

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**DEGRADACIÓN RUMINAL DE LA MATERIA SECA Y  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS CONSUMIENDO  
FORRAJE DE *Chenopodium quinoa***

Trabajo de investigación previo a la obtención del grado de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**Autora:**

Daniela Elizabeth Sánchez Gavilanes

**Tutor:**

Mg. Marcos A. Barros Rodríguez, Ph.D

Ambato – Ecuador

2016

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“La suscrita, **DANIELA ELIZABETH SÁNCHEZ GAVILANES**, portadora de cédula identidad número: 1803708096 libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: **“DEGRADACIÓN RUMINAL DE LA MATERIA SECA Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS CONSUMIENDO FORRAJE DE *Chenopodium quinoa*”** es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”.

---

Daniela Elizabeth Sánchez Gavilanes

Autora

## DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**DEGRADACIÓN RUMINAL DE LA MATERIA SECA Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS CONSUMIENDO FORRAJE DE *Chenopodium quinoa***” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Médico Veterinario Zootecnista, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

---

Daniela Elizabeth Sánchez Gavilanes

C.C. 1803708096

**“DEGRADACIÓN RUMINAL DE LA MATERIA SECA Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS CONSUMIENDO FORRAJE DE *Chenopodium quinoa*”**

**APROVADO POR:**

---

Mg. Marcos A. Barros Rodríguez, Ph.D

**TUTOR**

---

Ing. Mg. Santiago Espinoza

**ASESOR DE BIOMETRÍA**

**REVISADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:**

FECHA

-----  
Ing. Mg. Patricio Núñez

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIONES**

-----  
Dr. Mg. Efraín Lozada

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIONES**

**“DEGRADACIÓN RUMINAL DE LA MATERIA SECA Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS CONSUMIENDO FORRAJE DE *Chenopodium quinoa*”**

**REVISADO POR:**

---

Mg. Marcos A. Barros Rodríguez, Ph.D

**TUTOR**

---

Ing. Mg. Santiago Espinoza

**ASESOR DE BIOMETRÍA**

---

Med. Mg. Diana Avilés, Ph.D

**ASESOR DE REDACCIÓN TÉCNICA**

APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO:

-----  
Ing.

Presidente del Tribunal de Defensa

-----  
Ing. Mg. Patricio Núñez

Miembro del Tribunal de Defensa

-----  
Dr. Mg. Efraín Lozada

Miembro del Tribunal de Defensa

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme tanta fortaleza para continuar a pesar de las adversidades y permitirme culminar esta etapa de mi vida.

Al Mg. Marco A. Barros Rodríguez, Ph.D, Tutor del trabajo de titulación, un infinito agradecimiento por su entrega desinteresada y apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto, que gracias a sus conocimientos y experiencia se obtuvieron resultados satisfactorios que serán de apoyo para el desarrollo de próximas investigaciones e incluso de aplicación inmediata en el sector productivo pecuario de la sociedad.

Al Ing. Hernán Zurita Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, quien con su apoyo impulso la cristalización de esta investigación.

A todas las autoridades de la Universidad Técnica de Ambato, que de una u otra manera se involucraron en este proyecto.

A todo el personal docente de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UTA, que me brindaron su apoyo, amistad y sus conocimientos durante el transcurso de mi carrera.

A mis amigos, a quienes hoy los considero merecedores de mi confianza, gratitud y amistad incondicional.

## DEDICATORIA

Cuando los avatares de la vida definen nuestro destino, es imposible no recordar cual fue el inicio para embarcarnos en tal fabulosa expedición, así fue para mí este proyecto de vida que hoy está llegando a su culminación, por ello como no dedicarlo a quienes se convirtieron en la musa de un progreso, de un anhelo y un sueño, ser un profesional quien brinde apoyo a su familia.

Por ello como signo de agradecimiento dedico esta etapa de mi vida a mis hijos que han sobrellevado día a día este esfuerzo tenaz, mi esposo quien puso su confianza y sueños en mi persona, y de manera muy especial a Rosario Gavilanes y Miguel Warush para quienes fui su orgullo y aunque partieron sin ver cristalizado este sueño, en vida me dieron todo su amor y buenos deseos, los mismos que reposan en tierra fértil por lo cual no habrá día que deje de recordarlos y atribuirles el éxito logrado, y a quien ha sido más que una madre para mi Manuela Sánchez.

## INDICE

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO II.....	2



REVISIÓN DE LITERATURA .....	2
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	2
2.1.1. Perspectiva de la producción ovina y nuevas estrategias de alimentación .....	2
2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES .....	4
2.2.1. Potencial agrícola y uso del suelo en Ecuador .....	4
2.2.2. Producción ovina mundial y nacional .....	4
2.2.3. Sistema de producción ovina y Rentabilidad económica.....	5
2.2.4. Requerimientos nutricionales en los ovinos.....	6
2.2.5. Fisiología digestiva de los rumiantes .....	7
2.2.5.1. Digestión ruminal .....	7
2.2.5.2. Patrón de fermentación ruminal. ....	8
2.2.5.3. Los microorganismos ruminales.....	9
2.2.6. La digestibilidad.....	11
2.2.7. Degradabilidad in vivo de nutrientes .....	12
2.2.8. Producción de gas in vitro .....	14
2.2.9. pH ruminal.....	15
2.2.10. Consumo voluntario .....	15
2.2.11. Productos no convencionales en la alimentación animal .....	16
2.2.11.1. La quinua .....	17
CAPÍTULO III .....	19
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	19
3.1. HIPÓTESIS.....	19
3.2. OBJETIVOS .....	19
3.2.1. General .....	19
3.2.2. Específicos .....	20
CAPÍTULO IV .....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	20

4.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	20
4. 2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.....	20
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES .....	20
4.3.1. Animales, alojamiento y alimentación.....	20
4.4. FACTORES EN ESTUDIO.....	21
4.5. TRATAMIENTOS .....	21
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	22
4.7 VARIABLES RESPUESTA.....	22
4.7.1. Consumo voluntario .....	22
4.7.2 Ganancia de peso.....	22
4.7.3. Conversión alimenticia.....	22
4.7.4. Digestibilidad aparente de la MS <i>in vivo</i> .....	23
4.7.5. Degradación de la MS .....	23
4.7.6. Producción de gas <i>in vitro</i> .....	23
4.7.7. Análisis químico.....	25
4.8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	25
CAPÍTULO V.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
5.1. Resultados.....	26
5.2. Discusión.....	27
CAPÍTULO VI.....	30
6.1. Conclusiones.....	30
6.2. Bibliografía .....	30
CAPÍTULO VII.....	42
PROPUESTA .....	42
7.1. Datos informativos.....	42
7.2. Antecedentes de la propuesta.....	42

7.3. Justificación .....	43
7.4. Objetivos .....	43
7.4.1 Objetivo General.....	43
7.4.2 Objetivos Específicos .....	44
7.5. Análisis de factibilidad .....	44
7.6. Fundamentación.....	44
7.7. Metodología, modelo operativo .....	44
7.8. Administración.....	45
7.9. Previsión de la evaluación .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b>	Clasificación de las principales especies de bacterias del rumen según el tipo de sustrato que fermentan o degradan.....	10
<b>Tabla 2.</b>	Cálculo de los nutrientes digestibles totales en granos de quinua y tallo de quinua.....	19
<b>Tabla 3.</b>	Composición de las raciones integrales.....	21
<b>Tabla 4.</b>	Consumo voluntario (MS, MO, PC, KG PV/0.75), (g/kg MS excepto donde se menciona lo contrario).....	26
<b>Tabla 5</b>	Ganancia de peso, conversión alimenticia, digestibilidad aparente de la MS y producción de gas in vitro (g/kg MS excepto donde se menciona lo contrario).....	26
<b>Tabla 6.</b>	Parámetros de degradación ruminal de los tratamientos y rastrojo de <i>quenopodioum quinoa</i> y <i>Pennisetum clandestinum</i> (g/kgMS).....	27

## INDICE DE ANEXOS

ANEXOS	Pág.
<b>Anexo 1.</b> Parámetros productivos (consumo voluntario: alojamiento de ovinos con una edad de 6 meses y un peso promedio de $20.88 \pm 1.04$ Kg de peso vivo, para medir parámetros productivos mediante método directo registrando controles de pesos, tanto de animales y su consumo alimenticio, en un periodo de 75 días incluido 15 días de adaptación).....	39
<b>Anexo 2.</b> Digestibilidad <i>in vivo</i> en jaulas metabólicas.....	39
<b>Anexo 3.</b> Degradación ruminal <i>in situ</i> de MS, con un grupo de 6 ovinos mayores a 8 meses, con un peso promedio de $28.88 \pm 1.04$ Kg de peso vivo, los mismos que fueron canulados y utilizados para degradación ruminal <i>in situ</i> de MS, mediante la técnica de la bolsa de nylon en el rumen descrita por (Ørskov, et al. 1980).....	40
<b>Anexo 4.</b> Producción de gas <i>in vitro</i> . .....	40

## Terminología y símbolos empleados

<b>Simbología</b>	<b>Significancia</b>
MS	Materia seca
MO	Materia orgánica
MJ	Mega Joule
ME	Energía metabolizable
MP	Proteína metabolizable
PN	Proteína no degradable
PV	Peso vivo
CV	Consumo voluntario
CA	Conversión alimenticia
GA	Ganancia de peso
PV <sup>0.75</sup>	Peso vivo metabólico
T2	( <i>P. clandestinum</i> + afrecho de <i>C. quinoa</i> )
T1	(100% <i>P. clandestinum</i> )
a	Fracción soluble
b	Fracción insoluble pero potencialmente degradable
c	Tasa de degradación por hora (%)
AGV	Ácidos grasos volátiles
g/d <sup>-1</sup>	Gramos por día

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la ingesta de residuos post cosecha de *Chenopodium quinoa* sobre el comportamiento productivo, digestibilidad aparente de MS, degradación ruminal de MS y producción de gas *in vitro* en ovinos. Esta investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias - UTA, utilizando dos grupos de ovinos machos criollos, el primer grupo de 12 individuos, con una edad de 6 meses y un peso promedio de  $20.88 \pm 1.04$  Kg de PV, se destinaron para medir parámetros productivos mediante método directo registrando controles de pesos, tanto de animales y su consumo alimenticio, en un periodo de 75 días incluido 15 días de adaptación y la digestibilidad *in vivo* en jaulas metabólicas. Un segundo grupo de 6 ovinos mayores a 8 meses, con un peso promedio de  $28.88 \pm 1.04$  Kg de PV, los mismos que fueron canulados y utilizados para degradación ruminal *in situ* de MS, mediante la técnica de la bolsa de nylon en el rumen descrita por Ørskov, et al. (1980) y finalmente la producción de gas *in vitro*. Se utilizó un diseño aleatorizado con dos tratamientos: T1: (95.8% *P. clandestinum*), T2: (75.8% *P. clandestinum* y 20% afrecho de *C. quinoa*).

El consumo voluntario de ovinos alimentados con T2 fue superior en 152 g MS/día respecto a T1 ( $P= 0.0428$ ). El consumo voluntario por Kg PV<sup>0.75</sup> no mostró diferencia significativa ( $P= 0.1385$ ) entre tratamientos. La conversión alimenticia fue menor ( $P= 0.0178$ ) en T2 frente a T1 (7:1 a 9:1 respectivamente). La ganancia de peso mostró diferencia significativa, siendo superior T2 por 29,35 g/Kg MS. La digestibilidad aparente de la MS no mostró diferencias ( $P=0.2689$ ) entre los tratamientos. La producción de gas *in vitro* (ml/0.5 g MS fermentable) fue menor en el T2 ( $P=0.0215$ ) con respecto al T1. Los parámetros de degradación ruminal no muestran diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). La fracción soluble (a) muestra diferencias ( $P<0.05$ ) entre forrajes siendo el kikuyo el de mayor porcentaje (30%). La fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) muestra diferencias ( $P<0.05$ ) entre forrajes, donde el mayor porcentaje de degradación fue Kikuyo (57%). Con respecto a la tasa de degradación (c) en porcentaje por hora, no se observó diferencias ( $P > 0.05$ ) entre forrajes. Se puede concluir que los rastrojos de forraje de *C. quinoa* pueden ser incluidos en un 20% en la dieta de los ovinos para ganancias moderadas de PV, al usar pastos de baja calidad nutricional como en el caso del *P. clandestinum*; que en la actualidad es una dieta tradicional y básica en la producción ovina del país.

**Palabras claves:** consumo voluntario, digestibilidad, *in vitro*, *in situ*, ovinos producción de gas.

## SUMMARY

The aim of this research was to determine the effect of the intake of residues post harvest of *Chenopodium quinoa* on the yield productive, apparent digestibility of DM, ruminal degradation of DM and *in vitro* gas production in sheep. The experiment was conducted at the Faculty of Sciences Agricultural - UTA, using two groups of sheep creole males, the first group of 12 sheep, with an age of 6 months and a weight average of  $20.88 \pm 1.04$  Kg of LW, they went to measure yield results by direct method, recording controls of weights, both animals and their consumption of food, over a period of 75 days included 15 days of adaptation and apparent digestibility *in vivo* in metabolic cages method. A second group of 6 sheep older than 8 months, cannulated in the rumen and with an average weight of  $28.88 \pm 1.04$  Kg of LW, for dry matter (DM) degradation was determined using the technique described by Ørskov, et al. (1980) and finally *in vitro* gas production. The sheep was distributed randomly with two treatments T1: (95.8% *P. clandestinum*), T2: (75.8% *P. clandestinum* and 20% bran of *C. quinoa*).

