgenson et al. (1996) en su trabajo con dietas altas en fibra obtuvo valores de digestibilidad de 0,74 y 0.85 para la PC y la MO respectivamente, valores cercanos a los obtenidos en este experimento. Sin embargo, el mismo autor en ese trabajo determinó los valores de digestibilidad ileal, los que en ambos casos fueron inferiores (0.58 y 0.64) a los obtenidos por el método de digestibilidad total aparente.

Para estos nutrientes la metodología de digestibilidad total aparente no sería la más adecuada para la determinación al considerar que todo lo que aparece en las heces es de origen alimentario. Sin embargo, teniendo en cuenta que la degradación de la fibra ocurre principalmente en el ciego y colon por acción de las enzimas microbianas ésta metodología es adecuada para este nutriente.

Para este experimento, se observó que las dietas con inclusión de achicoria presentaron valores medios de digestibilidad de la fibra (FDN) similar a la dieta testigo, y ambas superiores al valor obtenido para las dietas con alfalfa.

Una de las posibles explicaciones de este comportamiento refiere a la característica de las fibras de cada forraje. Si bien las composiciones en la concentración de FDN de las dietas (P1 y P3) presenta menores concentraciones para la dieta con alfalfa, y por ende se esperaría valores de las digestibilidades de FDN similares a las de la dieta testigo, fue la dieta con achicoria que presentó un comportamiento igual al testigo y ambas con valores de digestibilidad del FDN superior a las dietas con alfalfa. Este efecto podría estar reflejando la composición de la fracción fibra en acuerdo con lo enunciado por Bach Knudsen (2001), que menciona que las diferencias dependen de la

naturaleza química, solubilidad y el nivel de lignificación de la fibra al determinar la velocidad y el grado total de degradación de estos polímeros en el intestino grueso.

La fracción FDN determinada por el método de los detergentes, cuantifica el contenido de hemicelulosas, celulosas y lignina. Sin embargo por éste método se solubilizan parte de las hemicelulosas y las pectinas, éstas últimas componentes de la laminilla media de la pared celular de las plantas. Estos componentes son altamente fermentables en el tracto bajo de los cerdos.

El término fibras solubles identifica a los componentes que forman geles viscosos en el intestino delgado (pectinas y  $\beta$ -glucanos) enlenteciendo el tiempo de tránsito y afectando principalmente a la absorción de glucosa y grasa.

Las fibras insolubles (celulosa y lignina) afectan el funcionamiento del intestino grueso. En este sentido, Escudero y González (2006) sostienen que las fibras insolubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad, lo que produce un aumento de la masa fecal y acelera el tránsito intestinal. Además, se ha encontrado una relación inversa entre la fermentación de la fibra y el volumen fecal. A menor digestibilidad y fermentabilidad se obtendrá mayor volumen y peso de las heces. La utilización de fibras más degradables con menor retención de agua reduce el volumen fecal.

En este experimento se observa que el volumen total de FDN en heces fue mayor para las dietas con alfalfa respecto a la dieta testigo e igual para la dieta con achicoria (anexo 6). Una mayor tasa de pasaje podría ser otro factor que explicaría la reducción en los valores de digestibilidad total aparente de la FDN en dietas con alfalfa.

Otro aspecto a considerar refiere al nivel de lignificación de la pared celular. Los valores de lignina (LDA) reportados para la alfalfa varían entre 3 a 11% (Kerpart 1990, Faner 2007) y para la achicoria entre el 3 y 8% (Moreno y Rosas, 2012), en ambos casos, el incremento en concentración acompaña la madurez de la planta. Teniendo en cuenta que este experimento se desarrolló entre los meses de febrero a abril, es de suponer que existió un incremento porcentual del contenido de lignina, esperando los mayores valores para alfalfa respecto a achicoria.

La lignina es uno de los componentes más importantes de la pared secundaria junto a la celulosa, que tiene por función darle resistencia mecánica. Es un polímero de cuerpos fenólicos que no es atacado por las enzimas digestivas ni microbianas presentes en el TGI por lo tanto a mayor grado de lignificación de la pared, menor será la digestibilidad de la misma.

## 6. CONCLUSIONES

La inclusión de achicoria y alfalfa en niveles del 20 y 30% de la dieta de cerdos no produjo modificaciones en el consumo diario de materia orgánica, concluyendo que el forraje a estos niveles de inclusión no es un factor limitante.

Los coeficientes de digestibilidad (MS, PC, MO) disminuyeron al incrementar la inclusión de forraje de 10% (P1), 20% (P2) y 30% (P3) en comparación con la dieta testigo.

Los valores de digestibilidad para la PC en dietas que contenían achicoria respecto a dietas con alfalfa, obtuvieron el menor valor en el P3, no diferenciándose de la alfalfa en P1 y P2.

Los valores de digestibilidad del FDN fueron menores para dietas con alfalfa respecto a dietas con achicoria, lo que puede reflejar una composición diferente de la pared celular.

Las digestibilidades del FDN para las dietas con alfalfa, tuvieron un incremento del 17% entre P1 a P2 y del 7% entre P2 y P3, evidenciando una mayor capacidad fermentativa de los animales adultos en función al peso vivo.

## 6.1. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos, la inclusión de achicoria y alfalfa disminuyen la utilización digestiva de los nutrientes, por lo que sería recomendable una evaluación económica para analizar las ventajas de su utilización, incorporando aspectos de performance y calidad.

Por otra parte, teniendo en cuenta los resultados encontradas en la utilización digestiva del FDN entre los forrajes, se recomienda profundizar en la determinación analítica de los componentes de la pared celular que permitan explicar las diferencias.

## 7. RESUMEN

Tres pruebas de digestibilidad fueron realizadas para conocer la utilización digestiva de dietas para cerdos en etapa de crecimiento y engorde, cuando se les ofreció dietas con niveles de inclusión progresiva (10, 20, 30%) de alfalfa y achicoria. Los forrajes utilizados fueron deshidratados, molidos y mezclados en una ración. Se utilizaron 9 cerdos, machos castrados, genéticamente homogéneos, en un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones, siendo el animal la unidad experimental. Fueron alojados en jaulas metabólicas de la Estación de Pruebas Porcinas, en ambiente controlada, para mantener las condiciones de termoneutralidad. Los tratamientos en evaluación fueron: dieta testigo compuesta por harina de soja, maíz y núcleo vitamínico-mineral (DT), dieta con alfalfa con los mismos ingredientes de la dieta testigo adicionándole 10% (periodo 1), 20 % (periodo 2) y 30% (periodo 3) de alfalfa (DALF) y dieta con achicoria con los mismos ingredientes de la dieta base adicionándole 10%, 20 % y 30% de achicoria (DACH). Cada una de las pruebas tuvo una duración de 12 días, que consistió en un período de adaptación de 7 días seguido por 5 días de control de consumo y recolección de heces. Los animales fueron pesados al inicio y final de cada prueba. Se evaluó el consumo y digestibilidad de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y fibra (FDN). Para analizar las variables se utilizó el modelo de medidas repetidas analizadas como parcelas divididas en el tiempo, y la comparación de medias por Tukey, considerando significativo  $P < 0.05$ . Se utilizó el paquete estadístico Infostat versión 2016 e. La composición de las dietas experimentales fue: 89,3%, 13,8%, 18,3% para MS, PC y FDN de la DT; 89,6%, 15,8%, 20,65 % para MS, PC y FDN de DALF, 89,8%, 15,6 %, 25,01 % para MS, PC y FDN de la DACH. Los valores medios de consumo de MS de los animales entre tratamientos presentó diferencias significativas ( $P=0.013$ ), registrando valores de 2208 para DALF, 2400 para DT y 2505 para DACH. Los valores de digestibilidad de la MS, MO, PC para DT fue diferente y mayor (0,87; 0,88; 0,82), que los de DACH (0,75; 0,79; 0,69), y de la DALF (0,78; 0,80; 0,74). La digestibilidad del FDN de la DACH (0,68) fue igual a la DT (0,67) y ambas mayores que la DALF (0,53). Los valores de digestibilidad del FDN menores para dietas con alfalfa pueden reflejar una composición diferente de la pared celular. Se recomienda profundizar en la determinación analítica de los componentes de la pared celular que permitan explicar las diferencias.

Palabras clave: Fibra; Alimentos alternativos; Nutrición; Suinos.