The voluntary intake for T2 was higher in 152 g DM/day ( $P = 0.0428$ ) to T1. The voluntary intake by Kg  $PV^{0.75}$  showed no significant difference ( $P=0.1385$ ) among treatments. Feed conversion was lower ( $P = 0.0178$ ) in T2 to T1 (7:1 to 9:1 respectively). The weight gain between treatments showed significant, being higher T2 by 29,35 g/Kg DM difference. The apparent digestibility of the DM not showed differences ( $P = 0.2689$ ) among the treatments. For *in vitro* gas production (ml/0.5 g fermentable DM) was lower in T2 ( $P = 0.0215$ ) with respect to T1. Ruminal degradation parameters showed no differences between treatments ( $P > 0.05$ ). The soluble fraction (a) showed differences ( $P < 0.05$ ) between forage being the kikuyo the highest percentage (30%). Insoluble but potentially degradable fraction (b) shows differences ( $P < 0.05$ ) between forage, where the highest percentage of degradation was kikuyo (57%). Regarding of the rate of degradation (c) as a percentage per hour showed no significant ( $P > 0.05$ ) between forage. It can be concluded that fodder residues of (*C quinoa*) can be included by 20% in the diet of sheep for LW moderate gain, when using low quality as is the case with the Kikuyu grass (*P. clandestinum*); today is a basic and traditional diet in sheep production in the country.

**Key words:** digestibility, gas production, *in-vitro*, *in-situ*, voluntary intake, sheep.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La reciente evolución del sistema agroalimentario mundial hacia el surgimiento de mercados de alimentos con alto valor nutritivo (Laguna, et al. 2006), han fomentado la producción e industrialización de los productos andinos (Delgado, et al. 2009), como *Chenopodium quinoa* y por ende subproductos de post cosecha, los mismos que pueden ser utilizados en la nutrición animal, con lo cual se podría formular estrategias de alimentación para obtener mejores rendimientos productivos y disminuir costos en la producción y Nutrición de rumiantes, considerando que la alimentación es el rubro más importante en una explotación pecuaria, donde los pastos utilizados como único alimento no satisfacen los requerimientos nutricionales para la producción (Razz & Clavero, 2007).

Es así que, en la búsqueda de alternativas para la nutrición animal se han evaluado diferentes especies forrajeras, como Cantú, et al. (2000) valoró cultivares de *C. quinoa* en etapa de panojamiento a floración, determinando un contenido de proteína cruda entre 17,6 % en esta etapa y su grano de 10 a 18,94%, además, León, (2003); Aduviri, (2007) en investigaciones realizadas resaltan los posibles beneficios por compuestos secundarios como la saponina, dentro de la alimentación animal. Así, la importancia de la utilización de este subproducto radica; a) los volúmenes producidos que viabilizan su utilización y b) no generan controversia social ya que no se utilizan para la alimentación humana.

Por lo tanto Espíndola & Rodríguez, (1984) ya menciona la utilización de la planta completa como una alternativa de forraje, al igual que sus residuos sean estos tallos, pequeñas partes de hojas, restos de la panoja, inflorescencia, y perigonio para alimentar ovinos, bovinos y porcinos (León, 2003), e incluso los granos quebrados de baja calidad se han utilizado en la alimentación de aves de corral, mientras que, investigaciones utilizando afrecho de quínoa en dietas para *Cavia porcellus*, demuestran altos rendimientos productivos (Aduviri, 2007; Tuquinga & Rene, 2011). Es así, que esta investigación se determina el efecto de la ingestión de residuos post cosecha de *Chenopodium quinoa* sobre el comportamiento productivo, digestibilidad aparente de MS, degradación ruminal de MS y producción de gas *in vitro* en ovinos.

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

##### **2.1.1. Perspectiva de la producción ovina y nuevas estrategias de alimentación**

La producción ovina posee características de interés económico por su velocidad de crecimiento, cualidad que nos permite reducir el periodo de ceba y alcanzar pesos más elevados en menos tiempo, mejorando así, la calidad de la canal (mayor terneza y succulencia), para un mercado que prefiere carnes sin características organolépticas e incluso considera la intensidad del color, la base para ello es la nutrición animal que permite mejorar estos parámetros por estar relacionados tanto con la edad del animal y el alimento recibido.

Además un complemento para mayor interés en la producción ovina es la gran capacidad de adaptación a diferentes climas, su rusticidad, resistencia a periodos de carencia de alimento, y su gran capacidad de aprovechamiento de recursos pobres, (Cooper & Thomas, 1978).

Pero la problemática en la producción ovina como lo manifiesta Galaviz-Rodríguez, et al. (2011) es una baja producción consolidada en un sistema de producción con recursos múltiples que varían durante el año desde pastoreo en rastrojeras después de la cosecha de granos (maíz, cebada, trigo y la avena), o el pastoreo a orillas de caminos y bordes de parcelas agrícolas donde un 85.5% de la producción es una actividad complementaria a la agricultura, sin utilización de mano de obra especializada, destacándose altas tasas de mortalidad de corderos y la subalimentación, factores limitantes para el crecimiento del rebaño y para una baja rentabilidad de la ovinocultura.

Dentro de este panorama, el principal problema es la mala calidad del alimento suministrado a los animales (Rosero, 2011), siendo necesario la investigación de nuevas fuentes nutritivas, donde la producción ovina con avances científicos y técnicos pase de una explotación artesanal a ser una actividad que busca productividad y rentabilidad, gracias a su capacidad de transformar los subproductos agrícolas y alimentos fibrosos en un producto animal de alto valor nutritivo (Galaviz-Rodríguez, et al. 2011), debido a que

los ovinos y caprinos se los considera como los rumiantes que mejor aprovechan los principios nutritivos incluso en el caso de la celulosa de baja digestibilidad.

Así, la optimización de raciones y su utilización eficiente es un aspecto importante en la alimentación animal con el objetivo de lograr mezclas de alimentos de mínimo costo y con alto valor nutricional aprovechando recursos forrajeros no convencionales, convirtiéndolos en una alternativa que resulte económica y viable.

Con respecto a *Chenopodium quinoa* es una alternativa forrajera no convencional, de la cual tanto residuos de la planta, subproductos de las cosechas, trilla, beneficiado y parientes silvestres han sido utilizados desde tiempos antiguos por moradores de las mesetas altiplánicas andinas en la alimentación de rumiantes y monogástricos (León, 2003) citado por Blanco, (2013) y granos de quinua en dietas para aves de corral (Mujica & Jacobsen, 2006). Así mediante digestibilidad *in vivo* Ugarte, (1956) determino que, los granos de quinua tienen un contenido de energía de 2,97 Mcal/kg de MS, este trabajo fue citado por Cardozo & Tapia, (1979), quienes no lo consideran como un concentrado de alto valor energético para la alimentación, pero por su contenido nutrimental (10,7 % de PC), sugieren su uso como proteína complementaria para mejorar el balance en la dieta, mientras que Repo-Carrasco, et al. (2003) sugiere su utilización considerando su balance en aminoácidos esenciales, además, por su contenido de compuestos secundarios (saponinas: 4,7 a 11,3 g/kg MS) puede ayudar a reducir las pérdidas de energía en forma de metano entérico en los rumiantes (Blanco, 2013).

No obstante el grano de quinua como tal constituye la principal fuente de utilización para el consumo humano, y aunque no es muy usual utilizar grano de quinua en la alimentación de rumiantes, existen algunos antecedentes con su uso, así Ugarte, (1956) reporta ganancias de peso de hasta de 1,133 kg/día al adicionar 200 g de grano de quinua en la dieta de terneros. Sin embargo, se carece de información sobre la utilización del beneficiado de la quinua en la nutrición de ovinos.

Así mismo Aduviri, (2007) manifiesta que el afrecho de quinua tiene un gran potencial para ser utilizado en la preparación de raciones para rumiantes, por los niveles de proteína de la planta, que oscila entre 11,14% a 14,94%. Por otro lado Tuquinga & Rene, (2011) evaluaron parámetros productivos incorporando 30 y 60% de afrecho de quinua, en raciones de *Cavia porcellus* (cuyes), los resultados más satisfactorios en cuanto a ganancia

de peso vivo se obtuvo en cuyes alimentados con raciones que contenían 30% de afrecho de quinua.

Otro trabajo en cuyes fue citado por Blanco, (2013), en el cuál se evaluó dietas con 20, 40 y 60% de desecho de quinua, con un tratamiento control (sin desecho de quinua) para la etapa de crecimiento y engorde, aquí la adición de 40% de desecho de quinua muestra mejor respuesta para las dos etapas, alcanzando en la etapa de crecimiento ganancias de 366,25 g a los 64 días de edad, y ganancias de 10,17 g/d<sup>-1</sup> más una conversión alimenticia de 4,53 y en etapa de engorde pesos finales de 1107,50 g, con ganancias de peso de 294,17 g a los 100 días de edad, con 8,17 g/d<sup>-1</sup> y conversión alimenticia de 8,33.

## **2.2. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

### **2.2.1. Potencial agrícola y uso del suelo en Ecuador**

El sector agropecuario en el país es el segundo productor de bienes y su participación en el PIB (producto interno bruto) alcanza el 10.7 según el III Censo Nacional Agropecuario (2000), el sector emplea al 31% de la PEA del país (Ecuador, 2015), contrastando con esta importante labor esta la tasa de deforestación, registrada en la región de Suramérica con 5 millones de ha en el 2010 (Ocampo, et al. 2011), siendo un causante la expansión de áreas de pastoreo. Es así que Müller, et al. (2014) considera que el cambio actual para el uso de la tierra, se debe a una expansión, que transforma los bosques en monocultivos de pastos para el sector que más contribuye a las emisiones de gases efecto invernadero (FAO, 2015; IDEAM, 2010).

### **2.2.2. Producción ovina mundial y nacional**

El panorama mundial en la producción de carne ovina mantiene una baja participación en la producción mundial de carnes, correspondiendo a un 5% (Tambler, 2008), en el 2012 fue 13.7 millones de toneladas con un incremento del 0.5 % en el 2014, igualando este porcentaje al ganado bovino (FAO, 2014). Relativamente al comparar con otras carnes, la ovina se mantiene como la que mejores precios ha tenido durante el siglo XXI. (Tambler, 2008). Debe considerarse que la producción de carne ovina está parcialmente restringida a zonas templadas, en tanto que su consumo se realiza en todo el mundo (Oficialdegui, 2002), y países como Oceanía (responsables de más del 90% de las exportaciones), Nueva Zelanda y Australia son los principales productores de carne ovina, y como principales

importadores tenemos la Unión Europea, Estados Unidos, Japón, Arabia Saudita, China y México (Tambler, 2008). En Suramérica la ganadería ovina es una actividad concentrada en la zona andina, pero cuestionada en su aspecto productivo e impacto ambiental, y en muchas comunidades rurales del mundo es una actividad para complementar los ingresos del productor, y como actividad desarrollada por campesinos como una práctica de subsistencia.

En Ecuador (INEC, 2014) menciona que el número existente de cabezas ovinas es un total de 739.475 animales en el ámbito nacional, siendo en la región sierra donde existe el mayor número con 714.292 ovinos. Destacándose en esta región las provincias de Cotopaxi con 193.608, Chimborazo con 293.512, Azuay con 79.518 animales, en la región costa sobresale la provincia del Guayas con 8.971 animales (SINAGAP, 2012). Además se reportó que en Ecuador se consume carne de borrego y no de cordero, inconveniente principal para la baja demanda del mercado para esta raza.

### **2.2.3. Sistema de producción ovina y Rentabilidad económica**

Los sistemas de producción ovina están en función al producto final (sistemas laneros, laneros/cárnicos, sistemas principalmente carniceros y para la producción de leche ovina), estos se acoplan según sus condiciones a explotaciones intensivas, extensivas y artesanales, y se categorizan por el tamaño de la explotación, el grado de insumos disponibles y la tecnología aplicada.

En la búsqueda de rentabilidad, se han desarrollado zonas o regiones donde, por sus conocimientos disponibles tienen sistemas sustentables física y económicamente, y son ovino dependientes donde cualquier mejora en sus sistemas está ligada a la evolución del rubro económico. Así se ha dado la apertura de nuevos mercados, que determinarían un cambio importante, permitiendo mejores precios del producto. Un ejemplo es Uruguay que está negociando la entrada de carne sin hueso a la UE, lo que le permitiría el acceso a ese mercado con cortes de mayor valor (Tambler, 2008), en mercados donde el precio promedio de venta fue de 3.663 dólares por tonelada equivalente peso carcasa, mientras que en Brasil fue de 2.663 dólares.