## 8. SUMMARY

Three digestibility tests were performed to know the digestive utilization of diets for pigs in the growth and fattening stage when they were offered diets with progressive inclusion levels (10, 20, 30%) of alfalfa and chicory. The forages used were dehydrated, ground and mixed in a ration. Nine male pigs, castrated, genetically homogeneous, were used in a completely random experimental design with three treatments and three replicates, the animal being the experimental unit. They were housed in metabolic cages of the Porcine Testing Station, in a controlled environment, to maintain the thermoneutral conditions. The treatments were: control diet composed of soybean meal, maize and vitamin-mineral (DT) nucleus, alfalfa diet with the same ingredients as the control diet, adding 10% (period 1), 20% (period 2) and 30% (period 3) of alfalfa (DALF) and diet with chicory with the same ingredients of the base diet adding 10%, 20% and 30% of chicory (DACH). Each of the tests had a duration of 12 days, which consisted of an adaptation period of 7 days followed by 5 days of consumption control and collection of feces. The animals were weighed at the beginning and end of each test. Consumption and digestibility of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP) and fiber (NDF) were evaluated. To analyze the variables we used the model of repeated measures analyzed as plots divided by time, and the comparison of means by Tukey, considering a significant  $P < 0.05$ . Statistical package Infostat version 2016 e. The composition of the experimental diets was: 89.3%, 13.8%, 18.3% for DM, PC and NDF of DT; 89.6%, 15.8%, 20.65% for MS, PC and NDF of DALF, 89.8%, 15.6%, 25.01% for MS, PC and NDF of DACH. The mean values of DM intake of the animals between treatments presented significant differences ( $P = 0.013$ ), registering values of 2208 for DALF, 2400 for DT and 2505 for DACH. The digestibility values of DM, OM, PC for DT were different and higher (0.87, 0.88, 0.82) than those of DACH (0.75, 0.79, 0.69), and DALF (0.78, 0.80, 0.74). The digestibility of the NDF of the DACH (0.68) was equal to the DT (0.67) and both were higher than the DALF (0.53). The digestibility values of the minor NDF for alfalfa diets may reflect a different composition of the cell wall. It is recommended to deepen the analytical determination of the components of the cell wall that allow to explain the differences.

Keywords: Fiber; Alternative food; Nutrition; Swine.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC (Association of Official Analytical Chemists. US). 2012. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup>. ed. Washington, D.C. s.p
2. Azzarini, A.; Estevez, R.; Ruiz de Farcilli, I.1973. Influencia del pastoreo en la economía de los concentrados en la preparación de los cerdos para el mercado. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 23 p.
3. Bach Knudsen, K. E. 2001. The nutritional significance of dietary fibre analysis. *Animal Feed Science and Technology*. 90: 3-20.
4. \_\_\_\_\_. 2011. Características químicas y valor nutritivo de la fibra para ganado porcino. *Avances en Tecnología Porcina*. 8(78): 20-27.
5. Barlocco, 2007. Recría y terminación de cerdos en condiciones pastoriles. In: Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos (9°. , 2007, Montevideo, UY). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 15-21.
6. Battezzore, G. 2006. Efecto de dos sistemas de alimentación de cerdos en crecimiento-terminación en condiciones de producción a campo. Tesis de Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. Uruguay. 52 p.
7. Bauzá, R.; Gil, M. J.; Petrocelli, H. 2003. Evaluación del comportamiento productivo de cuatro tipos genéticos de cerdos sometidos a los tres sistemas de alimentación más comúnmente utilizados en el país. In: Ruiz, M. I.; Bauzá, R.; Petrocelli, H. eds. Evaluación bioeconómica de sistemas de producción de cerdos. Montevideo, INIA. pp. 18-25 (FPTA no. 130).
8. \_\_\_\_\_.; González, A.; Panissa, G.; Petrocelli, H.; Miller, V. 2005a. Evaluación de dietas para cerdos en recría incluyendo forraje y suero de queso. In: Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal (27°. , 2005, Buenos Aires, Argentina). Memorias. Buenos Aires, Argentina, Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica (CONICET). pp.11-18.
9. \_\_\_\_\_.; Petrocelli, H. 2005b. Uso de pasturas en el crecimiento-terminación de cerdos; pastoreo con acceso restringido. (en línea).In: Jornada – Taller Utilización de Pasturas en la Alimentación en Cerdos (2005, Montevideo, UY). Uso de pasturas en el crecimiento-terminación de cerdos; pastoreo con acceso restringido. Montevideo, Facultad de Agronomía.pp.23-31. Consultado 20 may. 2016. Disponible en <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Investigacion/Trabajos%20de%20Tesis/Bauza%20Petrocelli%202005.pdf>