Pero contrario a ello, tenemos sistemas ovinos que deben necesariamente aumentar su productividad y eficiencia para mantenerse en el menú de opciones de los sistemas

ganaderos. Estos se desarrollan con pasturas nativas como principal fuente forrajera, que se refleja en una producción restringida tanto en cantidad y calidad. (Oficialdegui, 2002).

#### **2.2.4. Requerimientos nutricionales en los ovinos**

Dentro de los requerimientos, las necesidades de mantenimiento y producción, son las que cubren el adecuado funcionamiento de los diferentes estados fisiológicos (reproducción, crecimiento, etc.) y productivos (ceba, lactancia, etc.). Estos requerimientos en los rumiantes se satisfacen por dos fuentes: a) proteína de origen microbiano que está disponible a nivel post-ruminal y b) proteína de la dieta que escapa de la digestión ruminal, pero es digerida en el intestino delgado. La proteína de sobrepaso puede provenir del forraje o del suplemento, y normalmente se conoce como proteína no degradable (PN) (Villalobos, et al. 2000).

Las necesidades nutritivas están en función de la especie y la clase de animales, así, se considerara las necesidades energéticas diarias de los animales en MJ o ME, y las necesidades de proteína en g de MP por día. Por tal motivo, se establece estas necesidades de acuerdo a las recomendadas por el AFRCTCORN de los informes número 5 y 9 (AFRC 1990; 1992), las mismas que se definen en función del peso vivo, estado de carnes, sin que se encuentren afectadas por la raza de la oveja o el entorno.

De este modo las necesidades de ME y MP para mantenimiento de corderos enteros estabulados de cebs que tienen un peso vivo de 20 Kg, con un incremento de peso vivo de 50 y 100 g/d, es de 4,8 a 5,3 (MJ/d) como aporte de ME; para MP se requiere 49 y 64 (g/d); con una ingesta de materia seca de 0,4 a 0,6 Kg/día, cuando la dieta aporta con un rango de 0,53 a 0,69 de metabolibilidad de la energía bruta de la ración a nivel de mantenimiento y desde 10 a 13 MJ/Kg MS, estos requerimientos se han calculado mediante ecuaciones, que permiten obtener los requerimientos específicos sobre las necesidades de ME (MJ/d) y MP (g/d) para mantenimiento y producción, estos cálculos mantienen un margen de seguridad del 5%.

La ingestión de materia seca publicada por ARC, (1998), para ovinos en crecimiento que consumen raciones groseras (alimentos groseros en forma larga o picada), permiten la determinación de las necesidades nutritivas y la selección de los alimentos que cubren dichas necesidades, que se reflejan en el rendimiento animal tanto por aumentos de peso o

producción (McDonald, et al. 1995). Además, se propone para su cálculo la siguiente ecuación:

$$\text{TDMI (Kg/d)} = \{104,7 q_m + 0,307W - 15,0\} W^{0,75} / 1000$$

Donde:

TDMI: Ingestión Total de Materia Seca de una ración, kg/cabeza/d.

$q_m$ : Metabolicidad de la (GE) al nivel de mantenimiento [ME]/[GE]

$W^{0,75}$  : Peso metabólico.

GE: Energía Bruta de una ración.

ME: Energía metabolizable

En base a ello se ha determinado que una dieta que aporta con 8 MJ/Kg de MS de ME y 0,43 de metabolicidad de la energía bruta, la ingestión de materia seca es de 0,34 Kg/d. Cuando el contenido de energía metabolizable y por ende la metabolicidad de la misma aumenta, el requerimiento de ingesta de MS aumenta, así se observa que una dieta con 13 MJ/Kg de MS de ME y 0,69 de metabolicidad de la energía bruta, la ingestión de materia seca es de 0,60 Kg/d.

Se ha determinado que las necesidades de agua oscilan entre 2,5 y 3 L diarios. Se considera que la sustancia seca de la ración diaria representa el 3% del peso vivo. (Zartha, 2007).

## **2.2.5. Fisiología digestiva de los rumiantes**

El estómago de los rumiantes está provisto de cuatro compartimentos (rumen, retículo, omaso y abomaso), los alimentos se mezclan con abundantes cantidades de saliva (10lt. en el ovino), tanto para la ingestión como para la rumia. Los alimentos y el agua ingeridos llegan al rumen donde son parcialmente fermentados, el contenido ruminal está en capas, una inferior (líquida) que contiene partículas de menor tamaño de los alimentos, otra superior y menos acuosa que contiene productos sólidos y la parte gaseosa.

### **2.2.5.1. Digestión ruminal**

Los procesos de digestión para la degradación de los recursos alimenticios, están estrechamente relacionados por procesos mecánicos (masticación y las contracciones musculares de TD), químicos (enzimas de vegetales, microbianas y jugos digestivos) y con

la presencia y actividad de los microorganismos del rumen (bacterias, hongos, y protozoarios) (Zapata-Salas, 2012).

El papel de estos microorganismos, especialmente de bacterias y hongos celulolíticos adquiere mayor relevancia en sistemas de producción de ovinos en condiciones de pastoreo donde la principal fuente de alimentación la constituyen pastos y forrajes, cuya degradación y utilización, dependen de la población de microorganismos ruminales tanto en su tamaño, composición y capacidad de estos para la degradación.

#### **2.2.5.2. Patrón de fermentación ruminal.**

Los azúcares sencillos producidos en la primera fase de la digestión de los hidratos de carbono en el rumen, son recogidos y metabolizados por los microorganismos, donde las rutas seguidas son similares a las utilizadas por el animal. Así el ácido pirúvico que es un intermediario común de la degradación de los carbohidratos en el rumen, y del cual parten las rutas metabólicas que conducen hasta cada uno de los AGV, que son los ácidos acéticos, propiónico y butírico, dióxido de carbono y metano, dependen de la población microbiana y/o ración. Las rutas del succinato se siguen cuando las raciones están formadas principalmente por alimentos groseros fibrosos. Los forrajes fibrosos maduros originan mezclas de AGV que contienen una elevada porción (cerca del 70%) de ácido acético. Dentro de este proceso se produce una hidrólisis de los carbohidratos de los alimentos, para continuar con el proceso fermentativo, donde actúan las enzimas de los microorganismos ruminales, capaces de hidrolizar carbohidratos de reserva (almidones) e hidratos de carbono estructurales que forman parte de la pared celular (fracción fibrosa). El resultado son azúcares constituyentes de los polisacáridos (De Blas, et al. 2008).

La hidrólisis de hemicelulosa, pectinas y fructanos dan lugar a la formación de pentosas, ácidos urónicos o fructosa, este proceso se dificulta por la lignificación de la fibra, donde la actuación de los microorganismos dependerá también del tiempo empleado en la digestión, como tamaño y composición de la población ruminal, más la capacidad de estos para degradar carbohidratos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y compuestos tóxicos; en este proceso se originan ácidos grasos volátiles (AGV), células microbianas, gases metano y dióxido de carbono, calor, crecimiento y proliferación de los microorganismos. Estableciéndose así grandes grupos en función al tipo de sustrato que fermentan (aminolíticos, celulolíticos, metanogénicos (anaerobios estrictos). Los AGV y los microorganismos son nutrientes o fuentes de nutrientes disponibles para el animal.



El crecimiento tanto de protozoarios y bacterias se estimula o inhibe en función al sustrato fermentado y de las condiciones del medio. Tanto de acidez, y velocidad de renovación.

Después de este proceso quedan expuestos a las enzimas digestivas. Los gases se eliminan por eructación, y los ácidos grasos volátiles se absorben en su mayor parte a través de la pared ruminal. Las células microbianas, pasan al abomaso e intestino delgado, acompañando a los componentes de los alimentos no degradados, allí son digeridas por las enzimas digestivas. En el intestino grueso se da una segunda fase de digestión microbiana. Los ácidos grasos volátiles producidos en el intestino grueso también se absorben, pero las células microbianas se excretan en las heces. El pH ruminal se mantiene entre 5,5 y 6,5 tanto por fosfatos y bicarbonatos de la saliva (McDonald, et al. 1995). En los rumiantes la mayor parte de los carbohidratos se degradan en el rumen hasta los ácidos acético, propiónico y butírico, con pequeñas cantidades de ácidos de cadena ramificada y ácidos volátiles superiores. Al atravesar la pared ruminal el ácido butírico se transforma llegando a la sangre portal como ácido B-hidroxibutírico (BHBA). El ácido acético y BHBA abandonan el hígado y por sangre sistémica, alcanzan los distintos órganos y tejidos, donde se utilizan como fuente de energía y ácidos grasos. El ácido propiónico se convierte en glucosa en el hígado, incorporándose en el pool de glucosa (McDonald, et al. 1995).

### **2.2.5.3. Los microorganismos ruminales**

La concentración de las poblaciones microbianas que viven en el rumen en anaerobiosis, específicamente para bacterias, protozoarios y hongos son de  $10^{10}$ /ml,  $10^6$ /ml y  $10^4$ /ml respectivamente (Jouany, 1994). Los microorganismos ruminales utilizan proteína degradada, proporcionando amoníaco para la digestión de la fibra y síntesis de proteína microbiana (Villalobos, et al. 2000). Mientras que organismos de crecimiento lento (hongos y protozoarios), para reproducirse necesitan permanencia prolongada del alimento dentro del rumen (48 a 72 h), de esta forma se sostiene la concentración de las poblaciones microbianas (McAllister, et al. 1994). Donde se estima como tiempos de multiplicación de 5-14 h para los protozoarios (Williams, et al. 1988) y de 24-30 h y para hongos (Carmona, et al. 2005). Debido a la gran diversidad de estructuras orgánicas presentes en la biomasa ruminal, se requiere de un amplio grupo de microorganismos para su fermentación además de los metanogénicos, ya que estos sólo catabolizan un limitado número de sustratos. Así, el complejo de microorganismos convierte los carbohidratos, proteínas y lípidos en fragmentos de menor peso molecular, y estos son utilizados por bacterias acetogénicas

(productoras de H) para formar acetato e H, y CO<sub>2</sub>, los cuales son utilizados por los metanogénicos (Bonilla Cárdenas & Lemus Flores, 2012). Es posible que la eficiencia del crecimiento bacteriano este directamente relacionada con la tasa de dilución de las bacterias o del contenido ruminal, debido a que las bacterias en el rumen están asociadas a los sólidos alimenticios, al líquido y la pared ruminal; por lo tanto, la tasa de crecimiento bacteriano puede estar en relación a la tasa de dilución del líquido ruminal (Bergen, 1979).

Las bacterias se pueden clasificar en función del sustrato que utilizan, de los productos formados o de sus requerimientos nutricionales. En función de su principal sustrato de fermentación, se puede clasificar en microorganismos que degradan celulosa, hemicelulosa, almidón, azúcares, ácidos intermedios, proteína, pectina o lípidos. En una clasificación más extensa, se incluye el grupo de bacterias productoras de metano, de amoníaco y bacterias con actividad ureasa dicha clasificación se la puede apreciar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de las principales especies de bacterias del rumen según el tipo de sustrato que fermentan o degradan.

<b>Principales especies celulolíticas</b> <i>Fibrobacter succinogenes</i> <i>Ruminococcus flavefacins</i> <i>Ruminococcus albus</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	<b>Principales especies proteolíticas</b> <i>Ruminobacter amylophilus</i> <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Streptococcus bovis</i>
<b>principales especies hemicelulolíticas</b>  <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Ruminococcus sp.</i>	<b>Principales especies utilizadoras de lípidos</b>  <i>Anaerovibrio lipoytica</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Treponema bryantii</i> <i>Eubacterium sp.</i> <i>Fusocillus sp.</i> <i>Micrococcus ep.</i>
<b>Principales especies pectinolíticas</b>  <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Lachnospira multiparus</i> <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i> <i>Treponema bryantii</i> <i>Streptococcus bovis</i>	<b>Principales especies productoras de metano</b>  <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> <i>Methanobacterium formicicum</i> <i>Methanomicrobium mobile</i>
<b>Principales especies amilolíticas</b>  <i>Ruminobacter amylophilus</i> <i>Streptococcus bovis</i> <i>Succinomonas amyolytica</i> <i>Prevotella ruminicola</i>	<b>Principales especies productoras de amoníaco</b>  <i>Prevotella ruminicola</i> <i>Megasphaera elsdenii</i> <i>Selenomonas ruminantium</i>
<b>Principales especies utilizadoras de azúcares</b>  <i>Treponema bryantii</i> <i>Lactobacillus vitulinus</i>	<b>Principales especies ureolíticas</b>  <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i> <i>Selenomonas sp.</i> <i>Prevotella ruminicola</i>

<i>Lactobacillus ruminus</i>	<i>Ruminococcus bromii</i>
<b>Principales especies utilizadoras de ácidos</b>	<i>Betyrivibrio sp.</i>
	<i>Treponema sp.</i>
<i>Magasphaera elsdenii</i>	
<i>Selenomonas ruminantium</i>	
(Yokohama & Johnson, 1988)	

Esta clasificación no es absoluta, debido a que las bacterias se pueden especializar mucho, poco o nada dependiendo del sustrato. Por ejemplo, la actividad proteolítica se ha descrito en el 38% de las bacterias ruminales, por lo que bacterias de otros grupos pueden degradar la proteína (Yokohama & Johnson, 1988). Las poblaciones microbianas descritas anteriormente interaccionan en el ecosistema ruminal para maximizar la eficiencia de la fermentación del alimento (Van Soest, 1994).

La masa microbiana sintetizada en el rumen aporta, aproximadamente el 20% de los nutrientes absorbidos por el animal hospedador. La materia seca de las bacterias contiene 100g de N/Kg, donde el 80% está en forma de aminoácidos y el 20% en ácidos nucleicos (McDonald, et al. 1995).

### 2.2.6. La digestibilidad

La energía, es un nutriente limitante en todo sistema de alimentación, la determinación del valor energético de los forrajes se puede estimar indirectamente mediante técnicas de digestibilidad tanto in vitro, in vivo o el empleo de enzimas celulolíticas (Hernández, et al. 2012). En los sistemas actuales de producción es negativa la relación de energía de la ración, consecuentemente podemos ocasionar lentitud en el crecimiento, pérdida de peso, fallas en la reproducción, aumento de la mortalidad y mayores infecciones parasitarias, por tal motivo los nutrientes que aportan energía son de prioridad.

La digestibilidad de los alimentos se considera a la cantidad absorbida por el animal, y es expresada en relación a la materia seca, se obtienen por diferencia de la materia seca consumida y la materia seca excretada en las heces (McDonald, et al. 1995), para su cálculo se administra cantidades específicas de alimento y se determina la excreción fecal, se emplean varios animales debido a pequeñas diferencias en la capacidad digestiva, factor que es independiente aun cuando los animales pertenecen a una misma especie, edad y sexo. Las repeticiones permiten detectar posibles errores en las determinaciones. Por la

excreción en las heces de sustancias que no proceden directamente de los alimentos, las cifras obtenidas de la digestibilidad se denominan coeficiente de digestibilidad aparente.

Los diferentes métodos para medir la digestibilidad consisten en proporcionar al animal cantidades predeterminadas de un alimento de composición conocida, y medir y analizar las heces, para medir el porcentaje de un nutrimento dado que se digiere (desaparece) en su paso por el tubo gastrointestinal. Métodos más completos implican la medición adicional de la orina, los gases, el calor generado, la eficiencia de la rumia, el volumen de las fracciones sólidas y líquida del rumen y los ácidos grasos volátiles de este último entre otros. La digestibilidad varía por los factores propios del alimento, los animales que lo consumen o por ambas cosas. Para el aprovechamiento de los alimentos en una misma especie animal hay variaciones y dependen sobre todo de la raza, edad, especialización zootécnica, estado de salud, clase o intensidad del trabajo a que están sometidos, etc. (Shimada, 2009).

#### **2.2.7. Degradabilidad in vivo de nutrientes**

Con la utilización de bolsas sintéticas para medir la digestión de los forrajes a nivel ruminal, se obtiene la degradabilidad aparente de la materia seca, fibra y nitrógeno (Ørskov, et al. 1980) su confiabilidad depende de factores como la cantidad de la muestra, tamaño de la bolsa y partícula de la muestra. Las técnicas in vivo, se han considerado como estándar para comparar otras técnicas, sin embargo requiere animales preparados quirúrgicamente. Esta técnica permite determinar la cantidad de proteína degradable, sin embargo es necesario más investigación para describir las fracciones de proteína que son degradadas (Villalobos, et al. 2000), con las técnicas *in vitro* simula la digestibilidad del tracto digestivo del rumiante y requiere la preparación de un inóculo que contenga microorganismos ruminales viables (Rosero Noguera & Posada, 2009; Tilley & Terry, 1963) el inconveniente es la variabilidad de sus resultados, debido a que la microflora ruminal está, influenciada por el tipo y cantidad de dieta proporcionada al animal.

Siendo necesario el uso de proteína metabolizable en la suministración, radicando así la importancia de la degradación ruminal de la proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes, porque tradicionalmente los requerimientos de proteína de los rumiantes se han expresado con base en la proteína cruda de la dieta, aunque ha sido un

sistema útil no evalúa adecuadamente la disponibilidad de la proteína de suplemento y del pastizal (Villalobos, et al. 2000).

McAllan & Smith, (1983) han sugerido que las bacterias celulolíticas son parcialmente dependientes de los aminoácidos y péptidos pre-formados. Las fracciones que sean degradadas y que proporcionen substratos adecuados podrían proporcionar una buena respuesta para el crecimiento bacteriano, donde el grado de degradación de proteína en el rumen depende de la actividad proteolítica de los microorganismos del rumen, del acceso de los microorganismos hacia la proteína, y de la tasa de pasaje del alimento.

La proteína que pasa del rumen hacia el abomaso es comúnmente llamada proteína “sobrepasante”, o proteína no degradada, que se diferencia de la proteína sintetizada por los microorganismos del rumen y de las secreciones endógenas. La proteína que pasa al abomaso consiste de dos fracciones: la que resiste al ataque microbio en el rumen, y la proteína que evade el ataque en el rumen y pasa hacia el omaso sin degradarse. La proteína que entra al rumen-retículo tiene la posibilidad de ser degradada por bacterias y protozoarios. La degradación básicamente involucra dos pasos: hidrólisis de la cadena péptida (proteólisis) para producir péptidos y aminoácidos, y deaminación y degradación de aminoácidos; después de la proteólisis, los péptidos o aminoácidos liberados pueden dejar el rumen-retículo, y ser utilizados para el crecimiento microbio, o pueden ser degradados a amoníaco y ácidos grasos volátiles. Los aminoácidos son rápidamente degradados en el rumen, por lo que pocos aminoácidos están disponibles para absorción o pasaje del rumen-retículo.

La degradación de proteína ha sido definida como una función del tiempo cuando se utilizan técnicas *in vitro*, *in situ* o enzimas proteolíticas. La mayoría de los datos se adaptan a un modelo general con tres fracciones: A= nnp (nitrógeno no proteico) o proteína que es degradada bastante rápido; B= proteína que es degradada a una velocidad similar a la tasa de pasaje y C= proteína no degradable o que puede ser degradada muy lentamente (NRC, 1985). Al medir la degradación de proteína y materia orgánica por los microorganismos del rumen es difícil. Puede haber una gran variación en la degradación de la proteína entre y dentro de los mismos alimentos. Hay varias fuentes de error analítico, una de las más importantes es el distinguir entre proteína bacteriana y la proteína que no es degradada. Dado que la degradabilidad de la proteína determina tanto la fracción degradada como la no degradada de la proteína de la dieta, la exactitud para estimar la degradación de la

proteína de la dieta, es bastante importante en la implementación del nuevo sistema en la alimentación de rumiantes.

### **2.2.8. Producción de gas in vitro**

La industria animal es emisor de gases efecto invernadero (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) (Ocampo, et al. 2011) produciendo 50 l/d de metano en el ovino, siendo inerte tanto para la flora como para el individuo, y es excretado tanto en el eructo como en el aire expirado. Estos gases se derivan naturalmente del proceso digestivo, pero constituye de una pérdida de energía (Bonilla Cárdenas & Lemus Flores, 2012). Varios factores intervienen para la producción de gas efecto invernadero como el tipo de animal, alimentación recibida (De Blas, et al. 2008), composición y digestibilidad de la dieta, procesamiento previo al alimento, frecuencia de alimentación, los sistemas de producción utilizados.

Este proceso es responsable del 60% de la producción total de metano (por fermentación entérica 36.2% y descomposición del estiércol 23,8%). Cifra preocupante debido al poder de calentamiento global (PRG) del metano, que además posee gran poder de captación de radiación (21 veces superior a CO<sub>2</sub> que tiene solo 1), y su vida media en la atmósfera de 10-20 años, CO<sub>2</sub> (50-200 años) óxido nitroso (100-150 años) (Van Soest, 1994), poniendo énfasis en la reducción de metano por el corto tiempo empleado en la reducción del efecto invernadero considerando las fuentes renovables de C (producidos por combustión aerobia de animales), donde se elimina el C fijado por fotosíntesis a partir de CO<sub>2</sub> atmosférico y por la conversión de CO<sub>2</sub> en metano entérico en los procesos fermentativos microbianos (FAO, 2013).

Los factores que determinan la producción de metano en el aparato digestivo (ligados al animal) por especie, tamaño, situación de la zona fermentativa, mecanismos de retención del alimento (volumen y localización del rumen, y resistencia del omaso donde no permite la entrada de partículas gruesas de alimento), el 80% de materia orgánica (fracción fibrosa y contenido celular) es fermentada en el rumen (NRC, 2001). La producción diaria de metano varía linealmente con el peso del animal expresado sobre peso metabólico (Machmüller & Clark, 2006). Del total de metano entérico producido por los rumiantes 30% corresponde a la producción ovina (De Blas, et al. 2008).

Así, se busca estrategias para mitigar las emisiones de metano, entre ellas está la manipulación nutricional para suprimir la metanogénesis, en la cual incluye el uso de forrajes de alta calidad o la modificación de las prácticas de alimentación y suplementación a dietas basadas en pajas (Bonilla Cárdenas, J.A. & Lemus Flores, C. 2012), logrando modificar la fermentación ruminal inhibiendo directamente los metanogénicos y protozoarios, o desviando los iones hidrógeno de los metanogénicos.

Se estima una producción de CH<sub>4</sub> entérico de 20,9 g de CH<sub>4</sub>/kg de MS consumida-1, en la cual se hace referencia a que la producción de metano está en relación al consumo de MS (Bonilla Cárdenas & Lemus Flores, 2012). En otras investigaciones también se manifiesta q la producción de metano se incrementó a medida que aumento la digestibilidad aparente de la dieta.

#### **2.2.9. pH ruminal**

El pH del rumen es un parámetro físico-químico esencial en la digestión y la nutrición del rumiante (De Veth & Kolver, 2001). El pH ruminal puede variar en un rango entre 5.0 y 7.2 dependiendo del tipo de dieta y el manejo alimentario. En la alimentación de rumiantes con raciones con alto contenido de concentrado en relación al forraje existe disminución de pH del contenido ruminal, dada por la mayor velocidad de fermentación del concentrado y por la disminución del poder tampón asociado al consumo de forraje de forma directa (capacidad buffer de las pectinas o la lignina) o directa (rumia ingresa saliva al rumen de tampón fosfato y bicarbonato), la acidificación de pH disminuye la densidad de flora celulolíticas y aumento de la flora amilolítica, consecuentemente se reduce la digestión de fibra y se altera el tipo de fermentación hacia la formación de menor cantidad de ácido acético y mayor ácido propiónico (Lana, et al. 1998).

#### **2.2.10. Consumo voluntario**

De manera general, a medida que el consumo diario de alimento se incrementa, el porcentaje de energía bruta que se pierde como CH<sub>4</sub> se reduce. Sin embargo, esto depende a su vez del tipo de alimento, ya que por ejemplo, al ofrecer cantidades limitadas de carbohidratos altamente digestibles, ocurre una elevada pérdida de CH<sub>4</sub>, y al ofrecer grandes cantidades de carbohidratos altamente digestibles, ocurre menor pérdida de CH<sub>4</sub>. El tipo de carbohidrato también afecta la producción de CH<sub>4</sub>, ya que los azúcares solubles son menos metanogénicos que los estructurales, y que el almidón. En sistemas de

producción ganadera tropicales generalmente se tienen bajos índices productivos debido a la baja calidad de la dieta, lo cual implica que en situaciones de bajo consumo de alimento a causa de baja tasa de pasaje, no solo se tiene el efecto detrimental en el rendimiento por animal, sino también se obtiene mayor emisión de CH<sub>4</sub> y por ende menor aporte de energía metabolizable.

El aumento de concentrado en la ración supone un descenso considerable de la concentración de hidrógeno, de bacterias metanogénicas y de la producción de metano (Van Soest, 1994; Lana, et al. 1998), donde animales en pastoreo alimentados con forrajes de baja calidad alcanzan 7,7 a 8,4% en producción de energía en forma de metano del total de energía bruta ingerida, entre los mismos animales al recibir una ración rica en grano (80% avena) las emisiones de energía en forma de metano disminuían hasta 1,9 a 2,2 % de la energía bruta ingerida.

El uso de fuentes poco lignificadas (cascarilla de soja o forrajes jóvenes de alta calidad) implica mayor tasa de fermentación y de producción de metano que forrajes maduros o subproductos altamente lignificados, este uso de fuentes de fibra lignificadas se ha sugerido como forma de reducir emisiones de metano (Kreuzer & Hindrichsen, 2006).

En cuanto a las gramíneas, se observa un contenido de proteína cruda (PC) bajo, esto puede traer como consecuencia un bajo consumo voluntario del ganado y mayor tiempo de éstas en el rumen, lo que puede mejorarse con la inclusión de otras especies arbóreas en su dieta, (Pérez-Gil Romo, et al. 2014).