10. \_\_\_\_\_. 2005c. Utilización de pasturas en la alimentación de reproductores. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 5-14.
11. \_\_\_\_\_.; González, A.; Panissa, G. 2006. Consumo de forraje por cerdos en ceba recibiendo dos niveles de alimento concentrado. *Producción Porcina*. 13(1): 72-75.
12. Beaulieu, A. D.; Williams, N. H. Patience, J. F. 2014. Response to dietary digestible energy concentration in growing pigs fed cereal grain-based diets. Saskatoon, Saskatchewan, Canadá, s.e. pp. 966-975.
13. Brambillasca, L. S. 2011. utilización de inulina, alfalfa y pulpa de citrus como aditivos en dietas para lechones; aspectos nutricionales, fermentativos, microbiológicos y morfométricos digestivos. Tesis de Maestría en Producción animal. Montevideo, Uruguay. Facultad de Veterinaria. 60 p.
14. Calvert, C. C.; Steele, N. C.; Rosebrough, R. W. 1985. Digestibility of fiber components and reproductive performance of sows fed high levels of alfalfa meal. *Journal of Animal Science*. 61(3): 595-602.
15. Carámbula, M. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales alternativas para producir forrajes. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
16. \_\_\_\_\_. 2007. Producción y manejo de pasturas sembradas; mezclas forrajeras. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
17. Carlson, D.; Johansen, H. N. 1997. Digestibility of protein and energy and protein value of some roughages for growing swine. In: Energy and Protein Evaluation for Pigs in the Nordic Countries (1997, Jordbrugs Forskning). Proceedings. Jordbrugs Forskning, s.e. pp. 102-105.
18. \_\_\_\_\_. ; Laerke, H. N.; Poulsen, H. D.; Jørgensen, H. 1999. Roughages for growing pigs, with emphasis on chemical composition, ingestion and faecal digestibility. *Animal Science*. 49(3): 129-136.
19. Church, D. S. 1984. Alimentos y alimentación del ganado. Montevideo, Uruguay. Hemisferio Sur. 800 p.
20. Cuarón, J. A.; Robles, A.; Shimada, A. S. s.f. Empleo de la alfalfa (*Medicago sativa*) deshidratada en la alimentación para cerdas gestantes. *Técnica Pecuaria en México*. 37: 7-14.
21. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1979. Empleo de alfalfa (*Medicago sativa*) deshidratada en la alimentación de cerdas gestantes. (en línea). *Técnica Pecuaria*. no. 36: 7-14. Consultado 27 de may.2016. Disponible en <http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2593>

22. Dicksved, J.; Jansson, J. K.; Lindberg, J. E. 2015. Fecal microbiome of growing pigs fed a cereal based diet including chicory (*Cichorium intybus* L.) or ribwort (*Plantago lanceolata* forrajera L.) forage. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 6(1): 2-9.
23. Edwards, S. A. 2003. Intake of nutrients from pasture by pigs. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62(02):257-265.
24. Escudero, E.; González, P. 2006. La fibra dietética. Madrid, Hospital la Fuenfría. Unidad de Dietética y Nutrición. pp.61-72.
25. Faner, C. 2007. La pastura de alfalfa como fuente de alimentación para cerdos en crecimiento y terminación. Córdoba, Universidad Católica de Córdoba. Catedra de Producción Porcina.6 p.
26. FEDNA. (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. ES). 1999. Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. Madrid, España. 496 p.
27. Gargallo Costa, J. 1980. Efectos nutricionales de la utilización de fibra en las dietas de monogástricos. *Selecciones Avícolas*. 22(8): 288-292.
28. Gerrits, W.; Verstegen, M. 2006. El papel de la fibra dietética en la alimentación porcina. *In: Curso de Especialización FEDNA (22º., 2006, Arnhem, Gueldres)*. Textos. Arnhem, Wageningen University. pp. 19-34.
29. González, A.; Bauzá, R. 2009. Sistemas de producción porcina en Uruguay. *Producción Porcina*. 16(4): 225-232.
30. Harris, L. E. 1970. Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. *Feed*. 97 (2): 145-183.
31. Hennberg, W.; Stohmann, F. 1859. Uber das Erhaltungsfutter volljahrigen Rindviehs. *Journal der Landwirtschaft*. (3): 485-551.
32. Henry, R. 1985. Dietary factors involved in feed intake regulation in growing pigs; a review. *Livestock Production Science*. 12(4):339-354.
33. Ivarsson, E.; Frankow-Lindberg, B. E.; Andersson, H. K.; Lindberg, J. E. 2011. Growth performance, digestibility and faecal coliform bacteria in weaned piglets fed a cereal-based diet including either chicory (*Cichorium intybus* L) or ribwort (*Plantago lanceolata* L) forage. *Animal Science*. 5(04): 558-564.
34. Jensen, B. B.; Jørgensen, H. 1994. Effect of dietary fiber on microbial activity and microbial gas production in various regions of the gastrointestinal tract of pigs. *Applied and Environmental Microbiology*. 60(6): 1897-1904.
35. Jørgensen, H.; Zhaoy, X. Q.; Eggum, B. 1996. The influence of dietary fibre and environmental temperature on the development of the gastrointestinal tract,

- digestibility, degree of fermentation in the hind-gut and energy metabolism in pigs. *British Journal of Nutrition*. 75(03): 365-378.
36. \_\_\_\_\_; Carlson, D.; Lærke, H. N. 2012. Influence of forage inclusion in the diet on ileal and total tract digestibility. *Journal of Animal Science*. 90: 176-178.
  37. Kephart, K. B.; Hollis, G. R.; Danielson, D. M. 1990. Forages for swine. West Lafayette, Indiana, Purdue University. Corporative Extension Service. 126 p
  38. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 2010. Forages for swine. West Lafayette, Indiana, Purdue University. Corporative Extension Service. pp. 1-8.
  39. Le Goff, G.; Van Milgen, J.; Noblet, J. 2002. Influence of dietary fiber on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. *Animal Science*. 74: 503-515.
  40. Lindberg, J. E. 2014. Fiber effects in nutrition and gut health in pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 5(1): 1-15.
  41. Liu, H.; Ivarsson, E.; Lundh, T.; Lindberg, J. E. 2015. Chicory (*Cichorium intybus* L.) and cereals differently affect gut development in broiler chickens and young pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 4(1): 21-50.
  42. Low, A. 1985. A.G. role of dietary fibre in pig diets. *Recent Advances in Animal Nutrition*. 87: 87-93.
  43. McDonald, R.; Greenhalgh, C.; Morgan, A. 2006. *Nutrición animal*. 6a. ed. Zaragoza, Acribia. 587 p.
  44. Mateo, G. G.; Lázaro, R.; González-Alvarado, J. M.; Jiménez, B.; Vicente, B. 2006. Efectos de la fibra dietética en piensos de iniciación para pollitos y lechones. (en línea). In: *Curso de Especialización FEDNA (22º., 2006, Barcelona)*. Textos. Madrid, FEDNA. pp. 39-66. Consultado 20 feb. 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-produccion\\_porcina\\_general/54-fibra\\_piensos\\_iniciacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-produccion_porcina_general/54-fibra_piensos_iniciacion.pdf)
  45. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigación Estadística Agropecuaria, UY). 2012. *Censo general agropecuario 2011*. Montevideo. 142 p.
  46. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2013. *Anuario estadístico agropecuario*. Montevideo. 142 p.
  47. Moreno Laitano, G.; Rosas Bianchi, S. A. 2012. Caracterización fenológica y nutricional de achicoria (*Cichorium intybus*) y llantén (*Plantago lanceolata*) para pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay Facultad de Agronomía. 96 p.

48. Noblet, J.; Le Goff, G. 2001. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 90 (1): 35-52.
49. NRC (National Research Council, US). 1998. Nutrient requirements of swine. Washington, D. C., National Academic Press. 93 p.
50. \_\_\_\_\_. 2012. Nutrient requirements of swine. Washington, D. C., National Academic Press. 55 p.
51. Ogle, B. 2006. Forages for pigs; nutritional, physiological and practical implications. Ultuna, Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Animal Nutrition and Management. 7 p.
52. Pereira, S.; Figueras, G.; Bauzá, R. 2011. Evaluación de los resultados económicos de 3 modelos de producción de cerdos en el período 2001-2010. (en línea). San Jacinto, Canelones, Asociación Uruguaya de Productores de Cerdos. 7 p. Consultado 20 may. 2016. Disponible en [http://www.aupcerdo.com/uploads/files/Articulo\\_rentabilidad\\_aupc.pdf](http://www.aupcerdo.com/uploads/files/Articulo_rentabilidad_aupc.pdf)
53. Savón, V. L. s.f. Alimentación no convencional de especies monogástricas; utilización de alimentos altos en fibra. La Habana, Cuba, Instituto de Ciencia Animal. 50 p.
54. \_\_\_\_\_. 2002. Alimentos altos en fibra para especies monogástricas; caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 36(2): 91-102.
55. Van Soest, P. U.; Wine, R. H. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*. 50(1): 50-55.
56. \_\_\_\_\_.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583-3597.
57. Varel, V. H.; Yen, J. T. 1997. Microbial perspective on fiber utilization by swine. *Journal of Animal Science*. 75(10): 2715-2722.
58. Wenk, C. 2001. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science. Technology*. 90:21-33.
59. Wheaton, H. N.; Rea, J. C. 1993. Forages for swine. (en línea). Missouri, University of Missouri Extension. s.p. Consultado 24 feb. 2017 Disponible en <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/6245/ForagesForSwine.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
60. Yen, J. T.; Nienaber, J. A.; Hill, D. A.; Pond, W. G. 1991. Potential contribution of absorbed volatile fatty acids to whole-animal energy requirement in conscious swine. *Journal of Animal Science*. 69(5): 2001-2012.