#### **2.2.11. Productos no convencionales en la alimentación animal**

El uso de subproductos agrícolas, que se producen en forma abundante permiten resolver en gran medida los problemas en la falta de forraje en la alimentación animal (Zambrano & Sánchez, 2004). Implicada por la eficiencia en la conversión primaria de la energía, demostrada por una eficiencia fotosintética por su acumulación de valor energético, pero el valor nutritivo de estos insumos es bajo debido a la alta concentración de carbohidratos estructurales y bajo nivel proteico, estos pueden ser cualquier residuo del proceso productivo (ciclaje o reciclaje) con calidad y potencial de uso para monogástricos o poligástricos (Ocampo, et al. 2011), esta práctica se enfoca a mejorar los sistemas de producción. Siendo necesario la información de los alimentos seleccionados para incluir en las raciones que van a formularse, para valorar el nivel nutritivo de los mismos, utilizando



pruebas como la digestibilidad *in vivo* para obtener el valor de Energía Metabolizable de los alimentos, así ME (MJ/kg DM) para pajas de cereales se ha calculado en 0,36.

### 2.2.11.1. La quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa*, familia Chenopodiaceae) es un pseudocereal nativa de los Andes, con alto valor nutritivo (Tabla 2), tolerante a la sequía y heladas y con habilidad para desarrollarse en suelos pobres y a elevaciones altas (Ramos & Cantu, 2014). La importancia de la quinua se debe a su alto valor biológico, considerada como el alimento más completo para la nutrición humana por la calidad de proteína caracterizada por un balance ideal de sus aminoácidos esenciales, pero destacándose entre ellos la lisina y metionina, ácidos grasos como omega 3, 6 y 9, vitaminas, y minerales como el calcio y el hierro. Se considera potencial económico, debido a su amplia adaptación a condiciones agroecológicas y la utilización completa de la planta desde las hojas frescas como leguminosa en la alimentación humana (Mujica & Jacobsen, 2006) y toda la planta como alternativa de forraje (Espíndola & Rodríguez, 1984), además los subproductos pueden ser utilizados en la alimentación animal desde el polvillo desaponificado, y su tallo de consistencia leñosa en su superficie pero que encierra en el centro un tejido esponjoso constituido por celulosa casi pura (Portilla, 2011).

Además, se estima un rendimiento de producción en grano de 0,8 a 1,4 t/ ha, proporcionando aproximadamente 5 t de tallos, y 0,2 a 0,3 t de jipi (pequeñas partes de hojas y restos de inflorescencia) que contienen mayor porcentaje de proteína (Torres, et al. 2000; León, 2003), obteniendo así un promedio en forraje seco de 4 a 14 t/ha (Capelo, 1983) con una producción de biomasa de 0,4 a 0,6 t/ha (Torres, et al. 2000).

**Tabla 2.** Cálculo de los nutrientes digestibles totales en granos de quinua y tallo de quinua

<b>Nutrientes</b>	<b>Contenido (%)</b>	<b>Digestibilidad (%)</b>	<b>Nutrientes digestibles</b>
Proteína	14,29	81	11,57
Grasa	4,94	68x2,25	7,56
Fibra	4,01	67	2,69
E.L.N	58,61	85	49,82
Análisis de tallo de quinua			
	<b>Componente</b>	<b>Porcentaje</b>	
	Humedad	12,60	
	Proteína cruda	5,52	
	Grasa	0,77	

Fibra	26,12
Nifex	46,56
Cenizas	9,43

Fuente: Ugarte, (1956) citado por Cardozo & Tapia, (1979) que a su vez son citados por (Blanco, 2013)

La quinua, desde tiempos prehispánicos, fue utilizada en la alimentación animal. El contenido de saponina, y su característico sabor amargo, disminuye su consumo, por tanto, antes de suministrar debe ser eliminada o bien utilizar cultivares dulces, con los cuales se tuvo mejor palatabilidad y se evita el desaponificar (Ward, 2000). En rumiantes se utiliza el forraje, ensilaje y los residuos de la cosecha (tallos y hojas) en las dietas. Si bien los rendimientos de materia seca son aceptables, la ventaja está en su buena digestibilidad y contenido de proteína que lo hace un forraje de buena calidad. Las hojas frescas y la broza de la cosecha son bastante apetecibles por los ovinos, bovinos, camélidos, caprinos y peces (Francis, et al. 2002) citado por Blanco, (2013). Las saponinas pueden modificar los microorganismos del tracto gastrointestinal, particularmente en los rumiantes (Gee, et al. 1993), reduciendo las poblaciones de protozoos del rumen mediante la unión al colesterol en la membrana celular del protozoo, causando el rompimiento y muerte celular (Sens, et al. 1998). Además se debe considerara el hecho que las saponinas de la quinua se encuentran concentradas en las capas externas del pseudo-grano (Varriano-Marston & De Francisco, 1984).

Sin embargo, Abreu, et al. (2003) observaron un aumento del número de protozoos en ovejas alimentados con frutos de *Sapindus saponaria* con alto contenido de saponinas. Aunque las saponinas, en algunos casos, pueden tener un efecto negativo en el comportamiento alimenticio de los mamíferos, está claramente reportado de los efectos adversos en el consumo, digestibilidad, y productividad, lo que disminuye su valor forrajero (Rogosic, et al. 2008).

Capelo, (1983), indica que la quinua cosechada para forraje a los 135 días contiene 55 % (hoja y panoja), 45% (tallo), con 66,6 % de humedad y un rendimiento 10,2 t/ha de materia seca. Mientras que Montoya, R. (1985), reportan rendimientos de 2,3 a 4,2 t/ha de materia seca con un contenido promedio de proteína de 15,42% citado por Blanco, (2013). Estos resultados fueron inferiores a los reportados en México por Taváres, et al. (2012), quienes evaluaron el rendimiento, la composición química y la digestibilidad *in situ* de 18 variedades de quinua, de diferente ciclo vegetativo (6 precoces, 6 intermedias y 6 tardías),

las plantas fueron cortadas al final de la floración, los rendimientos de materia seca variaron entre 7,7 a 11,4 t/ha con valores de proteína de 17, 81 a 18,98% de PC.

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

#### **3.1. HIPÓTESIS**

El consumo de forrajes post cosecha de *Chenopodium quinoa* mejora las funciones del rumen y con ello, el comportamiento productivo en ovinos.

#### **3.2. OBJETIVOS**

##### **3.2.1. General**

- Determinar el efecto de la ingestión de residuos post cosecha de *Chenopodium quinoa* sobre el comportamiento productivo, digestibilidad aparente de MS, degradación ruminal de MS y producción de gas *in vitro* en ovinos.

### 3.2.2. Específicos

- Evaluar el consumo voluntario, conversión alimenticia, ganancia de peso, en ovinos alimentados a base de forraje post cosecha de *Chenopodium quinoa*.
- Evaluar la degradación ruminal de MS y MO, así como, la digestibilidad aparente de MS de las dietas a base de forraje post cosecha de *Chenopodium quinoa* y *Pennisetum clandestinum* en ovinos.
- Determinar el efecto del forraje de *Chenopodium quinoa* en la producción de gas *in vitro*.

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el Cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua, a 20 Km al sur de Ambato con una altitud de 2850 m.s.n.m. cuyas coordenadas geográficas son: 01° 22' 0.2" de latitud Sur y 78° 36' 22" de longitud Oeste.

#### 4.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

En el sector oscilan temperaturas máximas de 20° C y mínimas de 7° C. y una temperatura ambiente promedio de 15°C. La provincia de Tungurahua tiene una humedad relativa de 77% y precipitación pluviométrica que entre 470 mm. En el cantón Cevallos tiene una pluviosidad de 517.8 mm media anual. La intensidad de las lluvias se presenta de septiembre, octubre y noviembre, predominando un tipo de clima templado y seco.

#### 4.3. EQUIPOS Y MATERIALES

##### 4.3.1. Animales, alojamiento y alimentación.

Se utilizaron dos grupos de ovinos machos criollos. El primero conformado por 12 ovinos, con una edad de 6 meses y un peso promedio de  $20.88 \pm 1.04$  Kg de peso vivo. Un segundo grupo de 6 ovinos mayores a 8 meses, con peso promedio de  $28.88 \pm 1.04$  Kg de pesos vivos y provistos de cánulas ruminales.

La investigación se desarrolló en dos fases: a) de campo (parámetros productivos, digestibilidad *in vivo*, degradación ruminal) y b) en laboratorio (producción de gas *in vitro*).

Para medir parámetros productivos los animales fueron alojados en un galpón con jaulas individuales de 1.80 x 2 metros de ancho y largo respectivamente, provistas con comederos y bebederos plásticos. Para medir la digestibilidad *in vivo* se alojaron los 12 ovinos machos en jaulas metabólicas, las cuales contaban con un sistema de recolección de heces y orina, además recipientes de plástico para el suministro de agua, y para el alimento un comedero

incorporado en la misma jaula. Los animales para degradación *in vivo* permanecieron en grupo de 3 animales por jaula (1,8 x 4 metros de ancho y largo respectivamente).

La alimentación fue a base de una mezcla forrajera de *P. clandestinum* y residuos de post cosecha de *C. quinua*, los mismos que fueron calculados y suministrado en base seca en una dieta integral.

#### 4.4. FACTORES EN ESTUDIO

Los animales estuvieron sometidos en los siguientes tratamientos: T1: 95,8% de kikuyo, T2: 75,8% kikuyo y 20% quinua.

#### 4.5. TRATAMIENTOS

Para los tratamientos el *P. clandestinum* fue cortado y deshidratado exponiéndolo al sol para luego ser molido. El residuo de quinua fue recolectado inmediatamente después de ser trillado (separación del grano de la planta seca), luego fue molido (con una picadora de pasto de 4.5 hp), posteriormente se prepararon las raciones integrales (Tabla 3), para lo cual se utilizó en una mezcladora vertical.

En la Tabla 3, se muestra las dietas y su composición química.

**Tabla 3.** Composición de las raciones integrales.

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS	
	T1	T2
<i>P. clandestinum</i>	95.8	75.8
<i>C. quinua</i>	0	20
SAL MINERAL	0.20	0.20
MELAZA	4	4
Total	100	100
<b>Composición química</b>		
MS	88,0	88,4
MO	83,4	86,8
PC	7,9	6,7
FDN	65,0	64,8
FDA	31,42	34,48
Cenizas	16.5	13.1

Se tomó muestras de alimento para análisis químicos. El alimento y el agua pura fueron ofrecido *ad libitum*. El experimento tuvo una duración de 75 días: 15 de adaptación y 60

días de muestreo para la prueba de comportamiento productivo. Para digestibilidad *in vivo* tuvo un periodo de 15 días, con 5 días de adaptación y 10 días de muestreo. Degradación tuvo una duración de 17 días, con periodos de 96 horas de degradación para cada tratamiento y sus repeticiones.

#### **4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Esta investigación se realizó mediante un análisis completamente aleatorizado con dos tratamientos y seis repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

#### **4.7 VARIABLES RESPUESTA**

##### **4.7.1. Consumo voluntario**

Se estimó mediante método directo (alimento ofrecido – alimento rechazado), pesando el alimento ofrecido y el rechazado después de 24 h, con una balanza digital de 5Kg de capacidad, por cinco días consecutivos. Este procedimiento se realizó cada 15 días.

##### **4.7.2 Ganancia de peso**

Se estimó mediante método directo (peso inicial – peso final), los animales fueron pesados cada 15 días, con 14 horas de ayuno previo. La ganancia de peso vivo fue estimado mediante regresión lineal simple (Peso vivo vs tiempo del experimento). Se utilizó una balanza digital (50Kg de capacidad) para pesar los animales y registrar los pesos tanto al inicio del experimento como en los periodos de muestreo. Para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{PESO FINAL} - \text{PESO INICIAL} = \text{GANANCIA DE PESO}$$

##### **4.7.3. Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia, se obtuvo mediante estimación matemática entre la relación de alimento consumido en g. y la ganancia de peso, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Consumo total de alimento}}{\text{Ganancia de peso}}$$

#### **4.7.4. Digestibilidad aparente de la MS *in vivo***

Se estimó mediante el método directo en jaulas metabólicas, pesando el alimento ofrecido menos las heces. Este procedimiento se lo realizó después del periodo de los 60 días de muestreo para comportamiento productivo.

En el laboratorio fue necesario la utilización de una estufa para conseguir el porcentaje de materia seca de las diferentes muestras de pastos, así como de las raciones y las heces de los diferentes tratamientos en los respectivos muestreos.

#### **4.7.5. Degradación de la MS**

Se realizó mediante el método de la bolsa de nylon descrita por (Ørskov, et al. 1980) utilizando animales fistulas en el rumen.

Para la degradación de la MS las muestras de las raciones forrajeras fueron remolidas en un molino de martillos con una criba de 1mm, para posteriormente ser pesadas en un crisol con una balanza de precisión (1Kg de capacidad), para llenar en las bolsitas de degradación, previamente enumeradas, con 3g de las diferentes muestras para sellarlas con ligas plásticas.

En cada uno de los animales fistulados  $n=6$  se incubó una bolsita de cada tratamiento, los tiempos de incubación fueron 0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 h. las bolsitas fueron sacadas del rumen, lavadas en una lavadora manual y secadas en una estufa a 60°C hasta obtener peso constante, luego se registró los pesos.