## 10. ANEXOS

### ANEXO I. ANÁLISIS QUÍMICOS (Laboratorio Nutrición Animal)

	Período	PC %	PC BS	C%	C BS	FDN %	FDN BS
Alfalfa	D1	14,8	15,3	24,21	25,0	41,74	43,0
Alfalfa	D2	21,98	22,8	16,1	16,7	38,86	39,9
Alfalfa	D3	20,63	21,3	11,06	11,4	42,43	43,7
Achicoria	D1	11,81	12,1	42,75	43,8	29,88	30,6
Achicoria	D2	15,35	15,8	31,47	32,4	28,72	29,6
Achicoria	D3	15,07	15,5	22,6	23,2	29,59	30,3
Maíz	D1	7,22		1,25		21,47	
Maíz	D2	7,25		1,2		21,14	
Maíz	D3	7,05		1,41		24	
Harina soja	D1	43,87		5,99		19,61	
Harina soja	D2 YD3	42,99		5,83		23,02	

## ANEXO II. Planillas de digestibilidad

dig 1														
Tratamiento	Jaula	Ofrecido (g)	MS	OF_MS_DIA	OF_MS_5DI	Rech-total	onsumo MS	%C	onsumo C	onsumo MO	%PC	onsumo PC	%FDN	onsumo FDN
Achicoria	2	2650	89,07	2360,36	11801,80	721,94	11079,86	8,83	978,85	10101,01	18,54	2054,11	25,62	2839,01
	1	2300	89,07	2048,61	10243,07	0,00	10243,07	8,83	904,92	9338,15	18,54	1898,98	25,62	2624,60
	9	2650	89,07	2360,36	11801,80	723,89	11077,91	8,83	978,68	10099,23	18,54	2053,75	25,62	2838,51
Alfalfa	3	2300	88,32	2031,26	10156,32	3276,09	6880,23	6,40	440,45	6439,79	18,32	1260,35	18,43	1268,15
	4	2300	88,32	2031,26	10156,32	1282,96	8873,36	6,40	568,04	8305,32	18,32	1625,46	18,43	1635,53
	5	2300	88,32	2031,26	10156,32	732,88	9423,44	6,40	603,26	8820,19	18,32	1726,23	18,43	1736,92
Testigo	8	2500	87,73	2193,36	10966,79	0,00	10966,79	4,48	491,31	10475,48	16,33	1790,91	20,68	2267,51
	7	2300	87,73	2017,89	10089,45	0,00	10089,45	4,48	452,01	9637,44	16,33	1647,64	20,68	2086,11
	6	2300	87,73	2017,89	10089,45	0,00	10089,45	4,48	452,01	9637,44	16,33	1647,64	20,68	2086,11
dig 2														
Tratamiento	Jaula	Ofrecido (g)	MS	OF_MS_DIA	OF_MS_5DI	Rech-total	onsumo MS	%C	onsumo C	onsumo MO	%PC	onsumo PC	%FDN	onsumo FDN
Achicoria	5	3300	87,46	2886,33	14431,65	2813,89	11617,76	8,47	983,70	10634,06	16,88	1961,42	26,78	3111,46
	4	3300	87,46	2886,33	14431,65	1539,06	12892,59	8,47	1091,64	11800,95	16,88	2176,65	26,78	3452,89
	3	3300	87,46	2886,33	14431,65	2519,88	11911,77	8,47	1008,60	10903,18	16,88	2011,06	26,78	3190,21
Alfalfa	7	2990	88,08	2633,50	13167,51	1140,58	12026,93	6,11	735,02	11291,92	15,97	1920,53	19,21	2309,88
	6	2990	88,08	2633,50	13167,51	1057,09	12110,42	6,11	740,12	11370,30	15,97	1933,86	19,21	2325,91
	8	3200	88,08	2818,46	14092,32	3015,4	11076,92	6,11	676,96	10399,96	15,97	1768,83	19,21	2127,42
Testigo	1	2900	87,13	2526,78	12633,90	0	12633,90	3,38	426,81	12207,10	13,50	1705,93	18,31	2312,86
	2	2900	87,13	2526,78	12633,90	0	12633,90	3,38	426,81	12207,10	13,50	1705,93	18,31	2312,86
	9	2900	87,13	2526,78	12633,90	770,7	11863,20	3,38	400,77	11462,43	13,50	1601,86	18,31	2171,77
dig 3														
Tratamiento	Jaula	Ofrecido (g)	MS	OF_MS_DIA	OF_MS_5DI	Rech-TOTAL	onsumo MS	%C	onsumo C	onsumo MO	%PC	onsumo PC	%FDN	onsumo FDN
Achicoria	6	3750	88,18	3306,76	16533,78	2973,16	13560,62	10,46	1418,65	12141,97	12,62	1710,72	24,55	3329,65
	8	3750	88,18	3306,76	16533,78	2042,65	14491,13	10,46	1515,99	12975,13	12,62	1828,11	24,55	3558,13
	7	3750	88,18	3306,76	16533,78	692,31	15841,47	10,46	1657,26	14184,21	12,62	1998,46	24,55	3889,69
Alfalfa	1	3500	87,43	3059,92	15299,61	1987,90	13311,71	8,27	1101,23	12210,48	14,76	1964,61	26,40	3514,03
	2	3500	87,43	3059,92	15299,61	1821,65	13477,96	8,27	1114,98	12362,98	14,76	1989,15	26,40	3557,92
	9	3500	87,43	3059,92	15299,61	3117,22	12182,39	8,27	1007,80	11174,58	14,76	1797,94	26,40	3215,91
Testigo	3	3230	87,81	2836,19	14180,95	295,42	13885,53	3,60	500,47	13385,06	12,83	1780,86	17,57	2439,59
	4	3000	87,81	2634,23	13171,16	297,73	12873,43	3,60	463,99	12409,44	12,83	1651,06	17,57	2261,77
	5	3000	87,81	2634,23	13171,16	169,35	13001,81	3,60	468,61	12533,19	12,83	1667,52	17,57	2284,33