Los datos fueron ajustados a la ecuación:  $Y = a + b(1 - e^{-ct})$  (Ørskov & McDonald. 1979). Para su análisis e interpretación se usó Prism 4, GraphPad Software, Inc. San Diego, CA, USA.

#### **4.7.6. Producción de gas *in vitro***

Se estimó de acuerdo a la metodología descrita por (Theodorou, et al. 1994), donde se extrajo líquido ruminal de un toro fistulado, la extracción de líquido se realizó antes de la alimentación (8:00 am), el líquido se mantuvo en fundas plásticas selladas herméticamente



para ser transportado al laboratorio para su posterior procesamiento (licuado y colado), después se conservó en baño maría a 39.5 °C con flujo de CO<sub>2</sub> para posteriormente llenar en los frascos de vidrio de 100 ml, los cuales contendrán 60ml correspondiente a 18ml de líquido ruminal y 42ml de saliva artificial, este volumen corresponde a una concentración de (70:30 v/v) donde el 70% corresponde a saliva artificial y 30% a líquido ruminal.

El medio rico en nitrógeno fue preparado siguiendo la metodología de (Menke & Steingass. 1988). Se llenaron 6 frascos con muestras de cada tratamiento (0,5 gr de MS por frasco) y 3 blancos, un total de 15 frascos. Los frascos fueron incubados a 39-40°C. La presión y volumen se midió manualmente con un transductor de presión (DPI -701, Drug incorporated 555 in H<sub>2</sub>O/20 psi g) para medir la presión generada por la producción de CO<sub>2</sub>, con ayuda de jeringuillas plásticas (10, 20, 50ml). El volumen se midió en los tiempos 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 y 48 h de incubación. El total de la producción de gas producido fue estimada por 0,5 g de materia seca fermentable.

Para la preparación del medio se utilizaron los siguientes componentes según lo indicado por Menke & Steingass. (1988):

- 1) Solución de micro minerales: Cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>.2 H<sub>2</sub>O), Cloruro de Manganeseo (MnCl<sub>2</sub>.4 H<sub>2</sub>O), Cloruro de Cobalto (CoCl<sub>2</sub>.6 H<sub>2</sub>O), Cloruro Férrico (FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O).
- 2) Solución Buffer: Bicarbonato de Sodio (NaHCO<sub>3</sub>), Bicarbonato de Amonio (NH<sub>4</sub>) HCO<sub>3</sub>.
- 3) Solución macro minerales: Fosfato de Sodio Dibásico (NaHPO<sub>4</sub>), Fosfato de Potasio Monobásico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), Sulfato de Magnesio (MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O).
- 4) Solución Reductora: Cisteína.
- 5) Indicador anaerobio: Resarzurina.

Para aforar el volumen necesario se utilizó agua desionizada. Esta solución una vez mezclada se mantiene caliente a baño maría y bajo CO<sub>2</sub>, para lo cual se necesitó un tanque de CO<sub>2</sub>. Además se obtubo líquido ruminal, el mismo que fue obtenido de un bovino fistulado, para la extracción se utilizó fundas plásticas de 10lt, un recipiente y guantes. Para la preparación posterior en el laboratorio se utilizó una licuadora y un cernidor, este contenido se conservó a baño maría en un recipiente plástico, y se utilizó para llenar los frascos de cristal que contienen previamente las muestras de las dietas respectivas de cada tratamiento.

Los datos obtenidos fueron registrados en tablas elaboradas en computador e impresas. Se utilizó marcadores permanentes para los etiquetados de los tratamientos en las diferentes muestras.

#### **4.7.7. Análisis químico**

La materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) se determinaron siguiendo la metodología descrita por la AOAC, (1995). La determinación de fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) se utilizó mediante el método 12 y 13 de analizador de fibra ANKON<sup>2000</sup> (Ankon Technology Corp., Macedon, NY).

#### **4.8. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Los datos de consumo voluntario, ganancia de peso, digestibilidad aparente de la materia seca y producción de gas *in vitro*, se analizaron utilizando el PROC GLM del SAS (2009), la comparación de medias mediante la prueba de Tukey. La degradación ruminal de la MS se analizó con el programa Graphpad Prism 6, Software, Inc. San Diego, CA, USA.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Resultados

El consumo voluntario de los ovinos alimentados con T2 (*P. clandestinum* + afrecho de *C. quinoa*) fue mayor con 152 g MS/día ( $P= 0.0428$ ) con respecto al T1 (100% *P. clandestinum*). El consumo voluntario de MO fue mayor ( $P= 0.0001$ ) en el T2 frente al T1. El consumo voluntario de PC mostró diferencia ( $P= 0.5591$ ) entre tratamientos, siendo el mayor consumo para el T2. El consumo voluntario por Kg PV<sup>0.75</sup> no mostró diferencia ( $P= 0.1385$ ) entre tratamientos.

**Tabla 4.** Consumo voluntario (MS, MO, PC, Kg PV<sup>0.75</sup>) (g/kg MS excepto donde se menciona lo contrario)

	Tratamientos		ESM	Valor <i>P</i>
	T1	T2		
CV de MS (Kg/Kg MS)	0.594b	0.746a	0.0463	0.0428
CVMO	496.3b	644.5a	40.32	0.0001
CVPC	47.0	49.9	3.45	0.5591
CV KGPV/0.75	59.02	69.41	4.562	0.1385

<sup>ab</sup> Medias con letras distintas entre filas difieren significativamente ( $P<0.05$ ). ESM: error estándar de la media. CV: consumo voluntario. PV0.75: Peso vivo metabólico.

La mejor conversión alimenticia fue para T2 con respecto a T1 (7:1 a 9:1 respectivamente  $P= 0.0178$ ). La ganancia de peso mostró diferencia ( $P=0.0001$ ) entre tratamientos, siendo la mayor ganancia diaria en T2 con 29,35 g/d frente a T1. La digestibilidad aparente de la MS no presentó diferencias ( $P=0.2689$ ) entre tratamientos. La producción de gas *in vitro* (ml/0.5 g MS fermentable) fue menor para el T2 ( $P=0.0215$ ) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Ganancia de peso, conversión alimenticia, digestibilidad aparente de la MS y producción de gas *in vitro* (g/kg MS excepto donde se menciona lo contrario)

	Tratamientos		ESM	Valor <i>P</i>
	T1	T2		
GANANCIA DE PESO (g/d)	64.48b	93.83a	2.662	0.0001
CALIM	9.29b	7.91a	0.637	0.0178
DAMS (g/kg MS)	441.46	464.63	13.978	0.2689
PGIV 0.500 gr/MSFM	267.09a	227.26b	10.346	0.0215

<sup>ab</sup> Medias con letras distintas entre filas difieren significativamente ( $P<0.05$ ). ESM: error estándar de la media. DAMS: Digestibilidad Aparente de la Materia Seca. PGIV: Producción de gas *in vitro*. MS: Materia Seca. MSF: materia seca fermentable. CALIM: conversión alimenticia

Para los parámetros de degradación ruminal de las dietas experimentales no mostraron diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) (Tabla 5). Con respecto a la degradación de la MS de los forrajes (kikuyo y quinua), la fracción soluble (A) muestra diferencias ( $P < 0.05$ ) entre forrajes siendo el de mayor porcentaje para kikuyo (30%). La fracción insoluble pero potencialmente degradable (B) muestra diferencias ( $P < 0.05$ ) entre forrajes con el mayor porcentaje de degradación para Kikuyo (44%). Con respecto a la tasa de degradación (c) en porcentaje por hora, no se observó diferencias ( $P > 0.05$ ) entre forrajes.

**Tabla 6.** Parámetros de degradación ruminal de los tratamientos y rastrojo de *Chenopodium quinoa* y *Pennisetum clandestinum* (g/kgMS)

Parámetros de degradación	Tratamientos		P
	T1	T2	
T <sub>0</sub>	380.0±17.00	352.7±13.85	
A	373.2±13.50	370.5±13.45	>0.05
B	577.7±179.0	474.3±52.96	>0.05
A+B	95.09	84.48	
C	0.008±0.0042	0.015±0.0037	>0.05
r <sup>2</sup>	0.88	0.92	
	Forrajes		
	Quinoa	kikuyo	
T <sub>0</sub>	215.5±4.50	321.3±37.97	
A	181.1±17.25b	304.9±25.52a	<0.05
B	285.7±17.90b	445.1±93.98a	<0.05
A+B	46.68	75.0	
C	0.034±0.0070	0.015±0.0075	>0.05
r <sup>2</sup>	0.85	0.74	

<sup>ab</sup> Medias con letras distintas entre columnas difieren significativamente ( $P < 0.05$ ). T<sub>0</sub>: tiempo cero (muestras lavadas en laboratorio). A: fracción soluble, B: fracción insoluble pero potencialmente degradable, c: tasa de degradación (porcentaje por hora), T<sub>0</sub>: tiempo cero, A+B: potencial degradación (en porcentaje).

## 5.2. Discusión

### *Consumo voluntario de nutrientes*

El consumo voluntario de nutrientes fue mayor en T2 al adicionar rastrojo de *C. quinoa*, probablemente debido a que este subproducto posee buenas características físico-químicas mismas que pueden mejorar el consumo voluntarios, ya que está influenciado por el sabor, olor o textura (Allison, 1985), misma que producen una estimulación sensorial y con ello una mayor preferencias por el alimento (Grofum, 1988). En este sentido, Portilla, (2011) menciona que el tallo de la quinua está constituido de gran cantidad de carbohidratos

solubles y no estructurales lo que posiblemente mejoro la palatabilidad del alimento. Estos resultados son consistentes a los reportados por Bazile, et al. (2014).

#### *Ganancia de peso*

La mayor ganancia de peso observada en este estudio está relacionada; a) el mayor consumo voluntario de nutrientes del T2 (Tabla 4), ya que la condición corporal de un animal está influenciada por el consumo de alimento (Haro, 2002; Chávez. 1995), b) posiblemente a la menor producción de gas del T2 (Tabla 5) lo cual mejora la utilización de la energía por parte del animal. Así lo manifestó Barros-Rodríguez, et al. (2014). Por ende refleja una mejor conversión alimenticia en T2.

#### *Digestibilidad aparente in vivo de la MS*

La digestibilidad aparente de la MS no muestra diferencia significativa entre tratamientos debido al contenido de fibra en las dietas (Tabla 3), pues la digestibilidad esta inversamente relacionada al contenido de fibra (Bach & Calsamiglia, 2006), sin embargo, el coeficiente de digestibilidad obtenido es superior a los reportados por Sánchez & Zambrano, (2007), quienes evaluaron subproductos de cosechas (pacas de maíz, arroz y soya) enriquecidos con melaza y urea obteniendo entre 36,68 y 41,61% de digestibilidad y un promedio de 4,5 Kg de ganancia en PV, frente a 5,6 Kg de PV y un coeficiente de digestibilidad de 46,46 % con la inclusión de subproducto de *C. quinoa* en esta investigación. Un mejor resultado se atribuye posiblemente a compuestos secundarios que aumentan la digestibilidad de la dieta (Barros-Rodríguez, et al. 2014) y posiblemente por componentes estructurales de la fibra de la quinua que aportan mayor biodisponibilidad (Pinzón, 2005) atribuyendo al incremento del consumo voluntario en T2 y por ende menor tiempo de retención ruminal, y mayor tasa de pasaje como lo señala Torres, et al. (2009).

#### *Producción de gas in vitro*

La menor producción de gas *in vitro* observada en T2 se debe probablemente a compuestos secundarios como las saponinas que tienen potencial para mejorar el flujo de proteína microbial y disminuir la metanogénesis (Goel & Makkar, 2012). Así, Bonilla Cárdenas & Lemus Flores, (2012) manifiesta que al usar un 0.012% de saponinas se disminuye el CH<sub>4</sub> por efecto anti-protozoarios más la capacidad de desviar iones hidrogeno de organismos metanogénicos, además se ha observado una disminución del tiempo de retención ruminal y una menor digestibilidad de la fibra (Pinares-Patiño, et al. 2007; Galindo, et al., 2014).

### *Degradación de la materia seca*

A pesar de no tener diferencia significativa entre tratamientos, se observa que la tasa de degradación más alta se obtuvo en T2, probablemente por las características del alimento y su contenido de carbohidratos no estructurales (Bazile, et al. 2014) coadyuvado al potencial de estos compuestos secundarios para modificar la velocidad de degradación y por ende el pasaje de los nutrientes a través del tracto gastrointestinal debido a una inhibición de ciertas bacterias y protozoarios ruminales (Galindo, et al. 2014).

## CAPÍTULO VI

### 6.1. Conclusiones

Se puede concluir que al incrementar rastrojos de *Chenopodium quinoa* en un 20% en la dieta para ovinos se puede mejorar los parámetros productivos, posiblemente por el potencial de compuestos secundarios y nutrientes disponibles en los rastrojos, los mismos que permiten mejorar el ambiente ruminal y por ende mayor producción de proteína microbiana, coadyuvado por un mejor aprovechamiento de la energía debido a una menor producción de gas.

### 6.2. Bibliografía

- Abreu, A., Fornaguera, J. E. C., Kreuzer, M., Lascano, C. E., Díaz, T. E., Cano, A. & Hess, H. D. (2003). Efecto del fruto, del pericarpio y del extracto semipurificado de saponinas de *Sapindus saponaria* sobre la fermentación ruminal y la metanogénesis in vitro en un sistema RUSITEC. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 16(2), 147-154.
- Aduviri, G. (2007). "Aplicacion de diferentes niveles de subproductos del beneficiado de quinua (*Chenopodium quinoa* wild.) en la preparacion de raciones para cuyes (*Cavia porcellus* l.) en crecimiento y engorde." *Revista Latinoamericana de Agricultura y Nutricion (RELAN)*, (EUA) 3(1): 4-11.
- AFRC, (1990- 1992). AFRC TCORN. Report N° 9. Nutritive Requirements of Ruminant Animals: Protein. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)*, 62,N° 12.
- Allison, C.D. (1985). Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *Journal of Range Management*, 305-311.
- AOAC, (1995). Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. Vol. I. 15th Edn. AOAC, Arlington, VA, USA.
- ARC, (1998). Agricultural and Food Research Council (Great Britain). (1998). *The nutrition of goats*. Wallingford: CAB International.
- Bach, A. & Calsamiglia, S. (2006). La fibra en los rumiantes:¿ química o física?. XXII curso de especialización Fedna. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.

- Barros-Rodríguez, M. A., Solorio-Sánchez, F. J., Sandoval-Castro, C. A., Ahmed, A. M. M., Rojas-Herrera, R., Briceño-Poot, E. G. & Ku-Vera, J. C. (2014). Effect of intake of diets containing tannins and saponins on in vitro gas production and sheep performance. *Animal Production Science*, 54(9), 1486-1489.
- Barros-Rodríguez, M., Sandoval-Castro, C. A., Solorio-Sánchez, J., Sarmiento-Franco, L. A., Rojas-Herrera, R. & Klieve, A. V. (2014). *Leucaena leucocephala* in ruminant nutrition. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(2), 173-183.
- Bazile, D., Bertero, D. & Nieto, C. (2014). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Santiago de Chile: FAO y Montpellier, Francia: CIRAD, 724.
- Bergen, W.G. (1979). Factores que influyen la tasa de crecimiento de microorganismos en el rumen. *Produccion Animal Tropical*.
- Blanco, J. (2013). Forrajes en la alimentación animal. Capitulo Número 3.2. IN: BAZILE D. et al. (Editores), "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 297-312
- Bonilla-Cárdenas, J.A. & Lemus-Flores, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático: Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(2), 215-246.
- Cáceres, Z. & Carimentrand, A. (2004). La quinua del altiplano andino hasta el consumidor europeo: la constitución de cadenas de productos orgánicos y del comercio justo. Ponencia presentada en el Congreso Internacional ARTE: Agro industrial rural y Territorio, diciembre 1-4, Toluca, Mexico.
- Cantú, D.J., Guerrero, J.B.S., García, R.R. & Sánchez, J.L.A. (2000). Quinua para Forraje: Análisis de Concentración y Composición de Saponinas Quinoa for Forage: Saponin Concentration and Composition Analysis.
- Capelo, B.W. (1983). Evaluación del potencial forrajero y alimenticio de la quinua dulce Sajama y quinua amarga Chanca (*Chenopodium quinoa* W) en tres épocas de corte. *Ecociencia*, 1, 212.



- Cardozo, A. & Tapia, M. (1979). Valor nutritivo. *Quinua y Kaniwa. Cultivos Andinos. Serie libros y Materiales educativos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogota, Columbia, 49*, 149-192.
- Carmona, J.C., Bolívar, D.M. & Giraldo, L.A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 18(1)*, 49-63.
- Chávez, M.G. (1995). Consumo voluntario de forraje de rumiantes en libre pastoreo. Curso-Taller Internacional de Actualización Sobre Consumo Voluntario de Alimentos.
- Cooper, M., & Thomas, R. (1978). Producción del cordero. Caracteres de más interés económico para su mejora. Traducción Graupera, F. Farming Press Ltd. Castellana. España. Editorial Aedos. Pp. 188-194.
- De Blas, C., García-Rebollar, P., Cambra-López, M. & Torres, A.G. (2008). Contribución de los rumiantes a las emisiones de gases con efecto invernadero. *XXIV Curso de especialización FEDNA. Editorial FEDNA. Madrid*, 121-150.
- De Veth, M.J. & Kolver, E.S. (2001). Digestion of ryegrass pasture in response to change in pH in continuous culture. *Journal of dairy science, 84(6)*, 1449-1457.
- Delgado, A., Palacios J. & Betancourt C. (2009). Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa Willd*) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). Area de producción y Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. *Agronomía Colombia Vol. 27, núm. 2 (2009); 159-167 Agronomía Colombiana; Vol. 27, núm. 2 (2009); 159-167 2357-3732 0120-9965*. [Fecha de acceso 10 de marzo de 2016].
- Espíndola, G. & Rodríguez, J.L. (1984). Respuestas fisiológicas y del rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) a déficit hídrico. *Agrociencias, 75*, 297-312. Jenkins, D. 1988. [Fecha de acceso 17 de abril del 2015].
- FAO, (2014). Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. Producción y Sanidad Animal.

- FAO, (2015). Políticas pecuarias. Ganadería y Deforestación. Consultado el 13 de marzo de 2016. Disponible en línea: <http://www.fao.org/3/a-a0262s.pdf>
- FAO, UCE, (2013). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Galaviz-Rodríguez, J.R., Vargas-López, S., Zaragoza-Ramírez, J.L., Bustamante-González, A., Ramírez-Bribiesca, E., Guerrero-Rodríguez, J.D.D. & Hernández Zepeda, J. S. (2011). Evaluación territorial de los sistemas de producción ovina en la región nor-poniente de Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol 2, núm (1): pp 53-68 Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Morelos, México.
- Galindo, J., González, N., Marrero, Y., Sosa, A., Ruiz, T., Febles, G. & Sarduy, L. (2014). Efecto del follaje de plantas tropicales en el control de la producción de metano y la población de protozoos ruminales in vitro. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(4), 359-364.
- Gee, J.M., Price, K.R., Ridout, C.L., Wortley, G.M., Hurrell, R.F. & Johnson, I.T. (1993). Saponins of quinoa (*Chenopodium quinoa*): effects of processing on their abundance in quinoa products and their biological effects on intestinal mucosal tissue. *Journal of the Science of Food*
- Goel, G. & Makkar, H.P. (2012). Methane mitigation from ruminants using tannins and saponins. *Tropical animal health and production*, 44(4), 729-739.
- Grovum, W.L. (1988). Appetite, palatability and control of feed intake. *The Ruminant Animal*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 202-216.
- Haro, J.M. (2002). Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. Universidad de Guanajuato.
- Hernández, G. N., Contreras, E.F., & Contreras, G.R.F. (2012). Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 41(1). [Fecha de acceso 03 de marzo de 2015]. URL disponible en: <http://200.110.88.44/lcds-samples/testdrive-remoteobject/main.html#>

- IDEAM, I. & IIAP, I. (2010). SINCHI. (2011). Informe del estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.
- INEC, (2014). Visualizador de estadísticas agropecuarias del Ecuador ESPAC. Consultado el 3 de noviembre del 2015.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) - Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES).Unidad de Estadística Agropecuaria - Dirección Producción de Estadística Eco. (2010). ECUADOR - Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2010. ECU-INEC-DECON-ESPAC-2010-v1.6 [Fecha de acceso 10 de marzo de 2016].
- Jouany, J. P. (1994). Methods of manipulating the microbial metabolism in the rumen. *Ann. Zootech*, 43, 49-62.
- Kreuzer, M. & Hindrichsen, I. K. (2006). Methane mitigation in ruminants by dietary means: the role of their methane emission from manure. In *International Congress Series* (Vol. 1293, pp. 199-208). Elsevier.
- Laguna, P., Cáceres, Z. & Carimentrand, A. (2006). Del altiplano Sur Boliviano hasta el mercado global: coordinación y estructuras de gobernanza en la cadena de valor de la quinua orgánica y del comercio justo. *Agroalimentaria*. Numero 22. Enero-Junio 65-76.
- Lana, R. P., Russell, J.B. & Van Amburgh, M.E. (1998). The role of pH in regulating ruminal methane and ammonia production. *Journal of animal science*, 76(8), 2190-2196.
- León, H. (2003). Cultivo de la quinua en Puno-Perú. Descripción, manejo y producción. Universidad Nacional del Altiplano-Facultad de Ciencias Agrarias, 17.
- Machmüller, A. & Clark, H. (2006). First results of a meta-analysis of the methane emission data of New Zealand ruminants. In *International congress series* (Vol. 1293, pp. 54-57). Elsevier.
- MAGAP III, SISAGRO. (2000). Censo Nacional agropecuario, Ecuador. *Arroz: Superficie, Producción, y rendimiento a nivel nacional, años*. [Fecha de acceso 10 de marzo de 2016].

- McAllan, A.B. & Smith, R.H. (1983). Estimation of flows of organic matter and nitrogen components in postruminal digesta and effects of level of dietary intake and physical form of protein supplement on such estimates. *Br. J. Nutr.*, 49, 119.
- McAllister, T.A., Bae, H.d., Jones, G.A. & Cheng, K.J. (1994). Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.*, 72:3004-3018.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. & Morgan, C.A. (1995). *Nutrición Animal. Capítulo 4. Proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos nitrogenados. Quinta Edición. Ed. Acribia. Zaragoza, España, 45-59.*
- Menke, K.H. & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development.* 28, 7-55.
- Mujica, A. & Jacobsen, S. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 449-457.*
- Müller, R., Pacheco, P. & Montero, J.C. (2014). *El contexto de la deforestación y degradación de los bosques en Bolivia: Causas, actores e instituciones* (Vol. 100). Cifor. [Fecha de acceso 20 de marzo de 2016].
- Nowak, V., Du, J. & Charrondière, U.R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food chemistry*, 193, 47-54.
- NRC. (1985). Rumen nitrogen usage. Washington, DC. National Academy Press.
- NRC. (2001) Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Research Council. Washington, D.C
- Ocampo, A., Cardozo, A., Tarazona, A., Ceballos, M.C. & Murgueitio, E. (2011). La investigación participativa en bienestar y comportamiento animal en el trópico de América: oportunidades para nuevo conocimiento aplicado. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3), 332-346.
- Oficialdegui, R. (2002). Sistemas de producción a pasto con ovinos. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 10(2), 110-116.

- Ørskov, E. R., Hovell, F. D. & Mould, F. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production*, 5(3), 195-213.
- Pérez-Gil Romo, F., Carranco Jáuregui, M., Calvo Carrillo, M., Solano, L. & Martínez Iturbe, T.D.J. (2014). Caracterización química de panojas y vainas con semillas nativas del estado de Guerrero, México, para uso en la alimentación animal. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(3), 307-319.
- Pinares-Patiño, C. S., Waghorn, G. C., Machmüller, A., Vlaming, B., Molano, G., Cavanagh, A. & Clark, H. (2007). Methane emissions and digestive physiology of non-lactating dairy cows fed pasture forage. *Canadian Journal of Animal Science*, 87(4), 601-613.
- Pinzón, S. S. (2005). Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica*, 6(1).
- Portilla, A. (2011). La quinua. *Revista de la Facultad de Medicina*, 23(4), 178-189.
- Ramos, E. & Cantu, D. (2014). Rendimiento de forraje de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo tres densidades de poblacion.
- Razz, R. & Clavero, T. (2007). Efecto de la suplementación con concentrado sobre la composición química de la leche en vacas doble propósito pastoreando panicum maximum-leucaena leucocephala. *Revista Científica*, 17(1), 53-57.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C. & Jacobsen, S.E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international*, 19(1-2), 179-189.
- Rogosic, J., Estell, R. E., Ivankovic, S., Kezic, J. & Razov, J. (2008). Potential mechanisms to increase shrub intake and performance of small ruminants in Mediterranean shrubby ecosystems. *Small Ruminant Research*, 74 (1), 1-15.
- Rosero Noguera, R. & Posada, S.L. (2009). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian journal of animal science and veterinary medicine)*, 20(2), 174-182.