Cuadro 1. Período 1 (digestibilidad 1- de 40-60 kg con 10% de inclusión)

Tratamiento	Jaula	DIGMS	DIGC	DIGMO	DIGPC	DIGFDN
Achicoria	2	0,78	0,37	0,82	0,74	0,72
	1	0,77	0,47	0,80	0,75	0,78
	9	0,72	0,29	0,76	0,67	0,64
Alfalfa	3	0,76	0,52	0,78	0,71	0,48
	4	0,76	0,35	0,79	0,73	0,45
	5	0,76	0,34	0,79	0,75	0,44
Testigo	8	0,85	0,53	0,87	0,81	0,71
	7	0,86	0,64	0,87	0,82	0,72
	6	0,83	0,56	0,85	0,78	0,64

Cuadro 2. Período 2(digestibilidad 1- de 60-80 kg con 20% de inclusión)

<b>Tratamiento</b>	<b>Jaula</b>	<b>DIGMS</b>	<b>DIGC</b>	<b>DIGMO</b>	<b>DIGPC</b>	<b>DIGFDN</b>
Achicoria	5	0,76	0,33	0,80	0,73	0,68
	4	0,78	0,48	0,80	0,76	0,72
	3	0,81	0,52	0,84	0,78	0,61
Alfalfa	7	0,81	0,57	0,83	0,75	0,50
	6	0,80	0,50	0,81	0,74	0,56
	8	0,81	0,55	0,83	0,75	0,58
Testigo	1	0,87	0,62	0,88	0,81	0,59
	2	0,89	0,65	0,90	0,84	0,69
	9	0,90	0,67	0,90	0,83	0,67

Cuadro 3. Período 3 (digestibilidad 1- de 80-100 kg con 10% de inclusión)

<b>Tratamiento</b>	<b>Jaula</b>	<b>DIGMS</b>	<b>DIGC</b>	<b>DIGMO</b>	<b>DIGPC</b>	<b>DIGFDN</b>
Achicoria	6	0,76	0,42	0,80	0,65	0,69
	8	0,69	0,32	0,73	0,50	0,64
	7	0,72	0,43	0,76	0,60	0,65
Alfalfa	1	0,76	0,55	0,77	0,72	0,60
	2	0,77	0,59	0,79	0,75	0,58
	9	0,78	0,62	0,79	0,73	0,59
Testigo	3	0,88	0,63	0,88	0,81	0,63
	4	0,89	0,67	0,90	0,83	0,67
	5	0,88	0,67	0,88	0,81	0,69

### ANEXO III. Composición química calculada de las dietas

#### Dieta de 30 a 60 kg

**Cuadro 4.** Composición porcentual y composición química calculada de las dietas experimentales

<b>Alimentos</b>	<b>DT</b>	<b>DALF</b>	<b>DACH</b>
<b>Composición de las dietas experimentales, base fresca (%)</b>			
Maíz	76.5	67.6	66.9
Harina de soja	21.3	20.2	20.9
Núcleo <sup>(1)</sup>	2,2	2.2	2.2
Alfalfa	0	10	0
Achicoria	0	0	10
<b>Composición química calculada base seca (%)</b>			
Materia seca	90.56	91.04	91.18
Proteína cruda	16.45	17.15	17.15
Lisina Digestible	0.89	0.89	0.89
Fibra Detergente Neutro	8.71	11.52	11.06
Calcio	1.84	1.46	1.44
Fósforo Digestible	0.21	0.21	0.22

## Dieta de 60 a 80 kg

**Cuadro 5.** Composición porcentual y composición química calculada de las dietas experimentales

<b>Alimentos</b>	<b>DT</b>	<b>DALF</b>	<b>DACH</b>
<b>Composición de las dietas experimentales, base fresca (%)</b>			
Maíz	84	65.3	63.9
Harina de soja	13.6	13.5	14.9
Núcleo <sup>(1)</sup>	1.8	1.2	1.2
Alfalfa	0	20	0
Achicoria	0	0	20
<b>Composición química calculada base seca (%)</b>			
Materia seca	90.01	90.63	90.09
Proteína cruda	18.42	15.69	15.70
Lisina Digestible	0.66	0.66	0.66
Fibra Detergente Neutro	8.77	14.45	13.54
Calcio	1.07	1.05	1.01
Fósforo Digestible	0.17	0.16	0.18

### Dieta de 80 a 100 kg

**Cuadro 6.** Composición porcentual y composición química calculada de las dietas experimentales

<b>Alimentos</b>	<b>DT</b>	<b>DALF</b>	<b>DACH</b>
<b>Composición de las dietas experimentales, base fresca (%)</b>			
Maíz	87.2	62.5	60.6
Harina de soja	11.0	5.9	7.9
Núcleo <sup>(1)</sup>	1.5	1.5	1.5
Alfalfa	0	30	0
Achicoria	0	0	30
<b>Composición química calculada base seca (%)</b>			
Materia seca	90.16	90.29	90.44
Proteína cruda	12.12	13.75	13.76
Lisina Digestible	0.55	0.53	0.53
Fibra Detergente Neutro	8.79	17.29	15.92
Calcio	0.89	1.31	1.26
Fósforo Digestible	0.15	0.16	0.18

### ANEXO IV. Cuadro de consumo general

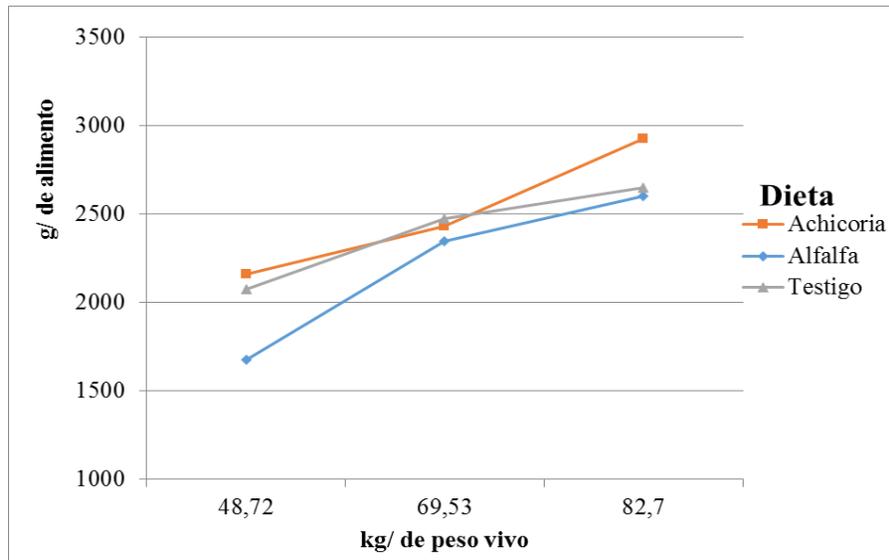
#### Cuadro de consumo

Tratamiento	Medias	Diferencia significativa
Testigo	2400,83	A
Alfalfa	2208,07	AB
Achicoria	2504,8	B
C.V	6,69	
P-VALOR	0,0136	
N	27	

### ANEXO V. Consumo MO

Tratamiento	Medias	Diferencia significativa
Testigo	2310,1	A
Alfalfa	2052,79	A
Achicoria	2270,62	A
C.V	14.96	
P-VALOR	0,2269	
N	27	

### ANEXO VI. Gráfica consumo en función de los pesos



## ANEXO VII. Cuadros de heces

Cuadro de heces promedio

tratamiento	heces MS(gr)	
Achicoria	3071,79	A
Alfalfa	2371,64	B
Testigo	1496,21	C

Cuadro FDN en heces

Tratamiento	Medias	
Alfalfa	1063,36	A
Achicoria	1021,52	AB
Testigo	731,53	B