- Rosero, J. (2011). Pastos y forrajes en alimentación del ganado II. Tierra Adentro. DMZV, Msc./Epidemiólogo SESA.
- Ruiz, K.B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I.S., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E.A. & Bazile, D. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for sustainable development*, 34(2), 349-359.
- Sánchez A. & Zambrano D. (2007). Valoración nutritiva de los principales subproductos agrícolas para la alimentación de ovinos tropicales en la Parte Alta de la Cuenca del Río Guayas. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología. Unidad de investigación científica y Tecnológica.
- Sen, S., Makkar, H. P. & Becker, K. (1998). Alfalfa saponins and their implication in animal nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(1), 131-140.
- Shimada Miyasaka, A. (2009). Nutrición animal. Importancia e historia de la nutrición. Trillas. Segunda edición. México. pág 337
- SINAGAP, (2012). Ganado: Existencia según regiones y provincias por especie. 23 Noviembre 2012. Consultado el 3 de noviembre del 2015. Disponible en <http://sinagap.agricultura.gob.ec/resultados-nacionales/file/246-6-ganado-existencia-segun-regiones-y-provincias-por-especie>
- Tambler, A. (2008). Producción ovina: análisis y perspectivas. Anuario 2008. OPYPA.
- Tapia, M. (1979). *La quinua y la kañiwa: cultivos andinos* (Vol. 40). Bib. Orton IICA/CATIE.
- Tavárez, O. B., Martínez, G.D.M., Ontiveros, J.L.R. & Orozco, A.M. (2012). Evaluación forrajera de 18 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Montecillo, México. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 12(1).
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McCallan, A.B. & France, J., (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the

fermentation kinetics of ruminants feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48, 185- 197.

- Tilley, J. M. A., & Terry, R. A. (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and forage science*, 18(2), 104-111.
- Torres, G., Arbaiza, T., Carcelén, F. & Lucas, O. (2009). Comparación de las técnicas in situ, in vitro y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Rev Inv Vet Perú*; 20 (1): 5-9
- Torres, J., Vargas, H., Corredor, G. & Reyes, L.M. (2000). Caracterización morfo agronómica de diecinueve cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 17(1-3), 61-68.
- Tuquinga, T., & Rene, F. (2011). Evaluación de Diferentes Niveles de Desecho de Quinua en la Etapa de Crecimiento y Engorde de Cuyes.
- Ugarte, R. V. (1956). *Historia del Perú virreinato (siglo XVIII) 1700-1790*.
- Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2a Ed. Cornell University Press. 476 p.
- Varriano-Marston, E. & DeFrancisco, A. (1984). Ultrastructure of quinoa fruit (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Structure*, 3(2), 9.
- Villalobos, CG., González E, & Ortega J, (2000). Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. *Técnicas Pecuarias*. Mexico. 38. 119-134.
- Ward, S. M. (2000). Response to selection for reduced grain saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research*, 68(2), 157-163.
- Williams, A.G. & Coleman. G.S. (1988). The Rumen Protozoa. In: Hobson, P.N. (Ed.). *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Applied Science. pp. 77-128.
- Yokohama MT. & Johnson, KA. (1988). Microbiology of the rumen and intestine. En Church DC (Ed.) *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition*. Prentice-Hall, New Jersey, EEUU. pp. 125-144

- Zambrano, D. (2004). Contribución al estudio de los subproductos agroindustriales del trópico húmedo ecuatoriano para la alimentación de rumiantes. Tesis Doctoral en Ciencias Veterinarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) y Universidad de Granma (Cuba)-
- Zapata Salas, R., Gutiérrez Builes, L. A., & Polanco Echeverry, D. (2012). Papel de los protozoos ciliados ruminales en la síntesis de ácido linoleico conjugado. Revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian journal of animal science and veterinary medicine)*, 25(1), 135-149.
- Zartha, J. (2007). Tecnología de alimentos balanceados para animales.



## 6.4. ANEXOS

### Anexo 1. Parámetros productivos (consumo voluntario)



Alojamiento de ovinos con una edad de 6 meses y un peso promedio de  $20.88 \pm 1.04$  Kg de peso vivo, para medir parámetros productivos mediante método directo registrando controles de pesos, tanto de animales y su consumo alimenticio, en un periodo de 75 días incluido 15 días de adaptación

### Anexo 2. Digestibilidad *in vivo*



En jaulas metabólicas

### Anexo 3. Degradación ruminal *in situ* de MS



Con un grupo de 6 ovinos mayores a 8 meses, con un peso promedio de  $28.88 \pm 1.04$  Kg de peso vivo, los mismos que fueron canulados y utilizados para degradación ruminal *in situ* de MS, mediante la técnica de la bolsa de nylon en el rumen descrita por (Ørskov, et al. 1980)

### Anexo 3. Producción de gas *in vitro*



## CAPÍTULO VII

### PROPUESTA

#### 7.1. Datos informativos

**Tema:**

“Producción de cordero en zonas altiplánicas de los Andes, con la suplementación del 20% de rastrojo de *chenopodium quinoa* y 80% de kikuyo.

#### 7.2. Antecedentes de la propuesta

Frente a la problemática que involucra la producción ovina a nivel mundial y nacional, por desarrollarse bajo sistemas de pastoreo y subalimentación, llegando así, a ser cuestionada en su aspecto productivo e impacto ambiental, es necesario conseguir explotaciones rentables y sustentables, aprovechando la gran capacidad de esta especie para producir alimento de origen animal de alto valor nutritivo (Galaviz-Rodríguez, et al. 2011), incrementando su interés económico y contribuyendo además a los cambios que nuestro país busca, mediante la nueva matriz productiva, donde mejorar el nivel económico es una prioridad.

Así, el uso de residuos agrícolas como los subproductos de quinua, es una alternativa, para ser utilizados como forraje, (Sánchez & Zambrano 2007; Espíndola & Rodríguez, 1984), constituyéndose en una opción para mejorar su calidad nutritiva y digestibilidad de dietas tradicionales. Aprovechando que en las zonas altiplánicas de los Andes desde el 2000 se han alcanzado altos volúmenes de producción y comercialización de quinua para toda la región, por un proceso de revaloración de la quinua, (Laguna, et al. 2006) dentro del sistema alimentario mundial que viene transformando la función de los estándares de calidad en el acceso al comercio mundial, así se ha desarrollado una revolución del saber campesino e indígena, para la mejora de su calidad de vida (Cáceres, et al., 2004).

Consecuentemente a la investigación realizada “DEGRADACIÓN RUMINAL DE LA MATERIA SECA Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS CONSUMIENDO FORRAJE DE *Chenopodium quinoa*”, se demostró que los rastrojos de forraje de *Chenopodium quinoa* pueden ser incluidos en un 20% en la dieta de los ovinos para ganancias moderadas de PV, donde su inclusión a dietas basadas en pastos de baja

calidad nutricional como en el caso del Kikuyo (*P. clandestinum*), que en la actualidad es una dieta tradicional y básica en la producción ovina del país, podemos mejorar sustancialmente la rentabilidad ovina actual, debido posiblemente al contenido nutrimental que aporta el rastrojo de quinua el cual ayuda a mejorar el ambiente ruminal, y consecuentemente se obtiene un mejor aprovechamiento de la energía para la producción de carne.

### **7.3. Justificación**

La necesidad de buscar fuentes alternativas de alimento de buena calidad que resulten accesibles y de bajo costo para el consumo animal, son la base de estudios sobre el potencial nutricional de alimentos que se encuentran disponibles en las diferentes regiones. Esta área de investigación y desarrollo es de importancia a nivel mundial, debido a la conocida crisis de alimentos, a las restricciones por la baja producción y por ende a las limitaciones para satisfacer la alta demanda de productos por el incremento constante de la población, por lo cual se sugiere sustituir los ingredientes clásicos utilizados en la alimentación animal y mediante lo investigado nos ha permitido aportar con una alternativa para el déficit existente en la zona ganadera ovina de la región, donde la aplicación de tecnologías pecuarias disponibles debería ser una acción inaplazable, a fin de maximizar la eficiencia del proceso de producción y proporcionar a la sociedad métodos para conseguir el progreso común en las diferentes áreas del desarrollo pecuario, este proceso puede conllevar a un incremento en costos de producción, pero aumentar rendimientos productivos en ovinos, además como valor agregado a la utilización de los subproductos de *Chenopodium quinoa* es una posible reducción de los gases efecto invernadero, donde las acciones de mitigación de las emisiones de metano por los rumiantes, sólo son una parte de la amplia gama de acciones a realizar de manera inmediata para atenuar y frenar el efecto del calentamiento y el cambio climático global, donde los rumiantes son protagonistas fundamentales debido a una alimentación en monocultivos con pastos tradicionales y de bajo valor nutritivo.

### **7.4. Objetivos**

#### **7.4.1 Objetivo General**

- Contribuir al desarrollo de los pequeños y medianos productores de la región y del país al poner a su alcance una tecnología de bajo costo para buscar rentabilidad y sustentabilidad en la producción ovina.

#### **7.4.2 Objetivos Específicos**

- Aprovechar los subproductos agrícolas generados de las cosechas para bajar costos en la alimentación ovina, con la incorporación del 20% de residuos en las dietas tradicionales.
- Contribuir con el desarrollo del sector productivo que abarca los sectores rurales (agricultura y ganadería ovina) y el sector de la pequeña empresa (construcción de equipos y mantenimiento).

#### **7.5. Análisis de factibilidad**

Este proyecto es factible económicamente porque al utilizar como materia prima un producto que en la actualidad es incinerado casi toda la producción del mismo, desaprovechando toneladas producidas que además en su proceso de eliminación se contamina el ambiente. De tal forma, con la suplementación de subproductos post cosecha de *Chenopodium quinoa* en las dietas tradicionales, como nueva alternativa en la alimentación se mejora los parámetros productivos y la rentabilidad en la producción ovina, aunque en forma practica la recomendación del uso de estos ingredientes dependerá de la disponibilidad de la maquinaria necesaria más no de la disponibilidad y costo de los rastrojos de forraje de subproductos de quinua.

#### **7.6. Fundamentación**

Con el desarrollo tecnológico, conjuntamente con divulgación y capacitación se puede realizar acciones emprendedoras, donde el conocimiento del aporte nutricional del rastrojo de *Chenopodium quinoa* conlleva al aprovechamiento de nutrientes, mismo que, mejoran las características nutricionales de forrajes convencionales de baja calidad utilizados para la alimentación, permitiendo así la implementación de sistemas estratégicos de suplementación, que pueden mejorar las características de la fermentación ruminal, reflejándose en mayor productividad y generalmente en una disminución en las emisiones de CH<sub>4</sub>. Contribuyendo a una convivencia de un interés colectivo por el desarrollo y el buen vivir para lo cual podemos usar el desarrollo tecnológico vinculado a la investigación.

#### **7.7. Metodología, modelo operativo**

La elaboración de una metodología que permita medidas de prevención y control de la nutrición animal del ganado ovino tiene por objeto asegurar una mejor productividad en los

animales y mejorar la calidad de los productos alimenticios que se ofrecen a la comunidad, manteniendo la seguridad alimentaria.

Para ello es necesario complementar con un programa de manejo, junto a la alimentación, así se recomienda un programa de desparasitación periódica cada 6 meses a los progenitores, y al inicio del periodo de ceba para corderos, donde la alimentación a base de una mezcla forrajera de *P. clandestinum* y *C. quinoa*, se recomienda de 200g/animal/día, conjuntamente con agua *ad libitum*.

### **Preparación de la ración integral**

Para la preparación es necesario la recolección del forraje de *P. clandestinum*, la cual puede ser de forma manual seleccionando aquéllas con una madurez grado medio.

El *P. clandestinum* cortado será deshidratado exponiéndolo al sol para luego ser molido.

El residuo de quínoa se debe recolectar inmediatamente después del trillado (separación del grano de la planta seca), para posteriormente ser molido utilizando una picadora de pasto de 4.5 hp.

Ambos sustratos deben ser integrados en una misma dietas, a la misma que se adicionada sales minerales y melaza (Tabla 9), las cuales para su integración se mezclaron en una mezcladora vertical.

**Tabla 9.** Composición de las raciones integrales de *P. clandestinum* y *C. quinoa*.

<b>TRATAMIENTOS</b>		
<b>INGREDIENTES</b>	<b>%</b>	<b>Kg</b>
<i>P. clandestinum</i>	85.8	85.8
<i>C. quinoa</i>	20	20
SAL MINERAL	0.20	0.20
MELAZA	4	4
Total	100	100

### **7.8. Administración**

Dentro del desarrollo y aplicación de nuevas estrategias para fortalecer la dinámica productiva se encuentran involucrados diferentes actores sociales como Gobierno Nacional y GAD mediante las secretarías, encargadas de diseñar agendas apropiadas de investigación,

formación y divulgación de otros actor social como la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, que conjuntamente conducirá a procesos virtuosos para fortalecer la cultura rural con nuevos conocimientos emergidos en procesos de interdisciplinariedad para participación de productores agropecuarios y lo más importante, con aplicación inmediata como requiere la ciencia para el desarrollo sustentable del país.

### **7.9. Previsión de la evaluación**

Se recomienda realizar una evaluación durante la ejecución del periodo de ceba, considerando que: a) la administración de la ración se debe hacer acorde al peso de los corderos y que en nuestro medio no tenemos establecido el peso promedio del destete, b) siendo indispensable llevar registros hasta la finalización del cordero (aproximadamente los 7 meses de edad), para identificar los resultados en base a los parámetros productivos de los animales (ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento la canal) y a su calidad de carne después del faenamiento basada en pruebas organolépticas.

La evaluación deberá ser continua y precisa, en base a los resultados obtenidos en las prácticas de campo, tomando en cuenta que no se puede esperar datos alterados por factores externos como manejo, temperatura, ventilación, iluminación y normas de bioseguridad.